

INCENTIVOS PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS A PARTIR DA PEGADA HÍDRICA (WATER FOOTPRINT)

Dulce Buchala Bicca Rodrigues¹; Danielle de Almeida Bressiani¹; Paulo Tarso Sanches Oliveira²; Eduardo Mario Mendiondo³

RESUMO – Os Incentivos para Serviços Ambientais têm alcançado considerável relevância no contexto da gestão efetiva dos recursos hídricos brasileiros. O atual programa brasileiro de serviços ambientais, denominado “Produtor de Água”, apóia-se em incentivos financeiros proporcionais à redução da erosão advinda da implantação voluntária de projetos de conservação do solo por parte de produtores rurais. No âmbito dos serviços ambientais, a pegada hídrica (Water Footprint-WF) é um indicador capaz de medir serviços ambientais de provisão e de regulação, pois, é formado pela agregação de indicadores de consumo (componentes WFazul e WFverde) e de poluição (componente WFcinza) da água doce, ocasionados por indivíduos, atividades econômicas ou áreas geográficas. Assim, de modo a contribuir para a evolução metodológica do atual programa Produtor de Água, este trabalho estabelece uma nova abordagem que analisa a adoção da WF, em duas vertentes principais de compensação financeira: (i) redução dos valores totais de WF e (ii) alteração positiva de seus componentes (azul, verde e cinza). O desenvolvimento dessa abordagem revela que as propostas consideradas constituem-se potenciais instrumentos capazes de providenciar inferências mais acuradas quanto à efetividade de conservação dos recursos hídricos, além de propiciar maior engajamento dos usuários na intensificação de medidas de redução da demanda hídrica.

ABSTRACT – The environmental services incentives have obtained high relevance in the context of effective management of water resources in Brazil. The current Brazilian environmental services program, called "Water Producer", is based on proportional financial incentives to decrease the erosion resulting from the farmer's implementation of voluntary projects on soil conservation. In the environmental services context, Water Footprint (WF) is an indicator able to measure environmental services of provision and regulation, because it is formed by the aggregation of indicators of consumption (components WFblue and WFgreen) and pollution (component WFgrey) of freshwater, generated by individuals, economic activities and geographic areas, such as watersheds. Thus, in order to contribute to the methodological developments of the current “Water Producer Program”, this work provides a new approach that analyzes, essentially, two adaptations: compensation for the (i) reduction of total WF values and (ii) positive change of its specific components (blue, green and grey). The development of this approach reveals that the proposals can be potential tools to provide more accurate inferences about the effectiveness of water conservation, and promote greater engagement of users in the intensification of measures to reduce water demand.

Palavras-chave: Serviços ambientais; escassez hídrica; fluxos ambientais.

1) Doutoranda em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas - NIBH, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SHS-EESC-USP, Caixa Postal 359, CEP 13560-970, São Carlos (SP). E-mail: dulce@sc.usp.br; daniebressiani@gmail.com.

2)Doutorando em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SHS-EESC-USP, Caixa Postal 359, CEP 13560-970, São Carlos (SP). E-mail: paulot@sc.usp.br.

3) Professor Doutor, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SHS-EESC-USP, Caixa Postal 359, CEP 13560-970, São Carlos (SP). E-mail: emm@sc.usp.br.

1 INTRODUÇÃO

Os serviços ambientais representam os benefícios que a população desfruta, a partir de funções do ecossistema (Costanza *et al.*, 1997, 1998; Chen *et al.*, 2009). O Incentivo para os Serviços Ambientais (ISA) apóia-se no princípio do provedor-recebedor, em substituição ao tradicional poluidor-pagador (Kosoy *et al.*, 2007; Engel *et al.*, 2008). O ISA envolve uma transação financeira voluntária entre compradores e fornecedores de um serviço ambiental específico (Wunder, 2005). Em uma bacia hidrográfica, esse processo é realizado entre usuários de água a jusante (ou instituições externas) e usuários à montante, que são incentivados economicamente a desenvolver práticas de conservação do solo e dos recursos hídricos (Engel *et al.*, 2008).

De modo geral, os programas de ISA são aplicados em duas vertentes principais: (i) incentivos para preservação de florestas, como no Equador (Wunder e Alban, 2008), Costa Rica (Pagiola, 2008), México (Muñoz-Piña *et al.*, 2008), Bolívia (Asquith *et al.*, 2008) e Estados Unidos (Postel e Thompson, 2005); e (ii) incentivos para práticas agrícolas conservacionistas, como na Alemanha (Hartmann e Thomas, 2006), Reino Unido (Dobbs e Pretty, 2008), China (Bennett, 2008) e Estados Unidos (FSA, 1985).

No Brasil, o programa de serviços ambientais “Produtor de Água”, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas, utiliza o modelo USLE de modo simplificado, apoiando-se apenas na variação dos fatores antrópicos (C, uso e manejo do solo e P, práticas conservacionistas), para determinação dos valores financeiros de ISA. Assim, estima-se o Percentual de Abatimento da Erosão (PAE) a partir dos cenários de redução dos fatores C e P, então, adéqua-se o valor de ISA por unidade de área conforme o enquadramento dos valores de PAE. O programa brasileiro apóia-se, essencialmente, em incentivos financeiros proporcionais aos benefícios ambientais relacionados à redução da erosão advinda da implantação de projetos conservacionistas (Rodrigues *et al.*, 2011). O programa objetiva primordialmente à melhoria da qualidade da água e o aumento das vazões médias dos rios em bacias hidrográficas de importância estratégica para o País. É um programa de adesão voluntária de produtores rurais que se proponham a adotar práticas e manejos conservacionistas (Chaves *et al.*, 2004; ANA, 2008; ANA, 2011).

Vale ressaltar que a Política Nacional dos Serviços Ambientais (PNSA) está em formulação através do Projeto de Lei 5.487/09 (Brasil, 2009). No contexto de programas de conservação dos recursos hídricos, a PNSA propõe como prioridades: diminuição de processos erosivos, redução de sedimentação, aumento da infiltração de água no solo, melhoria da qualidade e quantidade de água, constância do regime de vazão e diminuição da poluição. Nesse sentido, pode-se incluir a pegada hídrica (Water Footprint-WF) no âmbito do ISA, pois é um indicador formado pela agregação de medidas de consumo (componentes WFazul e WFverde) e de poluição (componente WFcinza) da água doce ocasionada por indivíduos, atividades econômicas ou áreas geográficas (Hoekstra e

Hung, 2002; Hoekstra *et al.*, 2011). A WF é, portanto, capaz de medir o grau de apropriação de um recurso natural, a água doce (serviço ambiental de provisão) e de aproveitamento da capacidade assimilativa dos resíduos líquidos (serviço ambiental de regulação) (Zhang *et al.*, 2010).

A WF é formada pela soma de três componentes: azul (WFazul), verde (WFverde) e cinza (WFcinza). As parcelas WFazul e WFverde, distinguem-se pela origem da água utilizada. A WFazul é resultante do uso consuntivo da água de fontes superficiais e subterrâneas, uma vez que esta é captada, pode ser incorporada ao produto ou processo e não retorna para a mesma bacia hidrográfica em semelhante período de tempo. A WFverde refere-se à uma parcela da precipitação, retida no solo, que é consumida durante o processo de crescimento da vegetação, capaz de ser definida através de estimativas de evapotranspiração. A parcela WFcinza, por outro lado, é a quantidade de água necessária para diluição de resíduos líquidos das atividades humanas até atingir os padrões de qualidade da água do corpo receptor (Chapagain *et al.*, 2006). Assim, o indicador WF agrega duas vertentes, consumo e poluição hídrica, na unidade de volume de água doce (Hoekstra *et al.*, 2011). Estima-se que os valores médios de WF global, nos Estados Unidos e no Brasil são: 7450 Gm³ ano⁻¹, 2480 m³ hab⁻¹ ano⁻¹ e 1381 m³ hab⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (Hoekstra e Chapagain, 2007).

Em escala de bacia hidrográfica, a WF é limitada pelos fluxos de água azul e verde, os quais, semelhantemente à diferenciação da WFazul e WFverde, são conceituados do seguinte modo: a água azul é proveniente de aquíferos, lagos, rios e reservatórios, enquanto a água verde, consiste da água contida na zona insaturada do solo e disponível para ser utilizada pelas plantas. Os fluxos de água azul e verde são complementares dentro do balanço hídrico da bacia hidrográfica (Falkenmark e Rockstrom, 2006). Os fluxos de água verde sustentam ecossistemas terrestres, dentre culturas agrícolas e vegetação natural, os fluxos de água azul, por sua vez, mantêm os ecossistemas aquáticos e os usos consuntivos e não-consuntivos desfrutados pela sociedade (Falkenmark e Rockstrom, 2010). Pode-se subdividir o consumo dos fluxos ambientais em três categorias: agricultura, preservação ambiental e demandas hídricas diversas pela população (Rockstrom *et al.*, 2007). Assim, as estimativas dos componentes da WF (azul, verde e cinza) favorecem a elucidação das condições de alocação ou trade-off de fluxos ambientais e o respectivo grau de sustentabilidade (Hoff *et al.*, 2010).

De modo a contribuir para a evolução metodológica do atual programa brasileiro de serviços ambientais (Produtor de Água), propõe-se uma nova abordagem analisando, essencialmente, duas adaptações: compensação pela (i) redução dos valores totais de WF ou pela (ii) alteração positiva de seus componentes.

DESENVOLVIMENTO

Estimativa da pegada hídrica (Water Footprint-WF)

Os componentes da WF (WFazul, WFverde e WFcinza) relacionam-se dentro da bacia hidrográfica conforme exposto na Figura 1.

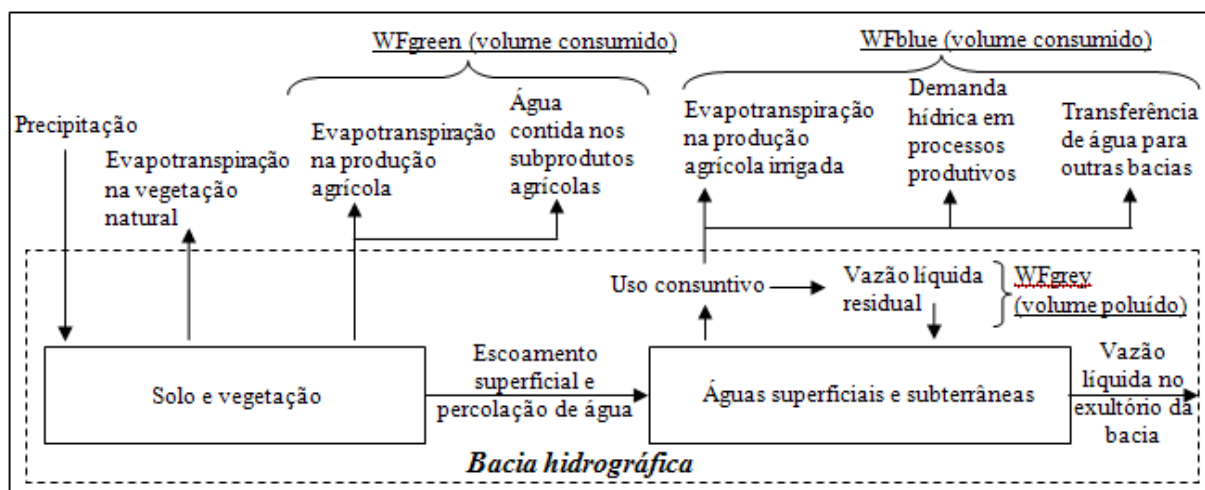


Figura 1 - Ilustração dos componentes WFazul, WFverde e WFcinza dentro do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica.

Fonte: adaptado de Hoekstra *et al.* (2011).

WFazul

O componente WFazul corresponde ao uso consuntivo de água, ou seja, ao volume captado que não retorna para a fonte e que pode ser incorporado nos produtos, evaporado ou perdido no processo produtivo.

WFverde

A estimativa da WFverde da atividade de agricultura é realizada por meio do cálculo do requerimento de água pelas culturas (Crop Water Requirement – CWR) (m^3/ha), que se relaciona com a evapotranspiração e a disponibilidade de água no solo (Bulsink *et al.*, 2010). A evapotranspiração de referência da cultura em análise (ET_o , mm/dia) pode ser estimada pelo método FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), juntamente a dados climáticos obtidos do CLIMWAT (FAO, 2008b) e auxílio do software REF-ET (Allen, 2000). Em seguida, a evapotranspiração da cultura (ET_c , mm/dia) pode ser determinada por meio do produto da evapotranspiração de referência pelo parâmetro da cultura (K_c), obtido a partir de Allen *et al.* (1998) e FAO (2008c). Nesse sentido, o CWR constitui a soma da evapotranspiração da cultura durante todo o seu período de crescimento.

No caso da WFverde ser insuficiente, considera-se a utilização de processo de irrigação. A água requerida para irrigação (Irrigation Water Requirement), ou WFazul, é determinada pela diferença entre CWR e WFverde (Bulsink *et al.*, 2010). Ao final, será efetuada a razão entre a quantidade de água azul e verde (m³/ha) pela produção da cultura (ton/ha), obtendo-se a WFazul e WFverde em m³/ton (Hoekstra *et al.*, 2011). Ao final, será efetuada a razão entre a quantidade de água azul e verde (m³/ha) pela produção da cultura (ton/ha), obtendo-se a WFazul e WFverde em m³/ton (Hoekstra *et al.*, 2011).

WFcinza

A parcela WFcinza é definida a partir de fontes de poluição pontuais e difusas, por meio da estimativa do volume de diluição necessário para atendimento dos padrões de qualidade da água requeridos pela Resolução CONAMA n.357/05 (Brasil, 2005) conforme o enquadramento dos corpos d'água receptores (eq. 1).

$$WF_{cinza} = L / (C_{m\acute{a}x} - C_{nat}) \quad (1)$$

em que: WFcinza = componente da WF (volume/tempo); L = carga poluente (massa/tempo); C_{máx} = concentração máxima admissível (massa/volume); C_{nat} = concentração natural no corpo d'água (massa/volume).

WF de uma área geográfica ou bacia hidrográfica

Dentro da dimensão espacial, a WF é definida pela quantidade de água consumida e poluída nos limites de uma área geográfica, sendo o somatório das WF's referentes aos processos ou atividades presentes no local. Assim, a WF_{bacia} é igual ao somatório das WF's dos setores de usuários na bacia em análise (eq. 2).

$$WF_{bacia} = \sum_{setor\ i=1}^{setor\ i=n} WF_{azul} + \sum_{setor\ i=1}^{setor\ i=n} WF_{verde} + \sum_{setor\ i=1}^{setor\ i=n} WF_{cinza} \quad (2)$$

em que: WF_{bacia} = Water Footprint da bacia hidrográfica (volume/tempo); WF_{azul} = componente Water Footprint azul (volume/tempo); WF_{verde} = componente Water Footprint verde (volume/tempo); WF_{cinza} = componente Water Footprint cinza (volume/tempo).

Novo modelo brasileiro de ISA baseado no “Percentual de Abatimento da Pegada Hídrica”

Uma das abordagens sobre adaptação metodológica do Programa Produtor de Água, propostas neste estudo, considera, de modo análogo a metodologia atualmente empregada, a determinação de benefícios proporcionais às medidas de redução da WF pelos setores de usuários. Assim, os cenários de implantação de medidas de conservação podem ser avaliados conforme a eq. 3.

$$PAWF (\%) = 100 (1 - WF_1 / WF_0) \quad (3)$$

em que: PAWF = Percentual de Abatimento da Water Footprint (WF) (%); WF_1 = Water Footprint após a implementação de medidas de redução do consumo de água (m^3/ano); WF_0 = Water Footprint antes da implementação de medidas de redução do consumo de água (m^3/ano).

Semelhante à metodologia aplicada no atual programa Produtor de Água, os valores resultantes de PAWF podem ser enquadrados em categorias para determinação do valor financeiro do ISA. A categorização é estabelecida visando à valorização de esforços de redução da WF (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores financeiros do ISA em função do Percentual de Abatimento da Pegada Hídrica (PAWF)

PAWF (%)	25-50%	51-75%	76-100%
ISA (R\$)*	$\alpha.PAWF$	$\beta.PAWF$	$\lambda.PAWF$

*Considera-se: $\alpha < \beta < \lambda$ (R\$/PAWF (%))

Em nível local, a redução da WF pode se desenvolver por meio de diversas formas, dentre as quais se destacam aquelas apontadas na Tabela 2. Além dessas medidas, deve-se analisar a viabilidade hídrica, ou grau de sustentabilidade hídrica, de produção de determinados produtos, pois, em caso de inviabilidade ou insustentabilidade hídrica deve-se considerar a importação de determinados produtos de outras regiões com maior abundância hídrica (Oki e Kanae, 2006).

Tabela 2- Formas de redução da WF

	Setor Industrial e Doméstico	Setor de Agricultura
WFgreen	-	Aumento da produtividade agrícola não irrigada (ton/m^3)
WFblue	<ul style="list-style-type: none"> i. Minimizar perdas no sistema de abastecimento ii. Reciclo de água 	<ul style="list-style-type: none"> i. Aumento da produtividade agrícola irrigada (ton/m^3) ii. Decréscimo da razão WFblue/WFgreen
WFgrey	<ul style="list-style-type: none"> iii. Reciclo de água iv. Tratamento de efluentes 	<ul style="list-style-type: none"> i. Reduzir o uso de agro-químicos ii. Estímulo à produção orgânica

Fonte: Hoekstra *et al* (2011)

Novo modelo brasileiro de ISA baseado em “Green Water Credits”

A segunda abordagem sobre adaptação metodológica do Programa Produtor de Água, proposta neste estudo, leva em conta a compensação pela alteração positiva dos componentes da WF, de forma a favorecer condições sustentáveis de alocação ou de “trade-off” dos fluxos ambientais de água verde e azul.

No contexto da gestão integrada do solo e dos recursos hídricos (Integrated Land and Water Resource Management - ILWRM), considera-se a existência de um mecanismo de “trade-off” para

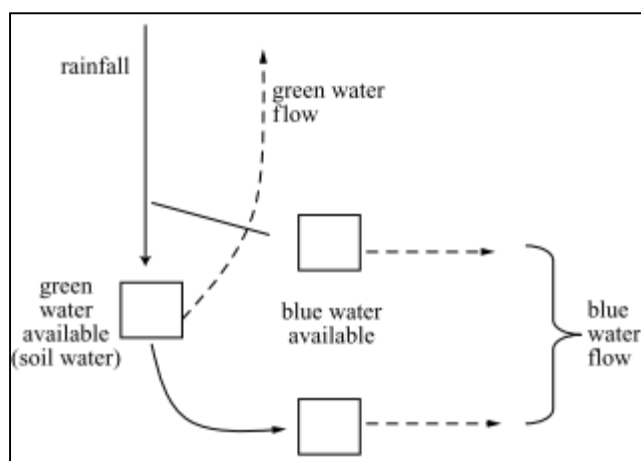


Figura 3 - Fluxos de água verde e azul
Fonte: Falkenmark (2003)

As categorias de consumo de água verde, responsáveis pela WFverde, podem ser subdivididos em culturas agrícolas e mata nativa. Estima-se que as vegetações naturais na forma de cerrado e mata atlântica consumam em torno de 1146 e 556 mm/ano, respectivamente (Gordon *et al.*, 2005). Enquanto, as pastagens (gramínea) e cultivos para pastagem constituem a demanda de água verde de 258 e 431 mm/ano, respectivamente (Gordon *et al.*, 2005).

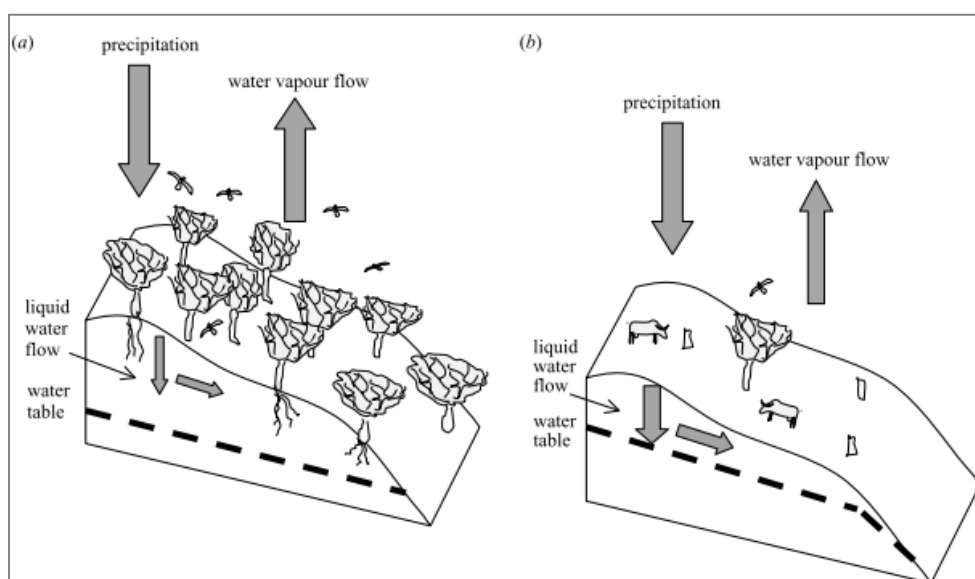


Figura 4 - Influência da mudança de uso do solo ou desflorestamento no fluxos ambientais
Fonte: Gordon *et al.* (2003)

Recentemente, algumas empresas adotaram o conceito de consumo líquido de água verde (WFverde líquida), considerando a diferença entre a evapotranspiração de culturas agrícolas e a quantidade consumida pela vegetação natural. No entanto, não se deve considerar a substituição da vegetação natural visando mudanças no consumo de água pela bacia hidrográfica, pois essas constituem importantes funções ecossistêmicas ou serviços ambientais insubstituíveis por culturas agrícolas, que são instituídas com propósito econômico. Além disso, a vegetação natural promove o incremento no processo de retenção de água na vertente da bacia hidrográfica. Nesse sentido, pode-

se estabelecer o valor total de WFverde correspondente às áreas preservadas ou naturais como restrição aos valores de WFverde das culturas agrícolas da bacia hidrográfica, deste modo, os impactos na demanda hídrica por água verde da bacia serão minimizados.

No contexto do máximo aproveitamento da água verde, ou maximização do percentual de WFverde dentro da WF, a produção de grãos na Austrália destaca-se pela não utilização da irrigação (modo “rainfed”), apesar de ser um elevado valor de WFverde, esta demanda hídrica não contribui para a escassez hídrica do local (Ridoutt, 2009). Comparando-se a composição da WF de dois produtos, Ridoutt e Pfister (2009) destacam a importância da interpretação da WF (Tabela 2).

Tabela 3. Comparação de valores de Water Footprint - WF e de seus componentes para dois produtos comerciais

Produto comercial	WF total (m ³)	WFazul (%)	WFverde (%)	WFcinza (%)
“Dolmio ® pasta sauce (575 g)	202	63,3	10,6	26,1
“Peanut M&M’s” (250 g)	1153	10,9	85,7	3,4

Fonte: Ridoutt e Pfister (2009)

Deste modo, propõe-se a implementação de ISA na forma de “créditos por água verde” (Green Water Credits – GWC) (Dent e Kauffman, 2007) como adaptação ao atual modelo brasileiro de serviços ambientais (Produtor de Água), no sentido de compensar usuários da bacia pelo aumento percentual da WFverde dentro do valor total de WF (Figura 4). Portanto, a quantificação de GWC pode ser definida em função da variação da proporção de WFgreen na WF de atividades agrícolas (eq. 4). Semelhantemente ao Programa Produtor de Água e à abordagem anteriormente realizada (Tabela 1), os valores para compensação financeira por GWC podem ser categorizados, de forma a se valorizar maiores esforços de conservação.

$$GWC = \alpha \cdot [100 (1 - WFverde_1 / WFverde_0)] \quad (4)$$

em que: GWC = Green Water Credits, em unidades monetárias (reais, R\$); α = valor monetário (reais, R\$); WFverde₁ = Water Footprint verde após a implementação de medidas de redução da WFazul e aumento da WFverde (%); WFverde₀ = Water Footprint verde antes da implementação de medidas de redução da WFazul e aumento da WFverde (%).

O modelo de ISA, na forma de GWC, tem sido aplicado em projetos piloto no Kenia (Bacia do rio Tana), China (Bacia do rio Changjiang) e Marrocos (Bacia do rio Sebou) (Dent e Kauffman, 2009). A iniciativa GWC busca, sobretudo, adaptações aos elevados riscos de escassez hídrica desses locais, já que os componentes WFazul e WFcinza, ocasionam maior impacto na disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica.

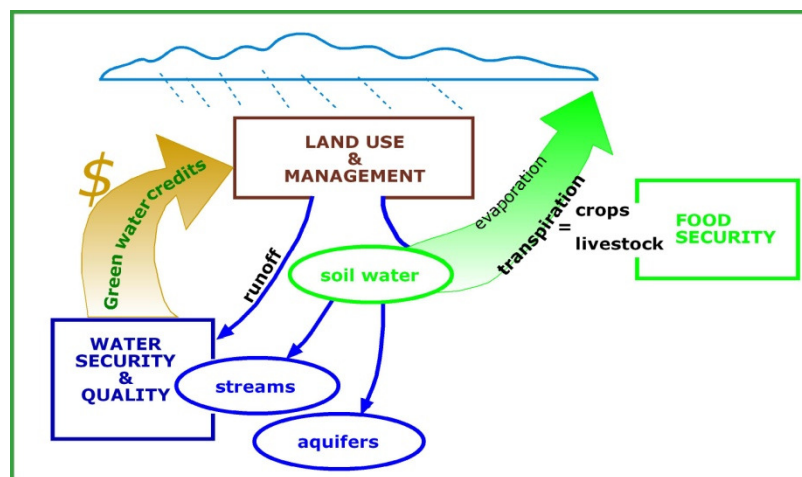


Figura 5. Incentivo para os Serviços Ambientais (ISA) na forma de “créditos por água verde” (Green Water Credits – GWC)

Fonte: Dent e Kauffman (2007)

Alcances e limitações dos novos modelos de incentivos baseados na WF

O conceito de WF tem sido aplicado em diversos locais do mundo, por distintos grupos de pesquisa, em variadas situações (processos, produtos e áreas geográficas). Apesar do elevado grau de utilização e aceitação desse conceito, algumas limitações ainda são discutidas, tais como: não há estudos sobre as incertezas da metodologia e o indicador WF, em si, não agrega características de escassez hídrica local (Galli *et al.*, 2011).

Por outro lado, o uso do indicador WF como critério de aplicação de incentivos para os serviços ambientais, visando à conservação de recursos hídricos, possui diversas vantagens em relação ao atual modelo brasileiro, dentre as quais: identificação de padrões de demanda hídrica em diferentes localidades, auxílio na definição de medidas prioritárias para redução do consumo de água; monitoramento conjunto das condições de consumo e poluição hídrica; estímulo à análise da viabilidade hídrica de produção agrícola, além de induzir, também, a comercialização de produtos agrícolas com base no critério de quantidade de água requerida na produção; facilidade de análise custo-efetividade de investimentos na conservação de recursos hídricos. O Programa Produtor de Água, por outro lado, considera somente a redução da poluição difusa referente à produção de sedimentos nas propriedades rurais.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento da abordagem, que considera a adoção da WF no âmbito do pagamento por serviços ambientais, buscou primordialmente superar limitações do atual modelo brasileiro de serviços ambientais (Programa Produtor de Água), por meio de estimativas de redução dos valores totais e dos componentes da WF, decorrentes da implementação de medidas para minimização do consumo e da poluição hídrica. Assim, a abordagem estabelecida no trabalho é capaz de

providenciar inferências mais acuradas a respeito da efetividade de conservação dos recursos hídricos, além de propiciar maior engajamento dos usuários na intensificação de medidas de redução da demanda hídrica, seja em áreas geográficas delimitadas, na produção e consumo de produtos. Futuras pesquisas serão direcionadas à análise empírica da metodologia proposta.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo auxílio financeiro concedido durante a realização do trabalho.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998). “*Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*”. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agricultural Organization, Rome, Italy.

ALLEN, R.G. (2000) “*REF-ET: Reference evapotranspiration calculator*”. Version Windows 2.0, Utah State University, Logan, USA.

ANA - Agência Nacional de Águas. (2008). “*Manual Operativo do Programa Produtor de Água*”. Superintendência de Usos Múltiplos, Brasília. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Produagua>>. Acesso em mar 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas (2011). “*Programa Produtor de Água*”. Disponível em: <www.ana.gov.br/produagua>. Acesso em: mai 2011.

ASQUITH, N.M.; VARGAS, M.T.; WUNDER, S. (2008). “*Selling two environmental services: In-kind payments for bird habitat and watershed protection in Los Negros, Bolivia*”. *Ecological Economics* 65 (4), pp. 675-684.

BENNETT, M.T. (2008). “*China's sloping land conversion program: institutional innovation or business as usual?*”. *Ecological Economics* 65 (4), pp. 699-711.

BRASIL. (2005). “*Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 357*”. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 18 mar.

BRASIL. (2009). “*Projeto de Lei n. 5.487*”. Institui a Política Nacional dos Serviços Ambientais, o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais e estabelece formas de controle e financiamento desse Programa. Brasília, 01 de julho de 2009. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/Prop_Detalhe.asp?id=439941>. Acesso em mai de 2011.

BULSINK, F.; HOEKSTRA, A.Y.; BOOIJ, M.J. (2010). “*The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products*”. *Hydrology and Earth System Sciences* 14 (1), pp. 119-128.

CHAPAGAIN, A.K.; HOEKSTRA, A.Y.; SAVENIJE, H.H.G.; GAUTAM, R. (2006). “*The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries*”. *Ecological Economics* 60 (1), pp. 186-203.

CHAVES, H.M.L.; BRAGA, B.; DOMINGUES, A.F.; SANTOS, D.G. (2004). “*Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do Programa do Produtor de Água (ANA): I-Teoria*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 9 (3), pp. 5-14.

CHEN, X.; LUPI, F.; HE, G.; LIU, J. (2009). “*Linking social norms to efficient conservation investment in payments for ecosystem services*”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, pp. 11812-11817.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUEDO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P. e VAN DEN BELT, M. (1997). “*The value of the world's ecosystem services and natural capital*”. *Nature* 386, pp. 253-260.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUEDO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P. e VAN DEN BELT, M. (1998). “*The value of the world's ecosystem services and natural capital*”. *Ecological Economics* 25, pp. 3-15.

DENT, D. L.; KAUFFMAN, J. (2007). “*The spark has jumped the gap: Green water credits proof of concept.*” *Green Water Credits Rep. 7*, ISRIC—World Soil Information, Wageningen.

DENT, D.; KAUFFMAN, S. (2009). “*Business Case for Green Water Credits*”. In: *Workshop 3: Access to Green and Blue Water in a Water Scarcity Situation*, Estocolmo, Set. 2009.

DOBBS, T.L.; PRETTY, J. (2008). “*Case study of agri-environmental payments: the United Kingdom*”. *Ecological Economics* 65, pp. 766-776.

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. (2008). “*Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues*”. *Ecological Economics* 65, pp. 663-674.

FALKENMARK, M. (2003). “*Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges*”. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London - Series B: Biological Sciences* 29 (358), pp. 2037-2049.

FALKENMARK, M.; ROCKSTROM, J. (2006). “*The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management*” *Journal of Water Resources Planning and Management* 132 (3), editorial.

FALKENMARK, M.; ROCKSTRÖM, J. (2010). “*Building Water Resilience in the Face of Global Change From a Blue-Only to a Green-Blue Water Approach to Land-Water Management*”. *Journal of Water Resources Planning and Management* 136 (6), pp. 606-610.

FAO (2008a). “*CROPWAT model, Food and Agricultural Organization*”. Rome. Disponível em: <www.fao.org/nr/water/infores/databases/cropwat.html>. Acesso em mar 2010.

FAO (2008b). “*CLIMWAT database, Food and Agricultural Organization*”. Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/infores/databases/climwat.html>>. Acesso em mar 2010.

- FAO (2008c). “*AQUASTAT database, Food and Agricultural Organization*”. Rome. Disponível em: <www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>. Acesso em mar 2010.
- FSA - Food Security Act of 1985. (1985). *United States, Public Law 99 – 198*, Title XII: Conservation. 99 Stat. 1504, 23 de dezembro de 1985.
- GALLI, A.; WIEDMANN, T.; ERCIN, E.; KNOBLAUCH, D.; EWING, B.; GILJUM, S. (2010). “*Integrating Ecological, Carbon, and Water Footprint into a “Footprint Family” of indicators: definition and role in tracking Human Pressure on the Planet*”. In: Footprint Forum’s Academic Conference: The State of the Art in Ecological Footprint Theory and Applications, Colle Di Val D’Elsa, Itália, June 9th, 2010.
- GORDON, L.; DUNLOP, M.; FORAN, B. (2003). “*Land cover change and water vapour flows: learning from Australia*”. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London - Series B: Biological Sciences* 358 (1440), 1973-1984.
- GORDON, L.J.; STEFFEN, W.; JÖNSSON, B.F.; FOLKE, C.; FALKENMARK, M., JOHANNESSEN, A. (2005). “*Human modification of global water vapor flows from the land surface*”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (21), pp. 7612-7617.
- HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K.; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. (2011). “*The water footprint assessment manual: Setting the global standard*”, Earthscan, London, UK.
- HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K. (2007). “*Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern*”. *Water Resources Management* 21, pp. 35-48.
- HOEKSTRA, A.Y.; HUNG, P.Q. (2002). “*Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*”. *Value of Water Research Report Series*, No. 11.
- HOFF, H.; FALKENMARK, M.; GERTEN, D.; GORDON, L.; KARLBERG, L.; ROCKSTROM, J. (2010). “*Greening the global water system*”, *Journal of Hydrology* 384 (3-4), pp. 177-186.
- KAHLON, M.S.; LAL, R. (2011). “*Enhancing Green Water in Soils of South Asia*”. *Journal of Crop Improvement* 25 (2), pp. 101-133.
- KOSOY, N.; MARTINEZ-TUMA, M.; MURADIAN, R.; MARTINEZ-ALIER, J. (2007). “*Payments for environmental services in watersheds: Insights from a comparative study of three cases in Central America*”. *Ecological Economics* 61, pp. 446-455.
- MENDIONDO, E.M. (2008). “*Challenging issues of urban biodiversity related to ecohydrology*”. *Brazilian Journal of Biology* 68 (4), pp. 983-1002.
- MUÑOZ-PIÑA, C.; GUEVARA, A.; TORRES, J.M. e BRAÑA, J. (2008). “*Paying for the hydrological services of Mexico's forests: Analysis, negotiations and results*”. *Ecological Economics* 65, pp. 725-736.
- OKI, T.; KANAE, S. (2006). “*Global hydrological cycles and world water resources*”. *Science* 313, pp. 1068-1072.
- PAGIOLA, S. (2008). “*Payments for environmental services in Costa Rica*”. *Ecological Economics* 65, pp. 712-724.

- POSTEL, S.L.; THOMPSON, B.H. (2005). “*Watershed protection: capturing the benefits of nature's water supply services*”. *Natural Resources Forum* 29, pp. 98-108.
- RIDOUTT, B. G.; PFISTER, S. (2010). “*A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity*”. *Global Environmental Change* 20, pp. 113–120.
- RIDOUTT, B. (2009). “*Water footprint: A concept in need of further definition*”. *Water* 36 (8), pp. 51-54.
- RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; PANACHUKI, E. (2011). “*Nova abordagem sobre o modelo brasileiro de serviços ambientais*”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)*, no prelo.
- ROCKSTRÖM, J.; LANNERSTAD, M.; FALKENMARK, M. (2007). “*Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries*”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (15), pp. 6253-6260.
- SABMiller & WWF-UK. (2009). “*Water footprinting: Identifying & addressing water risks in the value chain, SABMiller*”. Woking, UK / WWF-UK, Goldalming, UK.
- WUNDER, S.; ALBÁN, M. (2008). “*Decentralized payments for environmental services: the cases of Pimampiro and PROFAFOR in Ecuador*”. *Ecological Economics* 65, pp. 685-698.
- WUNDER, S. (2005). “*Payments for environmental services: some nuts and bolts*”. *Occasional Paper -CIFOR*.
- WUNDER, S. (2007). “*The Efficiency of Payments for Environmental Services in Tropical Conservation*”. *Conservation Biology* 21, pp. 48-58.
- ZHANG, Y.; SINGH, S.; BAKSHI, B.R. (2010). “*Accounting for Ecosystem Services in Life Cycle Assessment, Part I: A Critical Review*”. *Environmental Science e Technology* 44 (7), pp. 2232-2242.