

UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO EM DECISÃO EM GRUPO PARA AUXILIAR A TOMADA DE DECISÃO EM COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Marcella Maia Urtiga

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Maia.urtiga@gmail.com

Danielle Costa Morais

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Daniellemorais@yahoo.com.br

RESUMO

O número de atores, alternativas e critérios aumentam a complexidade do processo de tomada de decisão em grupo. Isto dificulta que todos os aspectos relevantes do processo e os sistemas de valores dos decisores sejam devidamente considerados sem o auxílio de uma ferramenta estruturada de apoio à decisão. Os comitês de bacias hidrográficas do Brasil enfrentam frequentemente esta dificuldade ao ter que tomar decisões importantes sobre o gerenciamento de água. Uma abordagem de decisão em grupo baseada no método ELECTRE II e no método de votação de Copeland é proposta com a finalidade de auxiliar os comitês durante processos decisórios complexos. Uma aplicação é feita neste contexto para ilustrar a aplicabilidade do método.

PALAVRAS CHAVE. *Decisão em Grupo, Recursos Hídricos, Agregação de Preferências Individuais.*

Área principal. *Decisão em Grupo, Tomada de Decisão Multicritério*

ABSTRACT

The number of actors, alternatives and criteria increase the complexity of a group decision making process which makes harder that all relevant aspects of the process and the decision makers' system of values are properly considered without the aid of a structured decision support tool. The watershed committees in Brazil often face this difficulty when having to make important decisions about water management. An approach to group decision making based on ELECTRE II method and the Copeland voting procedure is proposed with the purpose of assisting the committees during complex decision-making processes. An application is made to illustrate the applicability of the method.

KEYWORDS. *Group Decision, Water Resources, Aggregation of Individual Preferences.*

Main area. *Group decision making, Multicriteria decision making*

1. Introdução

Os comitês de bacias hidrográficas no Brasil são responsáveis por tomarem decisões a cerca do gerenciamento de água das bacias a que representam. Vários atores estão envolvidos nesses processos de decisão, cada um possuindo diferentes interesses e sistemas de valores.

Os comitês são compostos por membros que representam os interesses do poder público, dos usuários e da sociedade civil. Estes devem tomar decisões que, em geral, envolvem múltiplos aspectos como o econômico, social e ambiental (Silva et al., 2010).

Quando decisões são tomadas por um grupo de pessoas o foco do processo de tomada de decisão deixa de ser no decisor e passa a ser no grupo de pessoas responsáveis pela decisão, levando à questão de como agregar as estruturas de preferências desses decisores.

Os tipos de procedimento para a agregação de decisão em grupo podem ser divididos em dois grandes grupos: agregação a partir das preferências iniciais dos decisores e agregação a partir dos resultados e escolhas finais dos decisores. No primeiro tipo de procedimento os decisores agem em conjunto de forma que o grupo se comporte como um único indivíduo, as partes estão dispostas a serem mais flexíveis quanto às suas próprias preferências para atingir o objetivo geral do grupo. Já no segundo tipo de procedimento, cada indivíduo age conforme seu sistema de preferências e o processo de agregação foca nas prioridades individuais de cada decisor (Almeida et al., 2012).

Normalmente, o grupo enfrenta dificuldades para considerar todos os aspectos relevantes de um processo de decisão e os sistemas de valores dos individuais de todos os atores envolvidos no processo sem o auxílio de uma ferramenta estruturada de apoio a decisão devido, principalmente, à complexidade dos problemas enfrentados que envolvem muitas variáveis. Tendo em vista os obstáculos enfrentados por grupos na tomada de decisão os pesquisadores têm se esforçado no avanço de geração de novos modelos e sistemas de informação que auxiliem a tomada de decisão em grupo (Colson, 2000; Matsatsinis et al., 2005; Leyva-López & Fernández-González, 2003; Humphreys & Garrick, 2006; Morais e Ameida, 2012).

Este trabalho propõe uma abordagem de tomada de decisão em grupo para auxiliar os comitês de recursos hídricos a encontrarem uma solução de compromisso que contemple todas as partes envolvidas no processo decisório, baseado na agregação a partir dos resultados e escolhas finais dos decisores. Primeiramente, o método ELECTRE II (Roy, 1974) é aplicado para se obter o *ranking* das alternativas de cada decisor. Em seguida, as preferências individuais dos decisores serão agregadas através do sistema de votação de Copeland.

Além da introdução, o artigo apresenta a abordagem proposta com os fundamentos dos métodos ELECTRE II e Copeland. Adicionalmente, mostra-se uma simulação realística que ilustra a aplicabilidade da abordagem. Por fim, as conclusões e comentários finais são apresentados.

2. Abordagem de Decisão em Grupo

Uma abordagem para apoiar os comitês de bacias hidrográficas a tomarem decisões em grupo é proposta baseada nos métodos ELECTRE II e Copeland. O primeiro método é utilizado para auxiliar os atores na ordenação das alternativas do problema. Obtidos os *rankings* individuais de cada decisor, é feita uma agregação para representar os objetivos do grupo através de um procedimento de votação. O método não compensatório ELECTRE II permite uma ordenação mais equilibrada das alternativas, evitando que desempenhos altos das alternativas em alguns critérios compensem desempenhos muito inferiores em outros critérios, o que pode acontecer nos procedimentos compensatórios. Para a etapa de decisão em grupo, como muitos atores estão envolvidos aumentando a complexidade do problema, foi escolhido um método de votação por ser simples, transparente e de fácil compreensão,

tanto para os eleitores quanto para quem o calcula. As etapas da abordagem proposta encontram-se ilustradas na Figura 1.

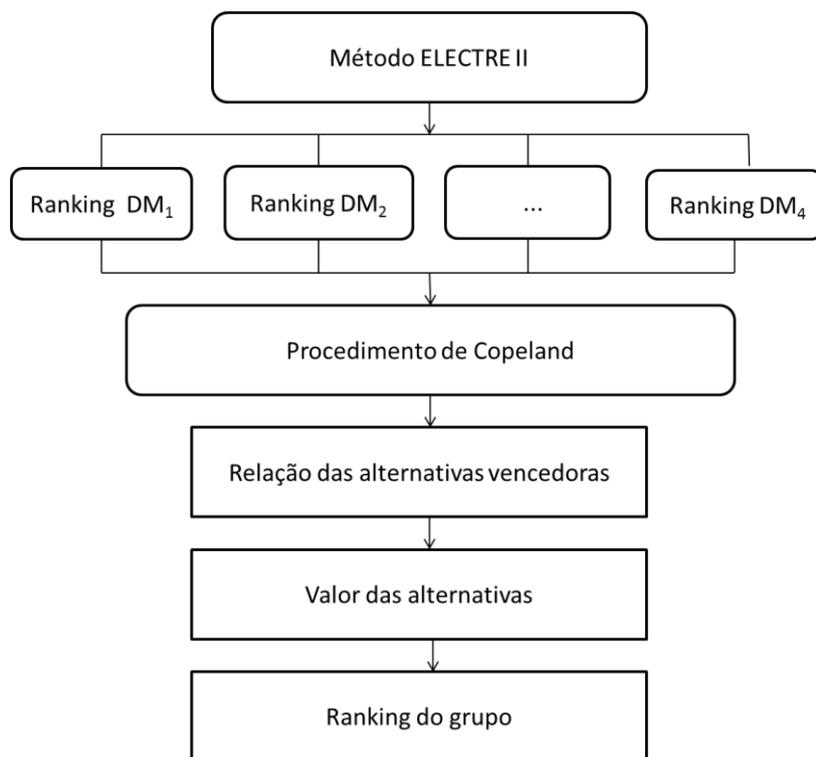


Figura 1: Esquema da abordagem proposta

2.1 Método ELECTRE II

O método ELECTRE II proposto por Roy (1974) e reportado por Vincke (1992) foi elaborado para a problemática de ordenação das alternativas (γ). Para isso, os conceitos de concordância e discordância são utilizados. A ordenação do conjunto de alternativas é alcançada através da elaboração de dois *rankings* através de duas relações de sobreclassificação: a relação de sobreclassificação forte (S^F) e a relação de sobreclassificação fraca (S^f) (Vincke, 1992).

O índice de concordância $C(a,b)$ representa a proporção de peso necessária para uma alternativa a ser preferível a uma alternativa b . O índice de discordância $D(a,b)$, por sua vez, mede a desvantagem relativa entre duas alternativas a e b . Os índices de concordância e discordância fortes e fracos (c_1, c_2 , e d_1, d_2) são utilizados para encontrar, respectivamente, as relações de sobreclassificação forte e fraca (S^F, S^f). Para a alternativa a sobreclassificar a alternativa b , a soma dos pesos de todos os critérios j para os quais a alternativa a tem vantagem sobre a alternativa b , ou seja para as quais $g_j(a) > g_j(b)$, deve ser maior do que a soma dos pesos para todos os critérios j para os quais a alternativa b tem vantagem sobre a alternativa a , ou seja, $g_j(a) < g_j(b)$ (Alencar et al, 2010).

$$aS^F b \text{ sse } \begin{cases} C(a,b) \geq c_1 \\ D(a,b) \leq d_1 \\ \sum_{j: g_j(a) > g_j(b)} w_j > \sum_{j: g_j(a) < g_j(b)} w_j \end{cases} \quad (1)$$

$$aS^f b \text{ sse } \begin{cases} C(a,b) \geq c_2 \\ D(a,b) \leq d_2 \\ \sum_{j: g_j(a) > g_j(b)} w_j > \sum_{j: g_j(a) < g_j(b)} w_j \end{cases} \quad (2)$$

Dois *rankings* das alternativas são gerados usando as duas relações de sobreclassificação. O primeiro *ranking* é ordenado das melhores alternativas para as piores e o segundo *ranking* das piores alternativas para as melhores. Existem várias técnicas para o estabelecimento dos *rankings*, uma delas está a seguir (Almeida, 2013):

1. Selecionar o subconjunto de alternativas A^F de A tal que nenhuma alternativa de A sobreclassifique fortemente as alternativas de A^F .
2. De A^F , selecionar um subconjunto A^f tal que nenhuma alternativa seja sobreclassificada fracamente dentro de A^F formando a primeira classe do *ranking* decrescente.
3. Retirar de A as alternativas que compõem o conjunto A^f e repetir o procedimento a partir de 1 até que todas as alternativas sejam ordenadas formando a ordenação decrescente.
4. Para formar a ordenação crescente, recomeçar outro processo com o conjunto A completo.
5. Identificar o subconjunto R^F de alternativas de A que não sobreclassifica fortemente nenhuma outra alternativa de A .
6. Identificar o subconjunto R^f em R^F que não sobreclassifica nenhuma outra alternativa em R^F formando a primeira classe do *ranking* crescente.
7. Retirar do conjunto A as alternativas que compõem R^f e repetir o processo a partir de 5 até que todas as alternativas estejam ordenadas correspondendo ao *ranking* com ordem crescente.

Dessa forma, duas pré-ordens completas são encontradas e combinadas. A depender do procedimento de combinação a ordenação final poderá ser, por exemplo, uma pré-ordem, uma ordem completa ou uma ordem parcial (quando se permite incomparabilidades).

2.2 Procedimento de Copeland

Os procedimento para votação de Copeland é baseado na comparação par a para determinar o valor de cada alternativa fazendo uso da matriz de adjacência também obtida no método de Condorcet. O valor de uma alternativa i é determinado pelo número de alternativas vencida pela alternativa i menos o número de alternativas que vencem a alternativa i , as alternativas são, então, ordenadas a partir desse valor (Almeida et al, 2012).

Este método oferece a vantagem de sempre resultar em uma ordenação total, o que não acontece no método de Condorcet, além de selecionar a alternativa vencedora de Condorcet quando ela existir.

3 Aplicação da abordagem

Foi utilizado um exemplo baseado na aplicação realizada em Levino e Morais (2012) com o Comitê de Bacia Hidrográfica CELMM (Complexo Estaurino Lagunar Mandaú-Manguaba), localizado na cidade de Maceió, Alagoas para mostrar como a abordagem proposta deve ser aplicada.

O Problema de decisão enfrentado pelo Comitê é que ação tomar para ajudar na desaceleração do processo de assoreamento enfrentado pela praia de Barra Nova.

Foram identificados quatro tomadores de decisão representando os diversos setores da sociedade. Suas descrições encontram-se na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Atores envolvidos no processo de decisão

Decisores	
DM ₁	Presidente do comitê
DM ₂	Representante da sociedade Representante dos usuários de
DM ₃	água
DM ₄	Representante do governo

Para impedir o avanço do processo de assoreamento, seis alternativas foram identificadas. A Tabela 2 traz a descrição das alternativas disponíveis.

Tabela 2: Alternativas consideradas no problema de decisão

Alternativas	
A ₁	Dragagem
A ₂	Macrodrenagem
A ₃	Evitar ocupação desordenada na região ribeirinha
A ₄	Supervisionar/monitorar a Bacia
A ₅	Educar/conscientizar ambientalmente a população
A ₆	Revegetação da mata ciliar

Para avaliar as alternativas, três critérios foram considerados como descrito na Tabela 3.

Tabela 3: Critérios para avaliação do desempenho das alternativas

Critérios		Medida
Cr ₁	Custo de implementação da alternativa	Faixa de valores em R\$
Cr ₂	Benefício ambiental decorrente da aplicação da alternativa	Escala verbal
Cr ₃	Tempo de retorno dos benefícios da alternativa	Escala verbal

Para simplificar a simulação, foram considerados os mesmos limiares de concordância e discordância para todos os atores. Os limiares de concordância e discordância fortes são, respectivamente, $c1 = 0,8$ e $d1 = 0,3$. Os limiares de concordância e discordância fracos são, respectivamente, $c2 = 0,6$ e $d2 = 0,45$. Os pesos atribuídos aos critérios por cada decisor estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Pesos dos critérios para cada decisor

	Cr ₁	Cr ₂	Cr ₃
DM ₁	0,5	0,4	0,1
DM ₂	0,1	0,6	0,3
DM ₃	0,1	0,6	0,3
DM ₄	0,6	0,2	0,2

Depois de elaborar as matrizes de concordância e discordância de cada decisor, devem ser analisadas as relações de sobreclassificação forte e fraca conforme as condições (1) e (2). Os *rankings* finais obtidos para cada decisor estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Ordenação individual das alternativas para cada decisor

Posição	<i>Rankings</i> Individuais			
	DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄
1. ^o	A ₅	A ₆	A ₆	A ₃
2. ^o	A ₆	A ₄	A ₄	A ₅
3. ^o	A ₃	A ₅	A ₅	A ₄
4. ^o	A ₄	A ₃	A ₃	A ₆
5. ^o	A ₁	A ₂	A ₂	A ₁
6. ^o	A ₂	A ₁	A ₁	A ₂

A partir dos *rankings* individuais, inicia-se o processo de agregação em grupo através do modelo de votação de Copeland.

O primeiro passo é criar uma matriz de comparação par a par das alternativas. As lacunas serão preenchidas com a quantidade de decisores que preferiram a alternativa da linha comparada com a alternativa da coluna. Dessa forma, a Tabela 6 é criada.

Tabela 6: Comparação par a par das alternativas

Alternativas	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
A ₁	-	2	0	0	0	0
A ₂	2	-	0	0	0	0
A ₃	4	4	-	2	1	1
A ₄	4	4	2	-	2	1
A ₅	4	4	3	2	-	1
A ₆	4	4	3	3	2	-

O próximo passo, ilustrado na Tabela 7, mostra a relação das alternativas vencedoras. Uma alternativa vence outra quando ela é preferida pela maioria simples. Desta forma, se a maioria escolher uma alternativa em relação à outra, em uma comparação par a par, ela recebe o valor igual a 1, caso contrário, recebe valor igual a 0. O número de alternativas que uma alternativa vence é computado em cada linha da tabela e o número de alternativas por qual uma alternativa é vencida é calculado em cada coluna.

Tabela 7: Relação das alternativas vencedoras

Alternativas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Vence
A1	-	0	0	0	0	0	0
A2	0	-	0	0	0	0	0
A3	1	1	-	0	0	0	2
A4	1	1	0	-	0	0	2
A5	1	1	1	0	-	0	3
A6	1	1	1	1	0	-	4
Vencida por	4	4	2	1	0	0	

Com essas informações é possível calcular o valor de Copeland de cada alternativa que é função do número de alternativas vencidas menos o número de alternativas que a vencem. Temos, então, que:

- Valor de A_1 : $0-4 = -4$
- Valor de A_2 : $0-4 = -4$
- Valor de A_3 : $2-2 = 0$
- Valor de A_4 : $2-1 = 1$
- Valor de A_5 : $3-0 = 3$
- Valor de A_6 : $4-0 = 4$

Dessa forma, obtém-se o ranking das alternativas do grupo apresentado na Tabela 8. A alternativa a ser escolhida pelo grupo é a alternativa A_6 .

Tabela 8: Agregação final dos rankings individuais

<i>Ranking Global</i>
A6
A5
A4
A3
A2, A1

Terminado o processo de agregação dos rankings individuais dos decisores, a alternativa recomendada para o problema de assoreamento em questão é a revegetação da mata ribeirinha. Note que esta alternativa é a melhor colocada para os decisores DM_2 e DM_3 e é a segunda colocada para o DM_1 . A sua pior colocação foi no ranking do DM_4 , ficando na quarta colocação.

É importante ressaltar que, para analisar a influência dos critérios na avaliação, uma análise de sensibilidade dos pesos dos critérios deve ser feita. A análise de sensibilidade poderá informar para quais alterações dos pesos as ordenações finais dos decisores se manterão as mesmas e, do mesmo modo, como se comporta o *ranking* das alternativas para diferentes valores dos pesos dos critérios.

4 Conclusões

Este trabalho propôs uma abordagem que faz uso do método de sobreclassificação ELECTRE II para auxiliar os decisores a ordenarem individualmente as alternativas disponíveis de acordo com seus critérios e sistemas de valores. Para a etapa de agregação, foi proposta a utilização do procedimento de Copeland tendo em vista as características dos métodos de votação que são relativamente simples e transparentes, tanto para os eleitores quanto para os que calculam a alternativa vencedora se tornando uma ferramenta adequada para este contexto de decisão em grupo (Levin Nalebuff, 1995).

Normalmente, os comitês utilizam um sistema de votação simples para agregar as preferências dos decisores selecionando ou ordenando alternativas. Quando um indivíduo vota, ele já analisou as alternativas de acordo com seus próprios critérios e sistema de valores, mesmo que esse processo não tenha sido feito através de um procedimento estruturando. Quando os problemas são complexos e não corriqueiros, envolvendo muitas variáveis, fica muito difícil para a mente humana, sozinha, considerar todos esses fatores

relevantes. Faz-se necessário, então, um método que auxilie o decisor na avaliação das ações. O trabalho traz uma abordagem com métodos consolidados e bem difundidos na literatura que podem ser aplicados com facilidade, o sistema de votação por ser de natureza simples e de fácil entendimento e o método ELECTRE II por possuir uma estrutura matemática que facilita a avaliação das alternativas por parte dos decisores.

Agradecimentos: Este trabalho é parte de um projeto de pesquisa apoiado pelo Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe) e pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Referências

- Almeida, A. T., Morais D. C., Costa, A.P.C.S; Alencar, Hazin, L. ;Daher, S.F.D.** Decisão em Grupo e Negociação: Métodos e Aplicações. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 2012.
- Almeida, A. T.** PROCESSO DE DECISÃO NAS ORGANIZAÇÕES: Construindo Modelos de Decisão Multicritério. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, v. 1, 2013.
- Alencar, L. H.; Almeida, A.T.; Morais, D.C.** (2010), A Multicriteria Group Decision Model Aggregating the Preferences of Decision-Makers based on Electre Methods. Pesquisa Operacional (Impresso), v. 30, p. 687-702.
- Colson, G.** (2000)The OR's prize winner and the software ARGOS: how a multijudge and multicriteria ranking GDSS helps a jury to attribute a scientific award. Computers and Operations Research, 27, 741-755.
- Humphreys, P. e Garrick, J.** (2006)The evolution of group decision support systems to enable collaborative authoring of outcomes. The Journal of General Evolution, 62(3), 193-222.
- Levin, J.e Nalebuff, B.** (2013), An introduction to vote-counting schemes. The Journal of Economic Perspectives; 9(1):3-26.
- Levino, N. A.; Morais, D. C.** (2012), Participatory Multicriteria Decision Making Model for Hydrographic Basin Committee. In: 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2012), 2012, Seoul - Korea. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2012).
- Leyva-López, J.C e Fernández-Gonzalez, E. A.** (2003)A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology. European Journal of Operational Research, 26(3).
- Matsatsinis, N. F.; Grigoroudis, E. & Samaras, A.** (2005), Aggregation and disaggregation of preferences for collective decision-making. Group Decision and Negotiation, 14(3), 217-232.
- Morais, D. C.; Almeida, A. T.** (2012) Group decision making on water resources based on analysis of individual rankings. Omega (Oxford), v. 40, p. 42-52.
- Nurmi, H.** (1983)Voting procedures: a summary analysis. British Journal of Political Science;13(2):181-208.
- Silva, V. B. S; Morais, D. C.; Almeida A. T.** (1992), A Multicriteria Group Decision Model to Support Watershed Committees in Brazil. Water Resources Management, v. 24, p. 4075-4091, 2010.
- Vincke, P.** Multicriteria decision-aid. John Wiley & Sons, Bruxelles, 1992.