

## A REGULAMENTAÇÃO DA ÁGUA VIRTUAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS

Patrícia Borba Vilar Guimarães \*

Yanko Marcius de Alencar Xavier \*\*

### RESUMO

O presente ensaio trata da temática da água virtual nos sistemas ambientais, sob o ponto de vista da necessidade de implementação de instrumentos regulatórios que permitam expressar aspectos da valoração econômica deste bem, enquanto insumo produtivo e bem essencial protegido juridicamente, essencial nas mais diversas atividades humanas. As políticas públicas ambientais, por conseguinte, necessitam ser integradas com demais políticas de produção e mercado, em especial no setor da produção de alimentos e energia da biomassa. Considerando que as pesquisas mais recentes sobre o tema defendem a adoção de posturas que valorizem a interação entre as diversas áreas do saber ambiental, argumenta-se acerca da necessidade de metodologias aptas a proporcionar bases teóricas que possibilitem a regulamentação do uso da água virtual. Mediante pesquisa bibliográfica e levantamento de alguns dados primários, pretende-se levantar o estado-da-arte que a temática da gestão da água virtual demanda em nível mundial.

**PALAVRAS-CHAVE:** REGULAMENTAÇÃO; GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS; ÁGUA VIRTUAL.

### ABSTRACT

This paper deals about virtual water in the environment systems, from the point of view of the need for implementation of regulatory instruments to express aspects of the economic valuation, as water becomes increasingly important as productive input and essential well being legally protected, vital for different human activities. Environmental Public Policies therefore need to be integrated with other production and

---

\* Mestre em Ciências da Sociedade. Mestranda em Direito pela UFRN. Doutoranda em Recursos Naturais pela UFCG. O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil.

\*\* Doutor em Direito. Professor do programa de Pós-graduação em Direito da UFRN.

market ones, particularly in the food production sector and biomass energy. Whereas the most recent research on the topic advocate the adoption of postures that value the interaction among the different areas of environmental knowledge, this work argues about the necessity of methodologies able to provide theoretical bases that may regulate the use of virtual water. Through literature search and survey of some primary data, it is intended to obtain the *state of the art* about the subject of water management in virtual worldwide demand.

**KEY-WORDS:** REGULATION; WATER RESOURCES MANAGEMENT;  
VIRTUAL WATER.

## INTRODUÇÃO

Desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável realizada no Rio de Janeiro em 1992, a Agenda 21 global foi tida como o marco dos fundamentos de proteção do recurso natural água, tendo sido recomendado que a ordenação integrada dos recursos hídricos deve estar baseada na percepção de que a água é parte integrante do ecossistema, um recurso natural e um bem social e econômico, cuja quantidade e qualidade determinam a natureza de sua utilização.

Em função de recentes encontros mundiais dedicados a esta temática e esforço comunitário das Nações, a gestão do recurso natural água vem avançando, tanto em nível local como global. A gestão da água, portanto, considerando o desenvolvimento sustentável<sup>1</sup> é recomendada sob um enfoque integrado, que concilie o desenvolvimento econômico e social com a proteção dos ecossistemas naturais, estabelecendo uma relação racional entre o uso do solo e da água. Há uma ênfase especial aos aspectos locais, motivo pelo qual a adoção do princípio da subsidiariedade, que traz as decisões para os níveis mais baixos é de fundamental importância nos processos de gestão pública deste recurso<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT . *Our common future*. Reconvened. Centre for Our Common Future: Switzerland, 1992.

<sup>2</sup>GUIMARÃES, P.B.V., RIBEIRO, M.M.R., XAVIER, Y.M.A. *Regulação, Princípio da Subsidiariedade e uso da água no Brasil*. V Congresso Brasileiro de Regulação. Recife. Brasil, 2007.

Em nível global, o tema que vem assumindo evidência no tocante aos processos ambientais inerentes às atividades das sociedades mundiais é o uso e transferência do recurso natural água como insumo produtivo, que deu origem ao conceito de *água virtual*<sup>3</sup>. Consequentemente, faz-se necessária a adoção de algum tipo de regulamentação que permita assumir-se uma postura coerente de gestão da água baseada no fundamento de valoração econômica deste bem.

No Brasil, os fundamentos da gestão dos recursos hídricos são postos pela Constituição Federal e pela Lei Federal nº 9.433/97, que estabelece o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (SINGREH) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Em função das atividades econômicas desenvolvidas em todo o mundo, intensivas no consumo do recurso natural água, a necessidade de regulamentação do mercado de água virtual é urgente.

A estimativa da utilização da água, principalmente na indústria da produção de alimentos, depende da gestão de aspectos intrínsecos dos sistemas ambientais, como o manejo de solo, clima, culturas, e água, combate à desertificação e respeito aos ecossistemas, com o reforço da idéia de desenvolvimento sustentável. Este conceito, portanto, faz parte de estruturas teóricas que vêm sendo desenvolvidas por economistas e ambientalistas, que deverão ser exploradas em termos de regulamentação específica no sentido de proporcionar a gestão deste recurso em nível mundial. Partimos da pesquisa bibliográfica e dados primários que permitiram levantar o estado-da-arte que a temática da gestão da água virtual demanda, em nível mundial.

## **1 O CONCEITO DE ÁGUA VIRTUAL**

A necessidade premente das sociedades contemporâneas de estabelecerem padrões culturais que permitam fornecer algum controle sobre o uso dos recursos naturais, com respeito ao ideal de desenvolvimento sustentável, tem produzido inúmeros instrumentos de quantificação para a gestão do uso dos mesmos. Para o recurso natural água, políticas de gestão vêm sendo implantadas por todo o mundo.

---

<sup>3</sup> ALLAN, J.A. *'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies?* Paper presented at the 1997 British Association Festival of Science, Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds, *Water and Development Session* - TUE.51, 14.45, 9 September 1997.

Dentre estes instrumentos de gestão está o conceito de água virtual, segundo o qual a *água virtual* seria uma medida indireta dos recursos hídricos consumidos por um bem, produto ou serviço. Segundo este conceito, a água virtual está embutida nos produtos, não apenas no sentido visível, físico, mas também no sentido *virtual*, considerando a água necessária aos processos produtivos. As discussões técnicas caminham no sentido de que esse parâmetro seja considerado como um instrumento estratégico em políticas públicas e privadas do uso da água.

A regulamentação das estimativas de água virtual enquanto instrumento de gestão ainda é escassa na literatura, mas é inegável sua importância dados os níveis de escassez hídrica de algumas regiões e do comprometimento das condições de equilíbrio dos ecossistemas.

A implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433/97 demandou a criação de novos mecanismos e instrumentos de gestão no país, que vem sendo estudados ao longo dos últimos dez anos, como forma de possibilitar a otimização dos modelos institucionais de gestão já implantados e adquirir experiência e tecnologia para a configuração de novos modelos, de acordo com o espírito desta lei.

No tocante à água virtual, o país necessita estabelecer parâmetros para a gestão deste recurso, uma vez que se insere entre os dez maiores exportadores de água virtual do mundo<sup>4</sup>. O estudo de instrumentos para a sua gestão deve ser objeto de aprofundamentos, com vistas ao equilíbrio e sustentabilidade dos ecossistemas. O processo de gestão deste recurso ainda não está consolidado, em face das dificuldades naturais colocadas pelos sistemas ambientais. Neste contexto, garantir o desenvolvimento sustentável implica na instituição de políticas públicas eficientes para a proteção do meio-ambiente.

Para a segurança alimentar da espécie humana o tema da água virtual mostra-se bastante significativo, em face dos elevados níveis deste recurso utilizados na produção de alimentos ou em outras culturas utilizadas como fonte de energia

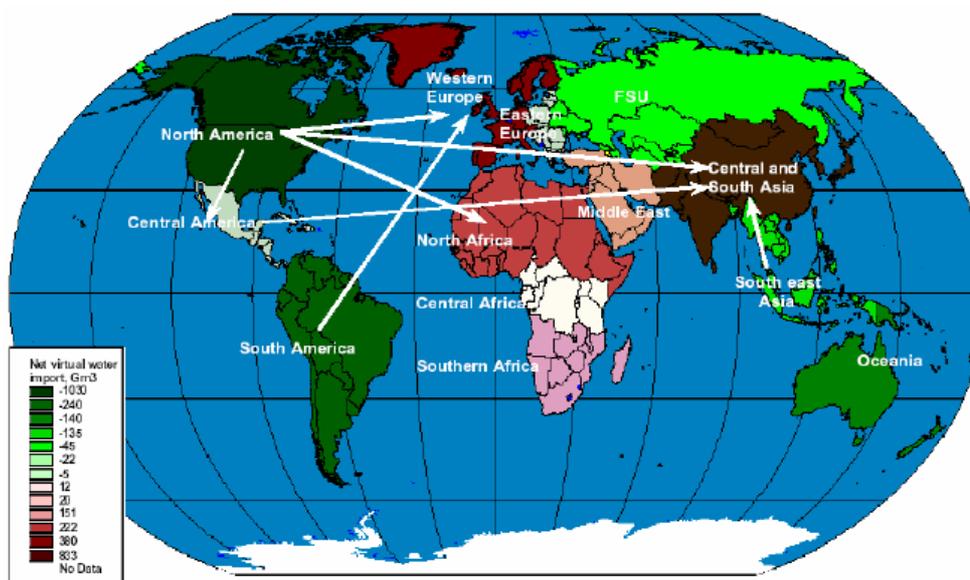
---

<sup>4</sup> HOEKSTRA, A.Y., HUNG, P.Q. Virtual Trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of water: Research Report Series, n. 11, September. UNESCO/IHE. 2002.66p.

renovável, especialmente no Brasil, que desponta como potencial mundial no setor produtivo de cana-de-açúcar com fins energéticos.

O comércio agrícola entre as regiões promove a transferência de água de locais onde existe abundância deste recurso e baixo custo, para outros onde há escassez hídrica e/ou custos elevados de produção. (Fig.1)

**FIGURA 1 - Transferências de água virtual entre as regiões mundiais.**



Fonte: Hoekstra A.Y. e HUNG, P.Q., 2002

Segundo dados da UNESCO apenas o comércio global de alimentos movimenta um volume de água virtual na ordem de 1.000 a 1.340 km³ por ano, dos quais 67 % são relacionados com o comércio de produtos agrícolas, 23 % relacionados com o comércio produtos animais e 10% relacionados com produtos industriais. A China, um dos maiores mercados consumidores do mundo, importa cerca de 18 milhões de toneladas de soja por ano, a um custo de 3,5 milhões de dólares, o que equivale a 45 milhões de metros cúbicos de água. Em 2003, o Brasil exportou 1,3 milhões de toneladas de carne bovina, com uma receita cambial de 1,5 milhões de dólares. Por esse caminho, exportou também 19,5 km³ de água virtual (19,5 bilhões de m³)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> CARMO, R. L., OJIMA, A. L. R. O. , OJIMA, R., NASCIMENTO, T. T. Água virtual e desenvolvimento sustentável: o Brasil como grande exportador de recursos hídricos. XXV CONGRESSO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE SOCIOLOGIA. Porto Alegre, 2005.

As estimativas de cálculo da água virtual na produção agrícola podem ser dadas pela relação entre a quantidade total de água usada no cultivo e a produção obtida ( $m^3/ton$ ). Será feita em função do tipo de solo, clima, técnicas de plantio e irrigação.

**Tabela 1 – Estimativa de água virtual na produção agrícola.**

<b>Produto</b>	<b>Água requerida (litros por quilograma)</b>
<b>Lavoura</b>	
Soja	2.000
Arroz	1.600
Sorgo	1.300
Alfafa	1.100
Trigo	900
Milho	650
Batata	630
Milheto	272
<b>Pecuária</b>	
Frango	3.500
Suino	6.000
Bife bovino	43.000
Carneiro	51.000

Fonte: Pimentel (2004)

Alguns autores estabelecem ainda a relação entre o consumo de água individual, denominado pegada hídrica ou *waterfootprint*, em analogia ao conceito de pegada ecológica<sup>6</sup>, segundo o qual é estimado o consumo de água pelas pessoas, com fins de educação para a sustentabilidade hídrica. Os autores desenvolveram um método para o cálculo da pegada hídrica (*waterfootprint*) das nações, tendo estabelecido parâmetros expressos em  $m^3/ano$  per capita para os valores de consumo de água por região no espaço global.<sup>7</sup> (Fig. 2).

A pegada ecológica de um país representa o volume de água necessário para a produção de bens ou serviços e para o consumo dos seus habitantes. Segundo Hoekstra e Chapagain (2007) “The internal water footprint is the volume of water used from domestic water resources; the external water footprint is the volume of water used

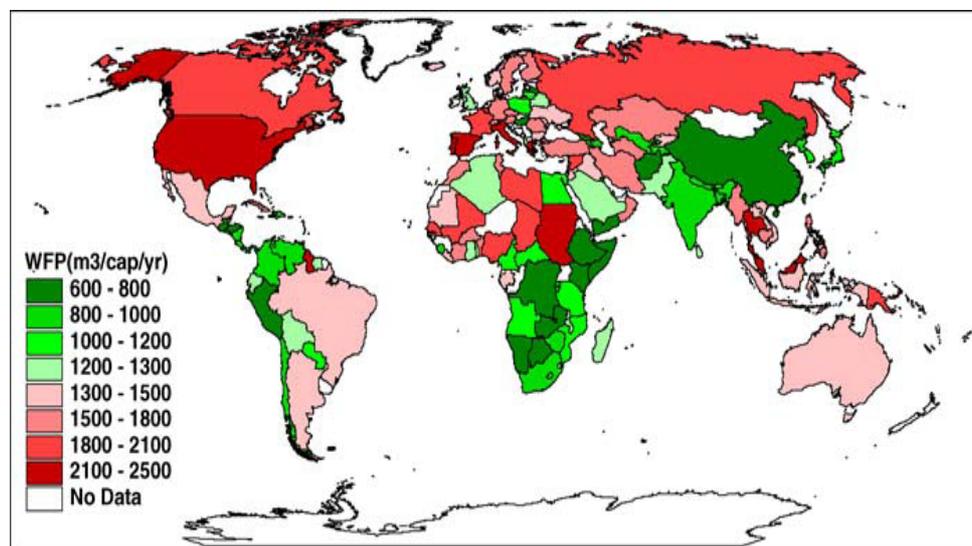
<sup>6</sup> HOEKSTRA, A. Y. The Global Dimension of Water Governance: Nine Reasons For Global Arrangements in Order to Cope With Local Water Problems. UNESCO/Institute for Water Education. *Value of Water Research Report Series*. n. 20. 2006. 1-36

<sup>7</sup> THE WATER FOOTPRINT. Obtido em <[www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)>. Acesso em 20 de março. 2008.

in other countries to produce goods and services imported and consumed by the inhabitants of the country.”<sup>8</sup>

A influência destes determinantes varia de país para país. A pegada hídrica (PH) dos EUA é de (2480m<sup>3</sup>/cap/ano) em parte devida ao grande consumo de carne bovina e produtos industriais. Já no Irã (1624 m<sup>3</sup>/cap/ano) é devida ao consumo de água na irrigação e elevada evapotranspiração. Nos EUA o componente industrial da PH é de 806 m<sup>3</sup>/cap/ano, contra 24m<sup>3</sup>/cap/ano. A pegada hídrica mundial seria de 7450 Gm<sup>3</sup>/ano, o que fornece uma média de 1240m<sup>3</sup>/cap/ano.

**Figura 2 – Waterfootprint das nações.**



**Fonte: HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2007.**

Utilizando-se da terminologia destes autores, o tamanho da pegada hídrica de um país varia segundo o consumo de alimentos e produtos industrializados, sendo que a contribuição da agricultura, em função do uso intensivo da água, é responsável por grande parte deste valor. Para tanto, condições de clima e solo, tipo de cultura e uso intensivo de água são elementos importantes na determinação das estimativas de uso da água.

<sup>8</sup> HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resource Manage* (2007) 21:35–48. DOI 10.1007/s11269-006-9039-x .

Além dos aspectos locais, a dependência internacional de água é considerável. Estima-se que 16% da água consumida globalmente não provem de produtos produzidos internamente, mas de produtos para exportação, oriundos de larga exploração industrial.<sup>9</sup> Com o aumento do comércio mundial, esta transferência do insumo água tende a crescer. “O conceito de água virtual, em sua essência, explora o comércio “virtual” da água que se encontra embutida na produção de *commodities*. Sendo parte integrante e indissociável da produção de *commodities*, a água passa a figurar em um comércio internacional que explora a abundância ou a escassez de recursos hídricos como um dos pontos chaves para decisão sobre “o que” produzir e sobre “onde” produzir”.<sup>10</sup>

Este tipo de estimativa não representa uma inovação sob o aspecto da gestão dos recursos naturais, observada no manejo de culturas, gestão da água, na promoção do uso eficiente de água e solo. O que diferencia a nova abordagem em torno do conceito de água virtual é a necessidade consideração econômica deste bem no planejamento e políticas que respeitem o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

## **2 O IMPACTO DA GESTÃO DA ÁGUA VIRTUAL NOS ECOSISTEMAS**

No tocante às interações entre o conceito de água virtual e os ecossistemas locais e globais, relacionadas diretamente aos sistemas ambientais, são nítidas as influências do clima, solo, uso da água, e da determinação e escolha das culturas para produção em larga escala, especialmente considerando que agricultura é das maiores consumidoras do insumo água, o que repercute nas estimativas de água virtual dos produtos agrícolas.

É importante considerar que regiões com poucos recursos econômicos e escassos recursos naturais têm importado água virtual de outras mais abundantes. Muitos países só vão ter acesso a alimentos para seus cidadãos se importarem esses alimentos de países que tenham água. Problemas relacionados ao modo de produção, portanto, podem se refletir no declínio da biodiversidade, na desertificação e o

---

<sup>9</sup> HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resour Manage* (2007) 21:35–48. DOI 10.1007/s11269-006-9039-x .

<sup>10</sup> CARMO, R. L., OJIMA, A. L. R. O. , OJIMA, R., NASCIMENTO, T. T. Água virtual e desenvolvimento sustentável: o Brasil como grande exportador de recursos hídricos. XXV CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE SOCIOLOGIA. Porto Alegre, 2005.

comprometimento de sobrevivência de populações locais, agravados pelas mudanças climáticas e nos ciclos hidrológicos. Características como os parâmetros climáticos de cada região, evapotranspiração das culturas, a produtividade ton/ha e o comércio (internacional) de produtos agrícolas devem ser referenciadas, tanto nas estimativas, quanto nas escolhas que respeitem o meio ambiente<sup>11</sup>.

Aspectos como o clima e a necessidade hídrica de cada cultura, influenciam a evapotranspiração, que pode ser estimada segundo vários métodos, como o balanço hídrico-climatológico. Neste sentido, “A determinação dos riscos climáticos tem como base a disponibilidade de água relacionada às informações agrônômicas e é uma tentativa de informar e ajudar o produtor a tomar decisões de plantio. Desta forma, o risco decorrente das incertezas climáticas, entre eles o déficit hídrico, pode ser minimizado”<sup>12</sup>.

A desertificação é um estado do meio que também possui conexão com o conceito de água virtual, pois é um processo que pode ser creditado à má gestão do solo e das águas feita pelo homem. A Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (CCD), conceitua *desertificação* como o processo de degradação do ambiente em regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, em decorrência da ação antrópica.

Segundo o Ministério do meio Ambiente, as áreas brasileiras enquadradas no conceito de desertificação, definido neste termos, são aquelas inseridas no semi-árido nordestino, cuja extensão é de aproximadamente 858.000 km<sup>2</sup>.<sup>13</sup> Algumas regiões localizadas fora do semi-árido, mas também inseridas no âmbito da aplicação desta Convenção, são aquelas que se encontram dentro do polígono das secas, este com extensão estimada de 1.083.000 km<sup>2</sup>, incluindo municípios do norte de Minas Gerais e Espírito Santo, onde vivem 18,5 milhões de pessoas, dos quais 8,6 milhões estão na zona rural.<sup>14</sup> (Tab. 2)

---

<sup>11</sup> Idem.

<sup>12</sup> SOUSA, E.T., VASCONCELLOS, V. L. D., ASSAD, E. D. *Simulação dos riscos climáticos no Distrito Federal para o plantio da soja de ciclo precoce e tardio*. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria – RS, 2003. p.759-760.

<sup>13</sup> SRH/MMA. *Avaliação das Águas do Brasil*. Brasília, 2002.

<sup>14</sup> Idem.

**Tabela 2 - Áreas Afetadas pela Desertificação no Nordeste Brasileiro**

Estado	Área total (km <sup>2</sup> )	Área afetada em termos absolutos (km <sup>2</sup> )		
		Moderada	Grave	Muito Grave
.	.			
Alagoas	27.731	6.256	-	-
Bahia	561.026	258.452	10.163	-
Ceará	148.016	35.446	16.366	26.993
Paraíba	56.372	-	8.320	32.109
Pernambuco	98.307	-	28.356	22.883
Piauí	250.934	86.517	-	3.579
Rio Grande do Norte	53.015	5.154	18.665	8.337
Sergipe	21.994	2.071	-	4.692
<b>TOTAL</b>	<b>1.217.395</b>	<b>393.896</b>	<b>81.870</b>	<b>98.595</b>

Fonte: SRH/ MMA, 2002.

Ações propostas para a gestão que minimizem os aspectos negativos da comercialização de produtos com uso intenso de água podem contribuir para minimizar os efeitos da desertificação ou impedir o desencadeamento de novos processos danosos. Em consonância com a média geral mundial, o consumo de água na agricultura para estas culturas é o mais extensivo, chegando a representar mais de 60% do consumo total de água.<sup>15</sup>

O Brasil possui uma expressividade muito grande em relação à produção agropecuária que demanda os maiores volumes de água, como a soja, a carne e a cana-de-açúcar, tanto com fins alimentares, mas, principalmente com fins energéticos. Mesmo a legislação brasileira tendo determinado que o uso da água deverá atender aos fins econômicos, disciplinados pela Constituição do país, deverão ser respeitados os usos múltiplos e o direito fundamental à água pelas populações<sup>16</sup>

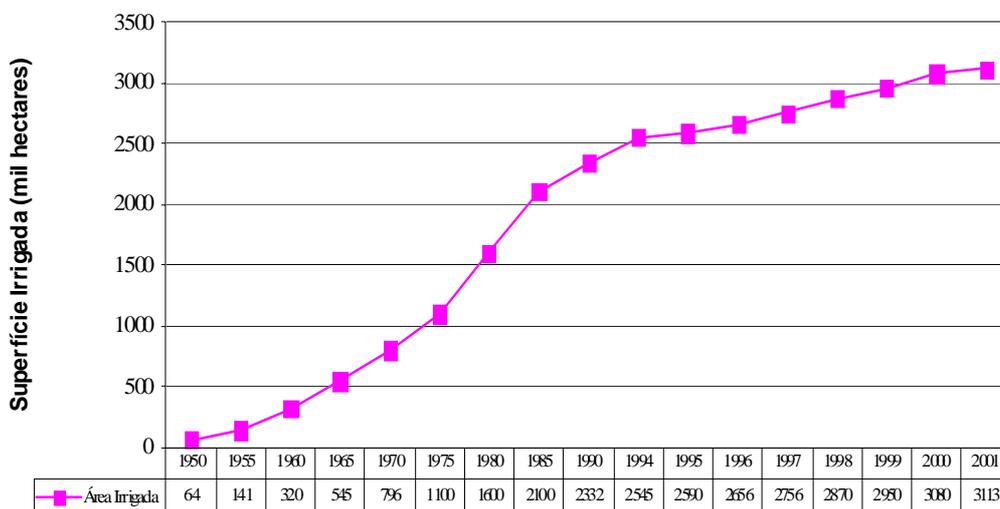
Há um alerta para o fato de que um volume elevado de água é gasto na produção de alimentos, e, já que a produção de carne é um dos principais consumidores

<sup>15</sup> CARMO, R. L., OJIMA, A. L. R. O. , OJIMA, R., NASCIMENTO, T. T. Água virtual e desenvolvimento sustentável: o Brasil como grande exportador de recursos hídricos. XXV CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE SOCIOLOGIA. Porto Alegre, 2005.

<sup>16</sup> BRASIL. Lei nº 9.433/97. BRASIL. Constituição Federal,1988.

de água, é preciso considerar também que os rebanhos muitas vezes são alimentados com ração, produzida a partir de grãos, grandes demandantes de água.<sup>17</sup>

**Quadro 1 – evolução das áreas irrigadas no Brasil (1950-2001).**



**Fonte: SRH/ MMA, 2002.**

O Quadro 1 nos mostra que a perspectiva do uso de técnicas de irrigação vem assumindo uma curva ascendente no país, o que demonstra um incremento da atividade agrícola no período. Entretanto, a irrigação, enquanto grande consumidora de água deve ser conduzida dentro das melhores técnicas, a fim de proporcionar o uso eficiente da água e solo, evitando a degradação ambiental.

Para que haja efetividade na utilização de índices como o cálculo da água virtual, como a pega hídrica (PH), faz-se necessária a regulamentação deste aspecto nas políticas de água. A importância da regulamentação se dá no estabelecimento de políticas eficientes, que respeitem os condicionamentos dos sistemas ambientais.

É importante salientar que é necessária a integração entre as variáveis dos sistemas ambientais, para que eles sejam ambientalmente sustentáveis. “To be operationally sustainable, any system of environmental management needs to be based

<sup>17</sup> PIMENTEL, D., BERGER, B., FILIBERTO, D., NEWTON, M. et. Al. Water resources: agricultural and environmental issues. *Bioscience*, v. 54, n. 10, Outubro de 2004. p. 909-918.

on a truly holistic assessment of all of the relevant factors influencing it.”<sup>18</sup> O estabelecimento de políticas de controle para o uso sustentável da água ou de qualquer recurso natural, em especial, necessita abordagens interdisciplinares que favoreçam a compreensão dos sistemas ambientais como um todo, a exemplo das estimativas de água virtual.

O planejamento das atividades (agro) industriais e comerciais delas decorrentes deve considerar o ciclo de água virtual e seu impacto nos ecossistemas, sob pena de causar desequilíbrios que podem ser evitados precocemente, mediante o planejamento que considere o desenvolvimento sustentável de cada região e ecossistema envolvido.

O impacto das mudanças climáticas sejam elas considerados de ordem natural ou antrópicas, ou ainda uma conjunção de ambos os aspectos, certamente tem contribuído para mudanças no que diz respeito aos ciclos hidrológicos, determinando a urgência de posturas de gestão multidisciplinares.

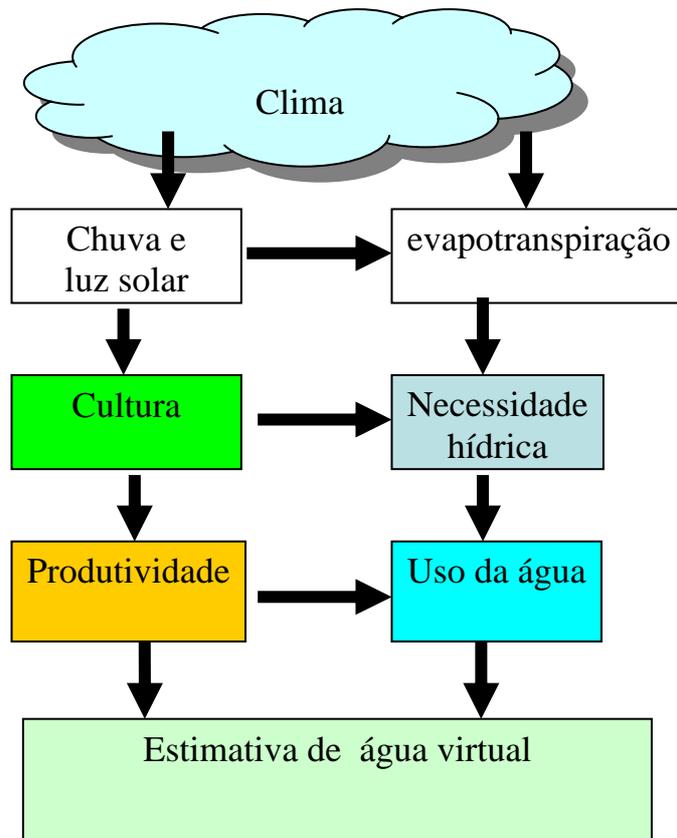
É inegável também que a atividade econômica mundial é dependente do uso dos recursos naturais, o que demanda cuidados no espaço mais amplo do globo terrestre em relação à poluição e degradação ambientais.

Faz-se necessária a doção de mecanismos como a valoração ambiental aplicada ao recurso natural água, por exemplo, que favoreçam o uso sustentável deste recurso e minimizem efeitos danosos da escassez hídrica no espaço mundial. Estão representadas abaixo as variáveis ambientais a serem consideradas na estimativa de água virtual ( Fig. 4).

---

<sup>18</sup> SULLIVAN, C. A. MEIGH, J. Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: Addressing water problems at different scales. *Water Resource Manage* (2007) 21:111–128. DOI 10.1007/s11269-006-9044-0

**Figura 4 - Variáveis para estimativa de água virtual na produção agrícola.**



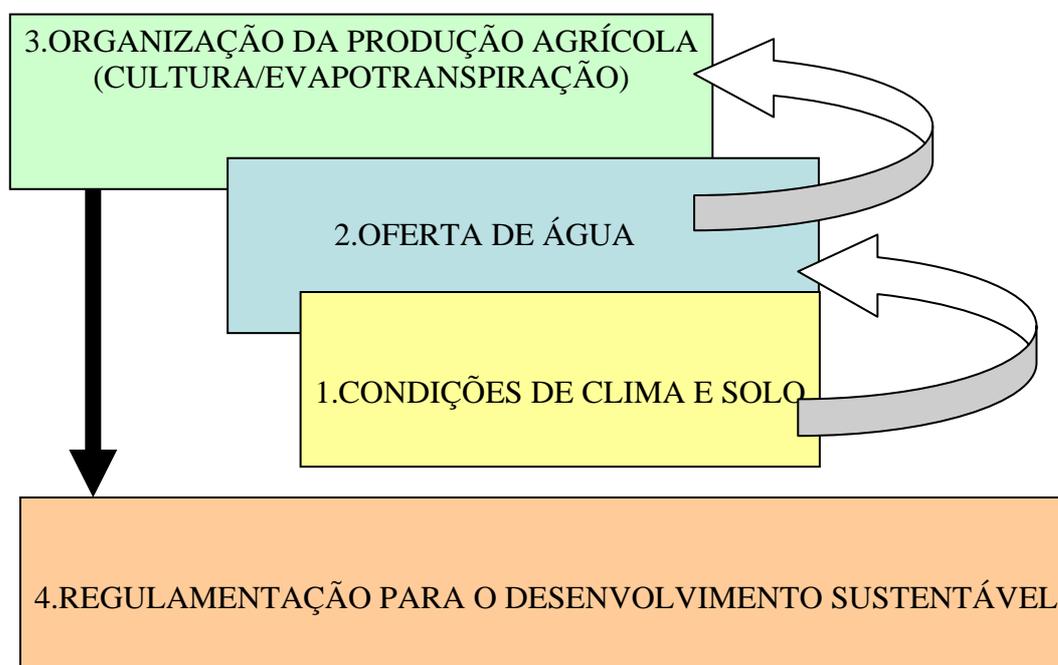
Estas variáveis vêm a ser condicionantes de uma possível regulamentação, em termos de normas e instituições de controle e gestão, a ser aplicada no mercado de água virtual, para fins de regulação do mesmo (Fig 5).

Segundo Hoekstra (2006) mesmo em sendo as bacias hidrográficas as unidades naturais a serem consideradas em termos de gestão de recursos hídricos, o fato de alterações nos ciclos hidrológicos e eventos climáticos terem sofrido grande variabilidade nos anos recentes, demanda uma gestão de políticas de água em nível global, além do local, o que impõe a consideração dos valores de água virtual nas interações entre as diversas regiões do planeta. Para este autor, “Local problems of water pollution are often intrinsic to the structure of the global economy”<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> HOEKSTRA, A. Y. The Global Dimension of Water Governance: Nine Reasons For Global Arrangements in Order to Cope With Local Water Problems. UNESCO/Institute for Water Education. *Value of Water Research Report Series*. n. 20. 2006. 1-36

Dentre os mecanismos sugeridos está o fortalecimento das condições institucionais de gestão, que incluem normas e regulamentos, de forma a favorecer o manejo de variáveis tão complexas como as envolvidas nos processos de estimativas e quantificação de água virtual. São sugeridos: um protocolo internacional que preveja um padrão de custo de água virtual para produtos de uso intensivo de água, taxações sobre produtos “poluentes de água”, para prevenção e controle de poluição, valores máximos de pegadas hídricas, estabelecimento de padrões e valores permitidos para trocas de certificados de água virtual, à exemplo dos mercados de carbono, dentre outros.

**Figura 5 - Condicionantes ambientais da regulamentação do mercado de água virtual**



São elementos que demandam discussões, uma vez que representam o *estado-da-arte* desta temática, mas que podem oferecer contribuições importantes aos processos de gestão do meio ambiente, e, em especial, dos recursos hídricos na esfera mundial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As políticas de uso e gestão da água são importantes para a proteção dos ecossistemas, tanto em nível local, como global, em função das problemáticas acerca de mudanças climáticas e os efeitos da ação antrópica que a humanidade vem enfrentando nos anos recentes. A adoção de metodologias interdisciplinares de avaliação dos condicionantes ambientais, como solo, clima, manejo de culturas e uso da água são indispensáveis para prover os sistemas jurídicos de regulamentação específica para a água virtual.

As políticas públicas ambientais, por conseguinte, necessitam ser integradas com demais políticas de produção e mercado, em especial no setor de alimentos e energia oriunda da biomassa. Defende-se a adoção de posturas que valorizem a interação entre as diversas áreas do saber ambiental que proporcionem as bases para possibilitar a regulamentação do uso da água virtual.

## REFERÊNCIAS

ALLAN, J. A. *'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies?* Paper presented at the 1997 British Association Festival of Science, Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds, *Water and Development Session - TUE.51, 14.45, 9 September 1997.*

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Define a Política Nacional de Recursos Hídricos, os princípios e instrumentos da sua gestão.

WCED.WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Our common future. Reconvened. Centre for Our Common Future: Switzerland, 1992.*

CARMO, R. L., OJIMA, A. L. R. O. , OJIMA, R., NASCIMENTO, T. T. *Água virtual e desenvolvimento sustentável: o Brasil como grande exportador de recursos hídricos.*

XXV CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE SOCIOLOGIA. Porto Alegre, 2005.

GUIMARÃES, P.B.V., RIBEIRO, M.M.R., XAVIER, Y.M.A. *Regulação, Princípio da Subsidiariedade e uso da água no Brasil. V Congresso Brasileiro de Regulação.* Recife. Brasil, 2007.

HOEKSTRA, A. Y. The Global Dimension of Water Governance: Nine Reasons For Global Arrangements in Order to Cope With Local Water Problems. UNESCO/Institute for Water Education. *Value of Water Research Report Series*. n. 20. 2006. 1-36

HOEKSTRA, A. Y. Human appropriation of natural capital: comparing ecological footprint and water footprint analysis. UNESCO/Institute for Water Education. *Value of Water Research Report Series*. n. 23. 2007. 1-40.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN. A. K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resour Manage* (2007) 21:35–48. DOI 10.1007/s11269-006-9039-x .

HOEKSTRA, A.Y., HUNG, P.Q. Virtual Trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of water: Research Report Series*, n. 11, September. UNESCO/IHE. 2002.66p.

PIMENTEL, D., BERGER, B., FILIBERTO, D., NEWTON, M. et. Al. Water resources: agricultural and environmental issues. *Bioscience*, v. 54, n. 10, Outubro de 2004. p. 909-918.

PNUD. RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO HUMANO 2006. Obtido em <<http://www.pnud.org.br/rdh/>>, Acesso em 21 de março. 2008.

PORTO, R.L.L., ZAHED FILHO, K., SILVA, R. M., DOURADO, S.S.S. *Evapotranspiração*. Escola Politécnica da USP. Hidrologia Aplicada. 2000.

SULLIVAN, C. A. MEIGH, J. Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: Addressing water problems at different scales. *Water Resource Manage* (2007) 21:111–128. DOI 10.1007/s11269-006-9044-0

THE WATER FOOTPRINT. Obtido em <[www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)>. Acesso em 20 de março. 2008.

SOUSA, E.T., VASCONCELLOS, V. L. D., ASSAD, E. D. *Simulação dos riscos climáticos no Distrito Federal para o plantio da soja de ciclo precoce e tardio*. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria – RS, 2003. p.759-760.

SRH/MMA. *Avaliação das Águas do Brasil*. Brasília, 2002.