



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

I SIMPOSIO LUSO-BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

POLÍTICAS E PROBLEMAS INSTITUCIONAIS NO
ÂMBITO DA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
DETECÇÃO DE PROBLEMAS, MÉTODOS DE SOLUÇÃO E TÓPICOS
DE INVESTIGAÇÃO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

2- Utilização de um modelo de grafos num sistema de
deteccão baseado num processo de análise hierárquica

António Câmara¹. Carlos Ribeiro². Elsa João² e David Pereira³

¹PhD em Engenharia Civil (Virginia Tech). Professor Auxiliar,
Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universi-
dade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal

²Alunos finalistas, Departamento de Ciências e Engenharia do
Ambiente, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal

³Engenheiro Civil (FCTUC), Engenheiro Sanitarista (Delft),
Assistente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente,
Universidade Nova de Lisboa e Colaborador, CESL, Lisboa, Portugal

RESUMO

Um modelo baseado na teoria dos grafos identificando problemas ambientais e seus métodos de solução foi apresentado na parte 1 deste trabalho. No presente estudo, desenvolve-se um sistema de deteção que incorpora a estrutura e as variáveis do modelo proposto anteriormente e inclui as opiniões de vários sectores da sociedade.

Este sistema utiliza uma adaptação do processo de análise hierárquica desenvolvido por Saaty. Resultados da aplicação do sistema ao caso português são apresentados e discutidos. As limitações do sistema e formas de o melhorar são também apontadas.

1. INTRODUÇÃO

Um modelo baseado na teoria dos grafos identificando problemas ambientais e seus métodos de solução foi apresentado na parte 1 deste trabalho, tendo-se ilustrado as suas possíveis aplicações.

No presente estudo, demonstra-se que a elaboração do modelo referido ajuda ao desenvolvimento de um sistema de detecção de problemas ambientais prioritários que simultaneamente incorpore a estrutura e as variáveis do modelo proposto e inclua as opiniões dos vários sectores da sociedade.

Este sistema utilizando uma adaptação do processo de análise hierárquica desenvolvido por Saaty, usa a estrutura e as variáveis do modelo apresentado anteriormente. Entre os parceiros sociais consultados incluem-se representantes dos cientistas e técnicos, políticos e cidadãos. Este sistema foi implementado para a situação portuguesa apresentando-se e discutindo-se os resultados obtidos.

2. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

O modelo de análise hierárquica utiliza a estrutura e as variáveis do modelo apresentado na parte 1 deste trabalho, representando-se em termos de níveis hierárquicos e elementos de nível, respectivamente. Neste sistema, em que os elementos de cada nível estão apenas ligados aos elementos de níveis imediatamente superiores ou inferiores, consideraram-se os seguintes níveis hierárquicos (ver Figura 1): Nível 1-decisor; Nível 2-parceiros sociais; Nível 3-meios receptores de resíduos; Nível 4-subsistemas dos meios receptores; e Nível 5-usos dos subsistemas.

Um decisor pretende obter deste sistema uma hierarquização de problemas ambientais. Para tal cada parceiro social tem de determinar a importância relativa dos vários elementos de cada nível. Estas influências relativas são traduzidas em termos de pesos. Estes são determinados por comparação dois a dois entre os vários elementos, tradução destas comparações numa matriz recíproca e determinação do vector próprio correspondente ao valor próprio mais elevado da matriz. Os componentes do vector próprio representam os pesos relativos de cada elemento. A consistência dos julgamentos contidos nas várias matrizes assim formadas é determinada calculando um índice CI, tal que:

$$CI = (eigmax - n) / (n - 1)$$

em que:

eigmax= valor próprio mais elevado

n= ordem da matriz

Se este valor for inferior a 0.1 a consistência de julgamento é aceitável; caso ultrapasse este número é aconselhável repetir a elaboração da matriz.

A implementação deste modelo passa portanto pela atribuição de pesos. Com esta informação, o decisor pode como a seguir se exemplifica determinar quais são os problemas ambientais prioritários. Estes são considerados como decorrentes de alterações significativas dos usos de um dado subsistema.

• NIVEL 1

DECISOR

• NIVEL 2

PARCEIROS SOCIAIS

• NIVEL 3

Meio Aquático

Meio Aéreo

Meio Terrestre

• NIVEL 4

Rios

RESERVATÓRIOS E LAGOS

AQUÍFEROS SUBTERRÂNEOS

ZONAS COSTEIRAS

MAR

ESTUÁRIOS E SAPAIS

• NIVEL 5

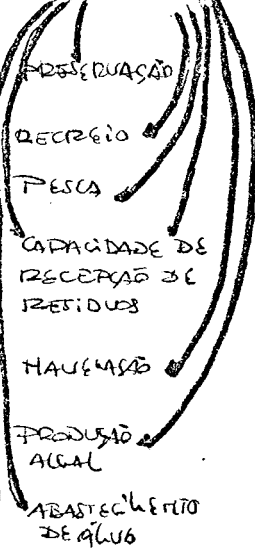
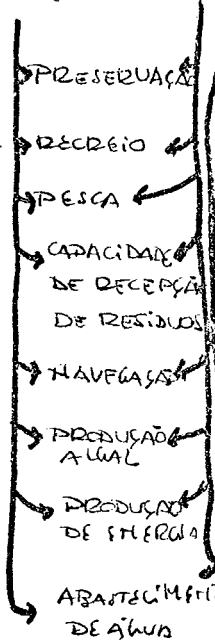
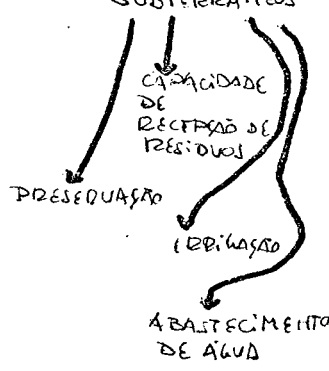
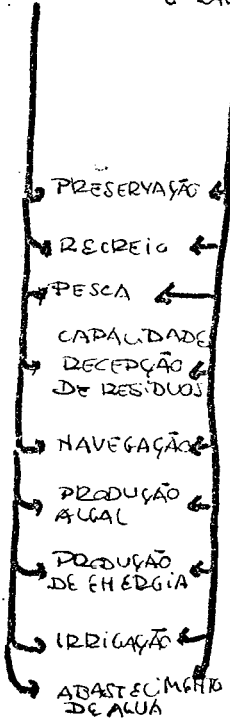


FIGURA 1. MODELO HIERÁRQUICO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando o modelo hierárquico incluído na Figura 1, solicitou-se a dois cientistas, dois políticos e dois cidadãos que estabelecessem uma matriz, aplicando a metodologia acima referida, comparando os diversos meios de acordo com a gravidade dos seus problemas ambientais para o caso do território de Portugal Continental. O pesos atribuídos ao meio aquático (Tabela 1) foram os mais elevados em todos os casos.

Consideraram-se agora apenas os sub-sistemas do meio aquático procedendo-se de igual modo à formulação de matrizes e subsequente determinação dos pesos utilizando o método de Saaty. A generalidade dos membros do painel atribuiu os maiores pesos ao sub-sistema "rios"; apenas um dos entrevistados considerou que os aquíferos subterrâneos sofrem impactos mais severos.

Em relação ao nível mais inferior não houve unanimidade (Tabela 1). Refira-se apenas que os cientistas consideraram ser a capacidade de abastecimento de água dos rios o seu uso mais afectado de uma forma geral; os políticos e os cidadãos mostraram preocupações pela falta de preservação dos rios portugueses e um dos políticos exprimiu idêntica opinião em relação aos aquíferos.

Mencione-se que a escala utilizada para as comparações dois a dois ia de 1/3 a 3 e que os índices de consistência não foram inferiores a 0.1. A impossibilidade de reformular as matrizes impediu que se buscassem julgamentos mais consistentes aos membros do painel.

Da Tabela 1, o decisor pode portanto colher uma ideia de quais são os problemas prioritários na óptica de diferentes parceiros sociais. A não ser que ele atribua um peso maior a um dos inquiridos, o que o decisor obtem é um conjunto de problemas idênticamente "pesados" e outro que diremos não ter relevância (na Tabela 1 ver por exemplo casos da navegação, produção de energia e irrigação).

Neste caso existem óbvias limitações no estudo: a amostra é reduzida; devem-se considerar outros parceiros sociais; e considera-se uma área geográfica demasiado grande. Mas o interesse da metodologia é evidente: permite hierarquizar os problemas ambientais; fornece-nos uma noção das variâncias entre as opiniões dos vários parceiros sociais; e eventualmente permitirá observar quais os impactos na opinião das pessoas de determinados programas de educação ambiental e de acções dos mass media.

4. CONCLUSÕES

Demonstra-se que um modelo de grafos elaborado anteriormente auxilia o desenvolvimento de um sistema de detecção de problemas prioritários que simultaneamente incorpore a estrutura e as variáveis do modelo proposto e inclua as opiniões de vários parceiros sociais.

Utilizando-se uma adaptação do método de análise hierárquico de Saaty formulou-se um sistema com aquelas características e implementou-se para o caso português, recorrendo-se à colaboração de cientistas, políticos e cidadãos. Os resultados obtidos indicam que a percepção geral é de que o meio aquático e dentre deste os rios são os mais afectados sob o ponto de vista ambiental. Não existe porém consenso no que se refere aos usos dos rios que mais variações têm sofrido devido à descarga de resíduos.

TABELA 1

Pesos obtidos utilizando o método de Saaty

	Cientista1	Cientista2	Político1	Político2	Cidadão1	Cidadão2
<u>Nível 3</u>						
Meios						
aquat.	.83	.87	.83	.83	.72	.83
aéreo	.25	.22	.20	.49	.65	.25
terrest.	.41	.48	.52	.25	.25	.49
<u>Nível 4</u>						
Subsist.						
rios	.60	.60	.49	.23	.58	.65
reserv.	.32	.32	.22	.37	.54	.38
e lagos						
aquif.	.34	.46	.15	.64	.43	.14
zonas	.43	.35	.60	.26	.24	.46
cost.						
mar	.18	.16	.29	.26	.15	.36
estua.	.43	.42	.48	.51	.31	.33
<u>Nível 5</u>						
rios						
preserv.	.26	.48	.43		.49	.45
recreio	.19	.48	.21		.27	.17
pesca	.38	.31	.52		.37	.41
capac.	.45	.31	.28		.37	.52
recepção						
resid.						
navig.	.10	.15	.13		.15	.12
prod.	.38	.15	.49		.42	.41
algal						
prod.	.14	.15	.11		.19	.18
energ.						
irrig.	.32	.25	.18		.20	.21
abast.	.53	.48	.36		.37	.27
água						
<u>aquif.</u>						
preserv.				.67		
capac.				.67		
recepção						
resid.						
irrig.				.22		
abast.				.22		
água						

REFERENCIAS

1. Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw Hill, New York, N.Y., 1980.

