

Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

Gestão e Conservação dos Recursos Hídricos e Património Florestal Natural

M.C. RODRIGUES, *MESTRE, DCA, UNIVERSIDADE DOS AÇORES, ANGRA DO HEROÍSMO, PORTUGAL*; EMAIL: WWW.MCRODRIGUES@UAC.PT; E. BRITO DE AZEVEDO, *PROFESSOR AUXILIAR, DCA, UNIVERSIDADE DOS AÇORES, ANGRA DO HEROÍSMO, PORTUGAL*, EMAIL: WWW.EDUBRITO@UAC.PT

Palavras-chave: floresta natural, ordenamento e hidrologia, hidrologia de pequenas ilhas, SIG e processos hidrológicos.

Resumo

Desenvolvido no âmbito dos projectos CLIMAAT e CLIMARCOST (INTERREG III B, MAC 2.3/A3 e 05/MAC/2.3/A1) este projecto desenhou uma metodologia de suporte ao ordenamento do território insular. Assume como objectivo fundamental a produção de um instrumento de integração e análise da relação entre os factores que regem o balanço hídrico e as diferentes alternativas de uso do solo. A metodologia foi aplicada ao Sítio de Interesse Comunitário - Serra de Sta. Barbara/Pico Alto na Ilha Terceira (Açores). O modelo conceptual assume explicitamente a diferenciação climática e a relação entre os processos de formação de nuvens de origem orográfica e os mecanismos de intercepção e armazenamento de água observados na floresta natural típica da Macaronésia. Uma análise custo/benefício realça os proveitos económicos do uso do solo para floresta natural.

INTRODUÇÃO

Conservação dos recursos hídricos e do património florestal natural em territórios insulares revela-se um tema que, muito embora seja abordado, frequentemente, sobre a perspectiva técnica ou científica nos domínios da biologia, climatologia e da hidrologia, apresenta implicações transversais em todos os domínios desde os estritamente vitais, aos de natureza ambiental, bem como aos mais diversos interesses relacionados com a actividade humana. Desde circunstâncias extremas relacionadas com as condições de subsistência que o recurso água proporciona, passando pela importância deste recurso

na manutenção dos sistemas naturais, até à sua utilização como factor produtivo e de interesse estritamente económico, desenvolvem-se numerosos cenários onde a água e a gestão do meio hídrico são abordados e discutidos de uma forma frequentemente parcial e, muitas das vezes, conflituosa. Sendo a água um recurso natural escasso e um bem social, cuja procura aumenta proporcionalmente à melhoria da qualidade de vida das populações deve, a sua gestão, constituir uma preocupação na organização de qualquer plano de ordenamento do território. Este aspecto assume particular importância em territórios insulares cuja pequena dimensão e aspectos específicos, condicionam a disponibilidade e qualidade daquele elemento.

Assim sendo, a exploração de metodologias como a sugerida e desenvolvida ao longo do presente trabalho permite uma visão multidisciplinar de temáticas complexas, como as que derivam do funcionamento dos sistemas naturais, ou de diferentes alternativas de ocupação ou uso do solo. Permite, também, simular (ou acompanhar) as implicações de diferentes alternativas de planeamento ou de gestão do território. Conciliação de informação disponível bem como a avaliação das implicações de diferentes políticas de gestão territorial podem, assim, ser abordadas e avaliadas na perspectiva das suas diferentes implicações nos diferentes domínios – desde o biofísico ao social e económico - e a diferentes escalas de apreciação.

METODOLOGIA

Toda a metodologia foi desenvolvida com base num Sistema de Informação Geográfica (SIG) de formato “raster” que serve, para além de suporte da informação espacialmente distribuída, como plataforma integradora dos algoritmos de modelação.

A discretização espacial proporcionada por coberturas “raster” (matrizes numéricas) permitiu a parametrização do domínio de aplicação dos diferentes módulos de modelação (base de dados espacialmente distribuídos) bem como o suporte das respectivas saídas.

O recurso a técnicas de sobreposição matricial (“overlays”) permitiu a conjugação de parâmetros para cada localização (nomeadamente os de diferente natureza), a sua leitura

e interpretação sequencial pelos modelos utilizados, bem como a conceptualização tridimensional do espaço.

Através da conciliação de escalas inter-temáticas (espaciais e temporais) garantiu-se a fluidez da informação (*inputs/outputs*) dentro de todo o sistema a modelar.

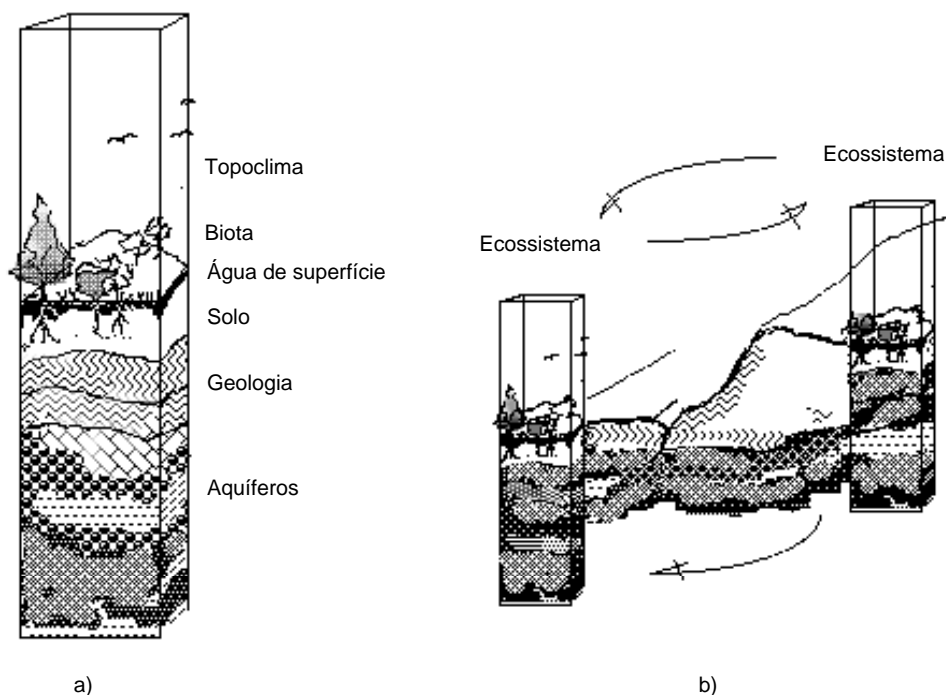


Fig. 1 - Sobreposição tridimensional dos componentes dos ecossistemas
Estrutura vertical a) e geografia dos ecossistemas terrestres b)
(adaptado de Bayley, 1996)

Da conciliação de escalas resultou a possibilidade de ser adoptada uma estrutura global organizada em sub-modelos encadeados (*nested models*).

Cada célula do domínio de intervenção (da matriz “raster”), assumida conceptualmente como unidade estrutural dos ecossistemas para aquela localização, constitui a Unidade Espacial de Modelação (UEM).

Cada unidade espacial do sistema biofísico corresponde a uma sobreposição tridimensional dos componentes dos diferentes ecossistemas bem como dos seus parâmetros relevantes (Fig. 1).

MODELOS UTILIZADOS

- Clima – modelo CIELO (Clima Insular à Escala Local)
- Solos – modelo cartográfico



- Geologia – modelo cartográfico
- Vegetação – modelo cartográfico
- Topografia – modelo cartográfico e modelo tridimensional do terreno
- Hidrografia – modelo cartográfico e tridimensional
- Acessos - modelo cartográfico
- Balanço hidrológico – modelo sequencial mensal de balanço de massa cuja equação geral é :

$$(P+PHt)-(ETr+\Delta AU_s+\Delta AU_m) = Sav \quad (1)$$

em que:

P = Precipitação atmosférica;

PH = Intercepção de nevoeiros;

ETr = Evapotranspiração real;

ΔAU_s = variação do armazenamento da água útil do solo;

ΔAU_m = variação do armazenamento da água útil na cobertura muscicular (*sphagnum* ssp.);

Sav = superavit hídrico.

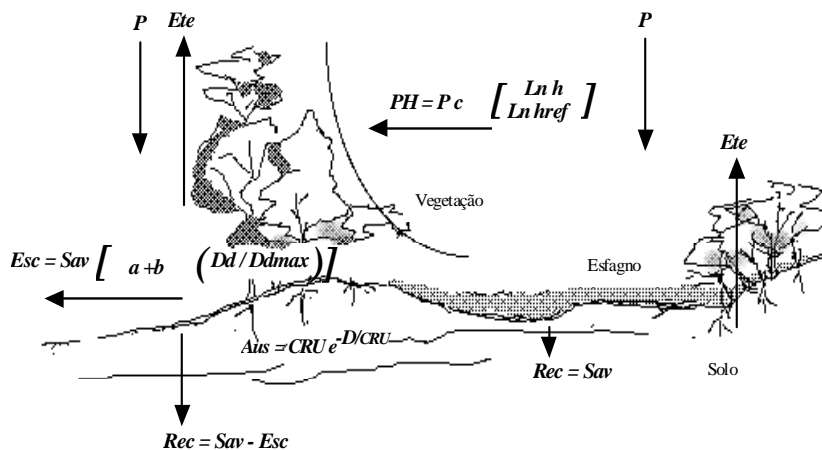


Fig 2 - Modelo conceitual do balanço hidrológico

- Com base nas mesmas técnicas de discretização espacial foi desenhado um modelo de valorização económica para o recurso natural água, utilizando uma metodologia de análise custo/benefício. A superfície de benefício é representada pela solução que revelar maior contributo para a produção de recarga dos aquíferos, e a superfície de custos a situação inversa. O modelo permite assim correlacionar a perda de

rendimento pela não execução de determinado plano económico, física e economicamente ajustado ao território em análise, pelo simples facto de se pretender preservar e manter a produção de água daquele território.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Num primeiro cenário, caracterizou-se a zona de intervenção com base nos parâmetros biofísicos actuais, cujo solo é maioritariamente coberto por floresta, matos naturais e zonas húmidas, que determinam o regime hídrico da zona. Um segundo cenário decorre, de uma simulação da alteração radical da ocupação do solo através da substituição do coberto actual por um coberto de pastagem destinada à produção agro-pecuária.

Do resultado desta análise, e com base no já referido balanço hídrico, do tipo sequencial mensal, foi possível estimar as potencialidades hídricas decorrentes da manutenção da situação actual, considerada como situação de referência.

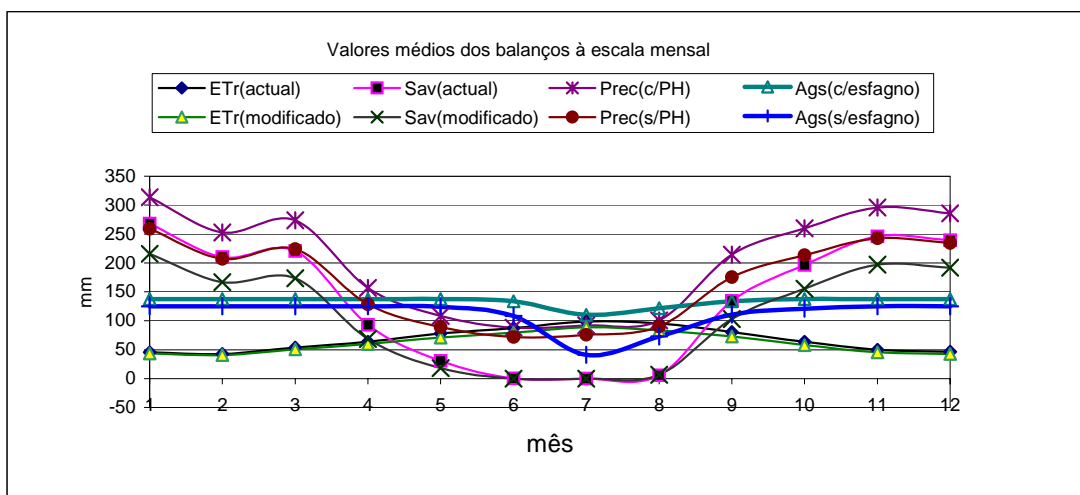
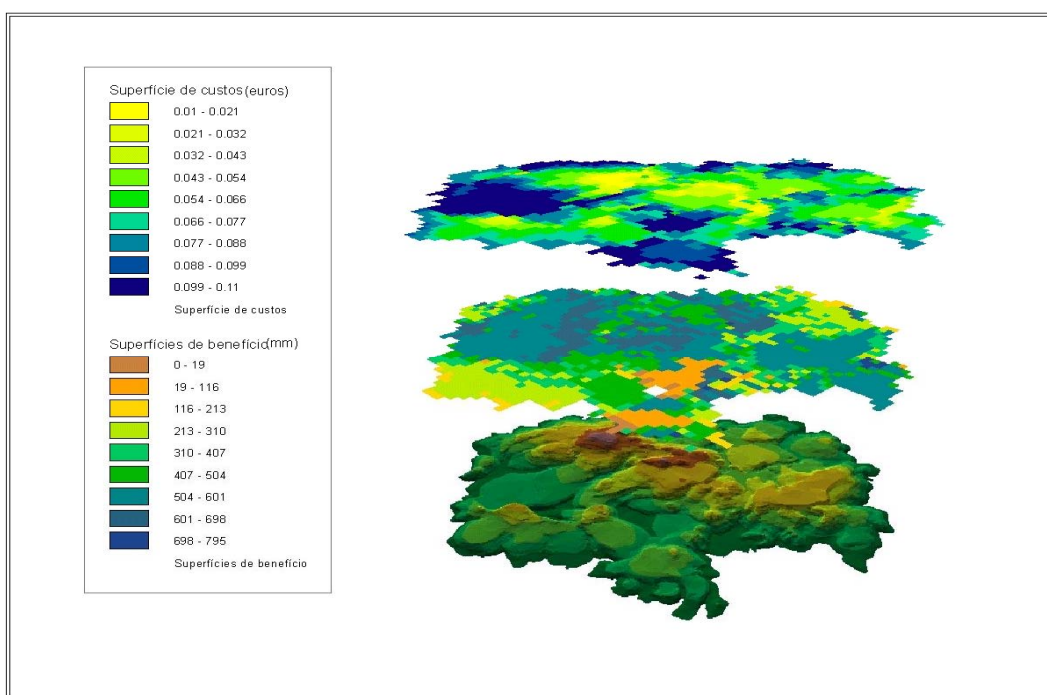


Fig.3 – Balanço hídrico sequencial - valores médios dos balanços à escala mensal

Os resultados desta aproximação, por sua vez, proporcionaram uma estimativa da “superfície de benefício” hídrico decorrente da manutenção da situação actual. O acompanhamento sequencial do balanço hídrico permitiu estimar a evolução espacial, mês a mês, das variáveis envolvidas bem como os totais estimados para todo um ano.

A partir da confrontação das duas situações distintas são estimados os impactes hídricos decorrentes da opção da alteração do uso do solo. Com base no referencial económico concreto da produção agropecuária, nomeadamente, com base na estimativa dos respectivos rendimentos para diferentes enquadramentos edafoclimáticos na ilha Terceira, foi estimada a correspondente “superfície de custos” para o domínio hídrico, decorrente da opção por pastagem para a zona em apreciação, variando esta superfície de custos em função das condições edafoclimáticas da exploração pecuária. A partir destas duas situações extremas podem, então, ser estimados os impactes no domínio hídrico, decorrentes de alterações parcelares do uso do solo.

Fig.4- Sobreposição espacial da Superfície de Custos e da Superfície de Benefício



“SUPERFÍCIE DE BENEFÍCIO (HÍDRICO)” – muito embora, se possam interpretar os resultados de uma forma sumária e genérica para toda a zona em apreciação, todo o balanço pode ser acompanhado e interpretado de uma forma espacialmente distribuída, recorrendo-se para o efeito, à interpretação das matrizes numéricas que servem de suporte virtual aos resultados. Tendo como base de avaliação as duas superfícies de recarga anual decorrentes das duas simulações efectuadas, pode então ser avaliado o contributo hídrico global gerado na zona, para o mesmo período de tempo, correspondente a cada uma das alternativas.

Na presente circunstancia, a alternativa de manutenção da situação actual de ocupação do solo revela-se, em termos globais, a mais contributiva para a recarga, apresentando um “benefício hídrico”, da ordem dos 5,8 hm³ (Quadro I).

Parâmetros		Situação actual		Situação simulada	
		mm	hm3	mm	hm3
P Total		2441,8	48,1	2006,6	39,5
Etr		804,3	15,8	734,8	14,5
Sav		1637,4	32,2	1271,7	25
	Esc	330,5	6,5	259,4	5,1
	Rec	1306,9	25,7	1012,3	19,9

Quadro I – Resultados do balanço hídrico para as duas situações

Quando acompanhado o balanço hídrico à escala mensal, para além da constatação de um benefício directo resultante de maiores montantes anuais disponíveis para a recarga na situação da ocupação do solo actual, pode, também, ser constatado que esta alternativa, contribui para um regime hídrico no solo mais favorável à regularização das disponibilidades hídricas susceptíveis de serem utilizadas pela vegetação. O acompanhamento espacialmente distribuído das reservas de água útil no solo ao longo do ano permite verificar que estas evoluem de forma distinta nas duas situações de ocupação do solo estudadas. A fracção de todo o território que, em cada mês, se encontra em déficit hídrico (fig.5), situação aqui entendida como abaixo da satisfação plena da respectiva capacidade da reserva útil dos solo, é significativamente superior na situação de ocupação total do solo por pastagem, podendo, no mês de Julho atingir os 100%, enquanto que, na situação actual e para o mesmo mês, esta situação é estimada apenas para 65% do território.

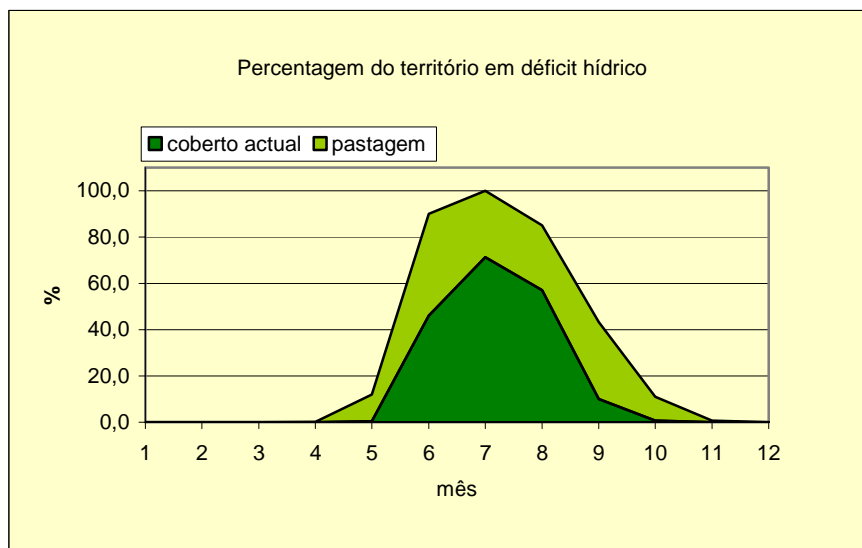


Fig. 5 – Percentagem do território em défice hídrico ao longo do ano

Da mesma forma, o acompanhamento das disponibilidades hídricas estimadas com base no contributo da precipitação horizontal, bem como no contributo hídrico regularizador do “reservatório” muscular permitiu constatar uma redução do período de tempo em que alguma parte do território fica sujeito a défice hídrico conforme se constata na Fig.5.

“**SUPERFÍCIE DE CUSTO**” – tendo em vista a avaliação económica da margem de benefício hídrico decorrente da opção mais favorável à recarga é ensaiado um modelo de valorização do recurso água com base nas potencialidades da mesma zona para a condução de uma actividade económica cuja rentabilidade seja conhecida. Nesta perspectiva a opção de manutenção das condições naturais é confrontada com a rentabilidade que resultaria da alternativa de conversão da ocupação do solo para a produção agro-pecuária. O benefício da “produção” marginal de água por hectare resultante da alternativa de manutenção das condições actuais é assim avaliado com base num “custo de oportunidade” de valor equivalente ao rendimento líquido por hectare da produção pecuária nas mesmas condições edafo-climáticas.

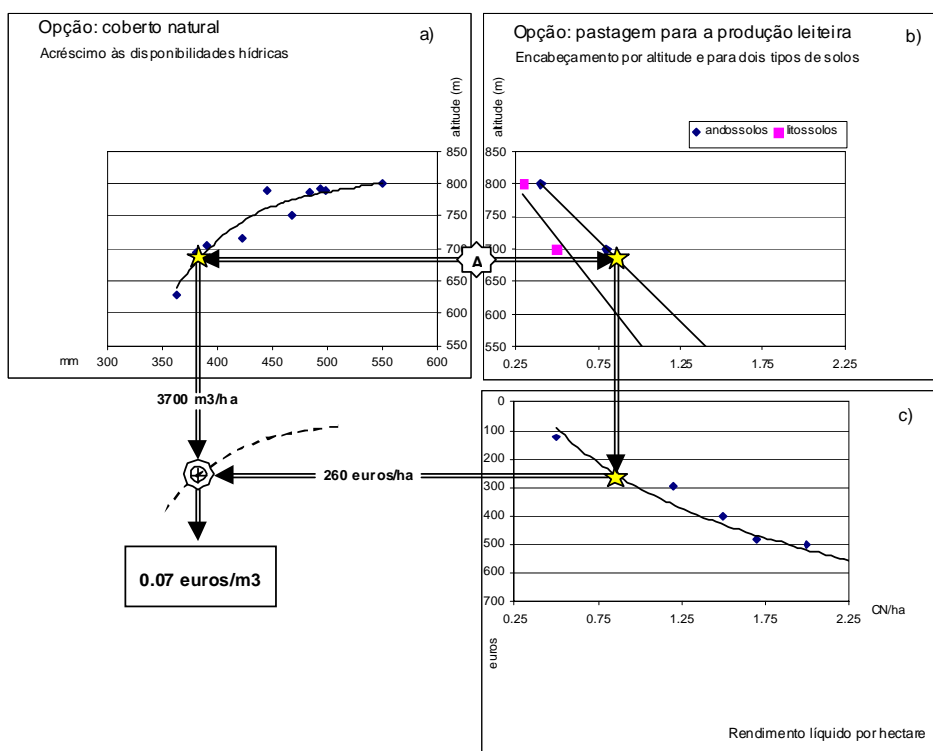


Fig. 6– Modelo económico para a valorização do recurso água

No modelo utilizado - e ilustrado na Fig. 6 - parte-se do pressuposto (e da simplificação) de que as capacidades intrínsecas de cada tipo de solo para a produção são condicionadas pelo respectivo enquadramento climático e que este, por seu lado, é fortemente determinado pela altitude. Com base neste pressuposto, é admitido que, para o mesmo tipo de solo, a respectiva capacidade para suportar um determinado encabeçamento em condições normais de manejo é indirectamente determinada pela altitude. Tendo como referência o encabeçamento médio praticado a diferentes altitudes e para os diferentes tipos de solos na ilha Terceira (gráfico b) da Fig. 6) bem como a rentabilidade média atribuída a explorações com diferentes encabeçamentos (gráfico c) da Fig. 6), é estimado o rendimento líquido “potencial” por hectare atribuído a dois tipos de solos, andossolos e litossolos, em função da altitude. Será, por fim, o valor deste rendimento aquele que é devido à quantidade de água a mais por hectare que resulta da opção de manutenção de um coberto vegetal que contribua com acréscimos às disponibilidades hídricas resultantes da intercepção dos nevoeiros (gráfico a) da Fig. 6). A interpretação integral do modelo de valorização económica, anteriormente descrito, e utilizado para a generalização espacial da “superfície de custos” subjacente a toda a

metodologia anteriormente desenvolvida, pode ser acompanhado através do exemplo ilustrado na Fig. 6, no qual, um hectare (A) de andossolo, situado à altitude 680m teria, em condições normais de manejo, potencialidades naturais para suportar um encabeçamento de 0,8 cabeças normais (CN) (gráfico b) da Fig. 6. Na conjuntura económica actual, traduzida pela curva do gráfico c), a esse encabeçamento corresponderia um rendimento líquido de 260 euros por hectare/ano. Em alternativa, o mesmo hectare de terreno, se mantido nas condições de coberto natural, contribui com um acréscimo anual de 370mm de água proveniente da precipitação horizontal (gráfico a) da figura 6), ou seja, 3700m³/ha. Assim, o custo de oportunidade da água decorrente da opção de manutenção das condições actuais, nas circunstâncias descritas, resultaria em 0.07 euros por m³.

Do caso de estudo, aqui apresentado resulta a constatação de que a alteração do coberto vegetal actual, em benefício do avanço da pastagem, altera a quantidade de excedentes de água para recarga aquífera insular. Nesta perspectiva, tendo como objectivo a valorização e conservação deste recurso, numa economia de mercado, o modelo económico desenvolvido permite correlacionar a perda de rendimento resultante da opção de se promover a “produção de água” pela manutenção dos cobertos de vegetação natural, em detrimento da opção tradicional de os converter em pastagem destinada à exploração pecuária. O valor da compensação devida ao dono da terra, ou seja, a expectativa de rentabilidade do bem privado, aquando da primeira opção, deve ser idêntico, nesta perspectiva, à sua perda de rendimento a favor da valorização de um bem social. Reflectirá, assim, o custo de oportunidade para os serviços públicos preservarem ou aumentarem os níveis do recurso água.

Por regra os preços de mercado não têm incorporado as consequências ambientais das decisões dos agricultores, contudo, numa perspectiva de que a sustentabilidade dos sistemas e recursos naturais são benefícios para as sociedades actuais e para as vindouras, as opções políticas tomadas no sentido da preservação destes recursos, devem fornecer ao instrumentos mais adequados, e ter em conta a disposição da sociedade para pagar por estes benefícios.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, G.R.; Pereira, L.S.; Raes, D; Smith, M. (1998) – “ Crop Evapotranspiration, Guidelines for computing, crop water requirements”. FAO 56, Roma.
- ALLEN, G.R.; Smith, M; Perrier, A. Pereira, L.S.(1994a) – “An up Date for the Calculation of Reference Evapotranspiration” . ICID Bulletin, 43(2):1-34.
- ARMENTA, J.C. (1983) – “La Condensaciony Interception de Niebla en Islas Volcanicas, su Importância en el Balanço Hidrico”. III Simposio de Hidrologia, Madrid.
- AZEVEDO, E.B.; Pereira, L.S.; Itier, B. (1998) – “Modeling the Local Climate in Islands Environments : Orographic Clouds Cover”. International Conference on Fog Collection, International Development Research Centre (ICDRC), Ottawa, Canadá.
- AZEVEDO, E.B.; Pereira, L.S.; Itier, B. (1999) – “ Modelling the Local Climate in Island Environments : water balance applications”. Agricultural Water Managment 40 pp: 393-403, Elsevier.
- AZEVEDO, E.M.B. (1996) – “ Modelação do Clima Insular à Escala Local- Modelo CIELO aplicado à Ilha Terceira, Arquipélago dos Açores”. Tese de Doutoramento. DCA, Universidade dos Açores , Angra do Heroísmo.
- AZEVEDO, J.M.M.(1991) – “ Geologia e Hidrogeologia da Ilha das Flores (Açores – Portugal)”. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra.
- DIAS, E.(1996) - “Vegetação Natural dos Açores : Ecologia e sintaxonomia das florestas naturais”. Tese de Doutoramento, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- FALKLAND, A.(1991)- “ Hydrology and Water Resources of Small Islands : a practical guide”. UNESCO, Paris.
- MADRUGA, J.S. – “ Esboço Pedológico do Complexo Central da Ilha Terceira”, em desenvolvimento.
- PINHEIRO, J., (1990)- “Caracterização dos Solos da Ilha Terceira”. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo
- RODRIGUES, F.C. (2002) – “Carta Geológica da Ilha Terceira”. Tese de Doutoramento. DCA, Universidade dos Açores , Angra do Heroísmo.



- TURNER, K. & David, P. (1994)- “ Environmental Economics - An Elementary Introduction”. Ian Bateman, Harvester Wheats heaf pp. 1 - 11, 91 - 128.
- ZBYSZEWSKI, G.; Medeiros, A.C.; Ferreira, V.O.; Ferreira, L.; Rodrigues, A (1970) –“Carta Geológica de Portugal - Ilha Terceira (Açores)”. Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Serviços Geológicos, Lisboa.