

# XI ECOECO

VII Congreso Iberoamericano  
Desarrollo y Ambiente

B

XI ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO  
Araraquara-SP - Brasil - 2015 -

---

VALORAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: NOTAS  
PRELIMINARES

**Bruno Peregrina Puga** (UNICAMP) - bppuga@gmail.com  
*Doutorando em Desenvolvimento Econômico*

**Osvaldo Aly Junior** (USP) - oalyjunior@gmail.com  
*Doutorando - Instituto de Geociências*

**Ricardo Aoki Hirata** (USP) - rhirata@usp.br  
*Professor do Instituto de Geociências da USP*

**Reginaldo Bertolo** (USP) - bertolo@usp.br  
*Professor do Instituto de Geociências da USP*



## **Valoração de serviços ecossistêmicos de águas subterrâneas**

### Resumo

As águas subterrâneas desempenham papel crucial na manutenção de ecossistemas resilientes e na provisão de serviços ecossistêmicos imprescindíveis para a sociedade. No entanto, devido a suas características físicas e geográficas, ela ainda não possui um papel de destaque na governança ambiental. Isto tem resultado em sérias ameaças a suas funções essenciais. O objetivo deste trabalho é discutir os desdobramentos da literatura sobre serviços ecossistêmicos relacionados às águas subterrâneas. Buscou-se experiências relacionadas a identificação e valoração dos serviços prestados pelas águas subterrâneas, mais especificamente estudos relacionados a valoração de impactos.

### Introdução

Apesar de sua elevada importância, as águas subterrâneas sofrem com ameaças que podem afetar diretamente sua provisão e os benefícios que a sociedade obtém delas. Diferentemente dos recursos hídricos na superfície, devido ao seu caráter de visibilidade, podem sofrer ameaças geralmente associadas aos bens públicos. As principais ameaças estão relacionadas a contaminações por substâncias perigosas e metais pesados. Isso afetaria diretamente a capacidade de provisão de importantes funções ecológicas que estas desempenham.

A contaminação de águas subterrâneas geralmente é resultado de vazamentos, derramamentos ou disposição errônea de produtos e resíduos. A remediação é frequentemente justificada uma vez que a contaminação pode apresentar riscos inaceitáveis para a saúde humana e adjacentes. Os possíveis riscos com esta contaminação podem incluir: a) riscos de danos aos recursos subterrâneos, bem como aos usuários destes recursos; b) riscos de impacto nas águas de superfície, como resultado da contribuição das águas subterrâneas, e consequente impacto nos usuários das águas; c) risco de impacto aos receptores como resultado da migração de contaminação via água subterrânea (Hardisty e Ozdemiroglu, 2002).

Mais recentemente, vimos surgir na literatura uma maneira distinta de enxergar as inter-relações entre os ecossistemas e seus benefícios, através das funções e serviços ecossistêmicos. Tal arcabouço, vem ganhado força nas arenas política e teórica, influenciando positivamente políticas de conservação. O que era inicialmente uma forma de chamar a atenção para as ameaças aos ecossistemas, tem se tornado uma forma mais holística de analisar a complexidade ecossistêmica.

Neste artigo buscamos identificar as funções e serviços ecossistêmicos dos aquíferos de forma detalhada, com base principalmente em estudos de hidrogeologia e ecologia. Esta identificação e divisão pode ser dividida em cinco funções: habitat, regulação, informação, produção e estoque, demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Funções das águas subterrâneas

<b>HABITAT</b>	Manutenção do fluxo de base dos rios que é o que torna um rio perene
	Áreas de descarga no mar propiciam o surgimento de ecossistemas próprios e o desenvolvimento de toda uma fauna que somente aí habita
	Manutenção de ecossistemas húmidos: várzeas, pântanos brejos
<b>REGULAÇÃO</b>	Proteção e Preservação de Aquíferos: na área de descarga (no mar e áreas poluídas) forma-se uma cunha de proteção evitando a intrusão salina ou de contaminantes
	Fornecimento de água para suporte de ecossistemas
	Fornecimento de água (afloramento) para consumo animal
<b>INFORMAÇÃO</b>	Áreas de afloramento e seus ecossistemas correlatos formam uma beleza cênica (contemplação)
	Cavernas propiciam desenvolvimento de ecossistemas próprios
<b>PRODUÇÃO</b>	Possibilita a emergência de vida que produz alimento para os seres vivos
<b>ESTOQUE</b>	Armazenamento de água

### Valoração Econômica

Consideramos que a valoração é um instrumento útil (mas não exclusivo) para determinar um resultado mais efetivo na provisão e proteção de águas subterrâneas. Historicamente a valoração econômica tem desempenhado um papel pequeno no processo de decisão. Nos EUA, por exemplo, o Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA ou Superfund) atribui um valor altíssimo para a água subterrânea ao exigir a restauração das fontes de água contaminadas. Por outro lado, muitos estados e municípios não precificam ou taxam a retirada desta água, resultando em depleção e poluição, ao não sinalizar que seu valor no longo prazo é importante. Essa subvaloração reflete em uma alocação de recursos problemática por dois motivos: 1) o recurso não é gerido relacionando seu uso atual e seu uso futuro; 2) as autoridades responsáveis não provêm os recursos e atenção necessária para sua manutenção.

A maior parte dos estudos consultados focam em serviços relacionados a produção de água, mas não prestam muita atenção a uma visão mais ampla da produção dos serviços ecossistêmicos. De uma forma ampla, os valores relacionados às águas subterrâneas podem ser decompostos em dois conjuntos distintos:

$$\text{Valor Econômico Total (VET)} = \text{valor extrativo} + \text{valor in situ}$$

O valor extrativo é derivado da demanda comercial, industrial, agrícola pela água subterrânea. Já os serviços in situ são serviços que ocorrem e existem como resultado da presença da água dentro do aquífero. Alguns exemplos: 1) função de buffer contra falhas periódicas das fontes de água superficiais; 2) prevenir ou minimizar rebaixamento da superfície da retirada de água subterrânea; 3) proteção contra a intrusão de água do mar; 4) proteger a qualidade da água ao manter a capacidade de diluição e assimilação dos contaminantes; 5) facilitar a diversidade ecológica e habitat; 6) prover descarga para suportar atividades recepcionais.

Mesmo que não seja possível separar quantitativamente os vários componentes, é importante reconhecer e atribuir o VET. O uso de indicadores alternativos e medidas quantitativas que não sejam monetárias pode auxiliar neste processo. A medida de um TEV pode ser útil em políticas e ajudar os gestores a tomar decisões que afetem diretamente ou indiretamente os recursos



subterrâneos. Neste sentido, podemos definir a água subterrânea, ou o aquífero, como um ativo natural. O valor de tal ativo reside primordialmente na sua capacidade de criar fluxos de serviços ao longo do tempo.

Preços frequentemente são usados como *proxy* para valores. Quando os bens e serviços são transacionados no mercado os preços são uma boa aproximação do seu valor. No entanto, como a maior parte dos serviços prestados por estes ativos não é transacionado no mercado, temos uma dificuldade em valorá-los de forma mais próxima da realidade. Com base nas funções e serviços identificados na literatura, apresentaremos uma proposta geral de valoração econômica, adaptadas à fórmula descrita por Seroa da Motta (1998):

**Valor do Ativo Ambiental = valor de uso direto + valor de uso indireto + valor de opção + valor de existência**

Com isso, buscamos desenvolver um procedimento metodológico de aplicação para estudos de valoração aplicáveis a casos de contaminação, resultando nos componentes do Valor de Uso Direto e Indireto, demonstrados na Tabela 2.

*Tabela 2 - Componentes desmembrados do valor de Uso Direto e Indireto*

<b>Valor de Uso Direto</b>  Benefícios gerados pelo meio ambiente como insumo de produção de bem ou serviço privado e/ou como objetivo final pelos indivíduos.	Fornecimento de água potável (inclusive mineral), mediante extração, para consumo humano – engarrafada ou encanada
	Fornecimento de água de não potável para irrigação, lavagem de carros, lavagem de jardins.
	Fluxo de base que pereniza rios e garante transporte fluvial, irrigação, pesca, aquicultura e geração de energia
	Turismo e lazer – águas termais
	Turismo e lazer para a contemplação de cavernas
<b>Valor de Uso Indireto</b>  Benefícios derivados das funções ecossistêmicas	Filtragem/depuração (sistema aquífero-solo), funciona para tratar contaminantes, presença de microrganismos solo/ aquíferos
	Filtragem/depuração e atenuação de pluma contaminante por dissolução, dificultar e restringir o movimento
	Reservação subterrânea de água de chuva ou tratada via a infiltração e recarga artificial
	Suporte para biodiversidade (não devemos valorar para não dar dupla contagem)
	Ciclagem de nutrientes
	Filtragem, Depuração via a recarga artificial ou para a captação de água situadas ao longo dos rios

Os valores de opção serão considerados como os valores de uso direto e indireto no futuro. Já o valor de existência, consideramos que as metodologias locais de aplicação de questionários visando estimar a Disposição a Pagar (DAP) dos indivíduos é uma estimativa controversa, mas com utilidade em algumas situações.

### Referências bibliográficas

**Seroa da Motta, R.** Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1998.

MAIA, A.G., ROMEIRO, A.R., REYDON, B.P. Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. Texto para Discussão, Instituto de Economia/UNICAMP, n° 116, março, 2004.

HARDISTY, P. E.; OZDEMIROGLU, E. Costs and Benefits Associated with the Remediation of Contaminated Groundwater : Application and Example. Bristol, 2002.