

# Prospecção das Interdependências entre Água, Energia e Alimento no Brasil

## *Prospecting the Nexus of Food, Energy and Water in Brazil*

• **Data de entrada:**  
09/08/2017

• **Data de aprovação:**  
26/03/2018

José Anderson do Nascimento Batista\* | Edson Cezar Wendland | Klebber Teodomiro Martins Formiga

DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.035>

### Resumo

A gestão dos recursos hídricos no Brasil constitui-se um enorme desafio devido às pressões das demandas domésticas e globais por alimento, renovação da matriz energética e conservação ambiental. Não obstante possuir uma das legislações mais completas do mundo, o país, assim como toda a comunidade internacional, tem tido sua capacidade de gestão ambiental testada diante da intensificação dos conflitos em torno do uso da água. Tais conflitos tendem a se tornar ainda mais intensos devido ao crescimento da população, à globalização dos mercados, que se reflete nos recursos hídricos por meio do tráfego de água virtual e ao aquecimento global. A capacidade de gerenciamento do recurso hídrico, portanto, perpassa pela inteligência e pelo gerenciamento das demandas e por sua compatibilização com a conservação ambiental das bacias hidrográficas. Esse último aspecto, determinado pelo correto valor da água, é a chave para o equilíbrio do balanço hídrico das bacias. Tal determinação afetará não apenas a sistemática de soluções de eventuais conflitos pela água, mas também a efetividade das políticas de conservação ambiental e de avanços tecnológicos em torno das futuras mudanças de paradigma do uso da água que vierem a ocorrer no país, conforme já tem ocorrido em países desenvolvidos. Neste sentido, as oportunidades para o aumento da eficiência do sistema brasileiro de gestão de recursos hídricos passam pelo mapeamento e pelo enfrentamento das interdependências existentes entre água, energia e produção de alimento no país.

**Palavras-chave:** Interdependência entre água, energia e alimento. Recursos hídricos. Conflito pelo uso da água.

**José Anderson do Nascimento Batista** – Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental (USP). Mestre em Engenharia Sanitária (UFRN). Engenheiro Civil (UFRN). Professor Doutor do Departamento de Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp.

**Edson Cezar Wendland** – Doutor em Engenharia Civil (Universidade de Bochum). Mestre em Engenharia Mecânica (UFRGS). Engenheiro Civil (UFMT). Professor Titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

**Klebber Teodomiro Martins Formiga** – Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento (USP). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (UFCG). Engenheiro Civil (UFPB). Professor Adjunto do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia Civil da UFG.

\***Endereço para correspondência:** Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária, Campinas, SP, CEP 13083-889. E-mail: [nbatista@fec.unicamp.br](mailto:nbatista@fec.unicamp.br).

## Abstract

*The water resources management in Brazil consists an enormous challenge before domestic and global demands for food, energy matrix renewal and environmental conservation. Although Brazil has one of the world's most complete legislation, its environmental management capacity has been tested, just like all the rest of the international community, for the water use conflict intensification. Such conflicts potentially intensify after the population grow, the market globalization which mostly reflects in the water resources throughout the virtual water traffic, and the global warming. The water resources management capacity, therefore, comes after the water use demands intelligence and management and its compatibilization to the watershed environmental conservation. The environmental conservation itself is mostly achieved after an appropriated water valuation, which is a key factor to the balance of the water budget all over the watersheds. Such achievement will affect not only the way water use conflicts are solved, but also the effectiveness of environmental conservation measures and the technological advances for the coming changes in water use in the country, since it has already begun in developed countries. In this sense, opportunities to the Brazilian water management system efficiency increase depend on mapping and facing rising problems from the food production, energy generation and water conservation in that country.*

**Keywords:** Nexus of food, energy and water. Water resources. Water use conflicts.

## 1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

A água é um recurso natural essencial a todas as atividades produtivas, ao saneamento básico e à preservação do ambiente. Por outro lado, o valor econômico da água tem sido subestimado, de modo que a política nacional dos recursos hídricos não tem sido eficaz nem na preservação do ambiente, nem no garantimento do abastecimento público, nem no suporte ao setor produtivo, quer das atividades existentes quer do desenvolvimento futuro. Parte da imprevisibilidade dos fenômenos de escassez hídrica, pelos quais qual passou o país nos últimos vinte anos, desde a lei federal 9.433, deve-se ao fato de ainda não ter sido completada a regulamentação e a implantação de seus instrumentos em todos os estados, como previsto naquela lei. Uma outra parte deve-se à articulação precária entre a União e os Estados em torno dos conflitos decorrentes do uso múltiplo da água, a qual, em graus mais severos, tem levado ao colapso de sistemas de reservação. A Unesco, em recente relatório anual sobre o desenvolvimento mundial da água (WWAP, 2014), trouxe pela primeira vez o tema do gerenciamento de recursos hídricos de forma

indissociável da geração de energia (elétrica e de combustão) e da produção de alimentos. Em tal abordagem, propõe-se que os países operacionalizem meios de conscientização dos usuários acerca das interdependências entre os recursos hídricos, energéticos e alimentares e, portanto, um potencial para uma maior integração dos mercados usuários da água. Para que tal integração tenha regulação efetiva, o estado deve prover políticas e instrumentos efetivos e flexíveis, subsidiados tecnicamente pelo monitoramento de dados dos sistemas hídricos.

Mesmo sendo a água um bem comum, observa-se que a sua exploração como tal não tem refletido seu correto valor econômico, incorrendo em custos mais elevados aos serviços nos cenários de escassez do que eventualmente esses serviços teriam em um cenário de controle preventivo. O desequilíbrio entre os usos da água reflete desvios de prioridade que acabam se sobrepondo à política de recursos hídricos. Por sua vez, tais desvios são resultado, eventualmente, do desconhecimento dos órgãos participantes da gestão de recursos hídricos a respeito das interde-

pendências existentes entre uso e conservação da água inerentes a outros bens de produção, como alimentos e energia. Tais interdependências acarretam implicações tanto nas demandas de cada bem (incluindo as demandas de água) como no comportamento da oferta de cada bem (incluindo-se também a própria conservação hídrica). Esta revisão de literatura, portanto, tem a finalidade de reunir os principais estudos científicos existentes neste tema, o qual tem efervescido dentro da comunidade científica durante a presente década, e oferecer um panorama das atuais pressões exercidas mutuamente entre os três setores no mundo. São apresentados dados nacionais de atividades que integram produção energética, alimentícia e a conservação de recursos hídricos. Trabalhos futuros devem focar o levantamento de casos, diagnósticos e soluções não-estruturais que estabeleçam pontes entre tais setores no país, como estratégia de antecipação a situações de conflitos pelo uso da água.

## 2 INTERDEPENDÊNCIA ÁGUA-ENERGIA

Grande parte das tecnologias utilizadas no atual parque de geração elétrica mundial utiliza geradores mecânicos movimentados por água, quer na forma líquida, quer seja na forma de vapor. No Brasil, a participação das usinas hidroelétricas tem caído aos 64%, em troca do crescimento das modalidades termoeletricas e termonucleares, que respondem com 32,5% (EPE, 2016). O uso da água na produção atual de energia, entre eletricidade e combustão, corresponde globalmente a 15% do volume de água global captada, sendo 11% o consumo (SCANLON et al., 2017). Em termos de consumo de água, esse montante corresponde à participação de todo o setor de saneamento na matriz de consumo hídrico médio mundial. As interdependências entre água e energia acontecem não obstante o consumo. O uso não-consuntivo de água para a gera-

ção hidroelétrica desempenha papel decisivo no gerenciamento dos recursos hídricos devido ao controle de grande parte do volume de água armazenado a montante de suas barragens. Na outra mão, tem-se que o consumo energético relacionado ao tratamento e transporte de água no setor de saneamento participa com apenas 2,3% do consumo elétrico do país (SNSA, 2017; EPE, 2016). O consumo de água nos sistemas de irrigação agrícola e na indústria do Brasil corresponde a aproximadamente dez vezes o consumo do saneamento. Portanto, embora não haja dados oficiais, o consumo de eletricidade necessário para o uso da água nos sistemas de irrigação e na indústria, por analogia ao consumo no saneamento, seria razoavelmente estimado em 23% do consumo de energia.

## 3 INTERDEPENDÊNCIA ENERGIA-ALIMENTO

A participação da produção de alimentos no consumo de energia é significativa. A estimativa global aponta que 30% do consumo de toda energia produzida, incluindo-se combustão e eletricidade, é realizado pelo setor agropecuário (SCANLON et al., 2017). Embora não tenha sido encontrado o consumo em nível nacional, essa taxa inclui o consumo tanto dos sistemas de irrigação como o consumo energético do escoamento da produção. Por outro lado, entre 25 e 30% da produção mundial de alimentos é estimada como perda entre os vários estágios do seu percurso, que representa, conseqüentemente, não apenas de perda de energia, mas também de água (SCANLON et al., 2017). Por outro lado, a diversificação da matriz energética no Brasil, a qual inclui combustão e eletricidade, implica na participação de recursos de origem vegetal, como biomassa e carvão vegetal, com 25% da capacidade instalada, enquanto as fontes hidráulicas correspondem sobre a matriz energética com apenas 11% (EPE, 2016). Está prevista até 2024 a manutenção da participação da oferta de biomassa para a geração elétrica de

12,5%, acompanhando o crescimento do parque gerador (EPE, 2015). O aumento da produção de biomassa para a produção de energia, desde os anos oitenta, trouxe impactos na agricultura e, consequentemente, alterações da cobertura dos solos das bacias hidrográficas. Por outro lado, os efeitos dessas pressões sobre os recursos hídricos ainda não foram avaliados quantitativamente no país. Ao mesmo tempo, a atividade agrícola implica sobre as próprias demandas energéticas levando pressão aos sistemas de transportes de carga.

#### 4 INTERDEPENDÊNCIA ALIMENTO-ÁGUA

A agricultura brasileira participa de forma majoritária do mercado doméstico, como também desempenha papel importante no cenário do mercado internacional. Em nível global, assim como no Brasil, a produção de alimentos, em maior ou menor medida é dependente do uso da irrigação, totalizando 70% do volume global de água captada e 90% do consumo desta água, incluindo-se a agricultura de sequeiro (SCANLON et al., 2017). Por outro lado, os conflitos pelo uso da água na atividade agrícola e sua contribuição para a conservação dos recursos hídricos são lados de uma mesma moeda. A qualidade da água bruta em captações da bacia do Piracicaba, por exemplo, com unidades de conservação em menos de 10% da extensão da sua área de drenagem, segundo Medeiros et al. (2011), em relatório ao UNEP-WCMC, gera custos específicos entre 2,5 e 12,9 vezes maior que em captações com unidades de conservação em mais de 15% da sua área de drenagem. Outras atividades econômicas também contribuem para a baixa qualidade da água bruta no local, com o lançamento de um montante elevado de cargas poluidoras remanescentes. Por outro lado, segundo estudos realizados no cerrado, a taxa de recarga direta (diretamente relacionada às vazões de base) apresenta taxas superiores em áreas de plantio

do que em áreas de silvicultura e de vegetação nativa (LUCAS E WENDLAND, 2016). Essa conclusão é reforçada, ainda, pela observação de quedas nas taxas de recarga associadas ao aumento de densidade de ocupação da própria vegetação nativa (OLIVEIRA et al., 2016). A literatura científica descreve o comportamento inversamente proporcional entre a recarga direta e a evapotranspiração e seus mecanismos ainda nos anos 1970 (HOWARD E LLOYD, 1979; SOPHOCLEOUS E PERRY, 1985; FINCH, 1998). De acordo com Finch (1998), a influência negativa da vegetação sobre a recarga direta e, consequentemente, a vazão de base, ocorrem de acordo com a profundidade da zona radicular das plantas. Rost et al. (2008) realizaram estudo global em que quantificaram o consumo de água por evapotranspiração em áreas agrícolas com 7200 km<sup>3</sup> a.a., além de 8155 km<sup>3</sup> a.a. em áreas de pasto. O estudo também quantificou qual o consumo realizado em áreas de conservação, tendo sido obtido com 44.700 km<sup>3</sup> a.a. Comparativamente, a expansão agrícola implica em uma redução da taxa de evapotranspiração em relação a áreas preservadas, em média com 2,8% em escala global, enquanto o efeito sobre as descargas fluviais é de um acréscimo de 5,0% (1.764 km<sup>3</sup> a.a.). O estudo mostra que o cômputo do consumo de água, inclusive para a manutenção do ecossistema, é importante para o gerenciamento dos recursos hídricos, pois, neste caso, permite mensurar a demanda que cabe à preservação de ecossistemas terrestres. Parte do uso de água pela agricultura, ainda, corresponde à vazão necessária para a autodepuração de cargas poluidoras remanescentes lançadas nos cursos d'água. Nesse caso, o uso de água para a autodepuração corresponde a uma sobrecarga adicionada ao ecossistema aquático. A vazão responsável pela autodepuração deve, portanto, ser acrescida ao balanço hídrico de forma superavitária em relação à vazão ecológica. Um período de balanço hídrico inferior à vazão ecológica corresponde a um período de déficit eco-

lógico, cuja valoração econômica ainda permanece sem métodos de avaliação (ARTHINGTON et al., 2006). A determinação do método adequado para a avaliação da vazão ecológica tem sido tema de diversos estudos científicos, ainda não tendo sido encontrada uma metodologia simples para a estimativa desta demanda (e.g. MURPHY et al., 2013).

Usuários agrícolas, portanto, acarretam implicações sobre a oferta de recursos hídricos de duas maneiras: sobre a qualidade da água, não obstante a redução das perdas por evapotranspiração, e pelo consumo expressivo de água, nos casos em que é utilizada irrigação. A produção agrícola brasileira tem sido pressionada também pelo aumento internacional da demanda por água virtual. A China, maior consumidora mundial de soja, em meados dos anos noventa transferiu sua demanda de água referente à produção de soja para outros países interessados em fornecer o produto, inclusive o Brasil, estabelecendo uma transferência internacional de água virtual (BROWN-LIMA, COONEY, CLEARY, 2013). Assim como em nível internacional, o Brasil realiza transferência de água virtual também no próprio país. Bem conhecida por todos, a discrepância de conservação de recursos hídricos na bacia amazônica, bem como a discrepância de valor da terra no sul e sudeste do país, tem levado o produtor de alimento e o gerador de energia a pressionarem cada vez mais aquela bacia em busca da água necessária para suas atividades.

## 5 CONCLUSÃO

A política nacional de recursos hídricos adota o princípio do uso múltiplo dos reservatórios. Conhecer as interdependências entre as demandas hídricas é mapear possíveis cenários de conflitos pelo uso da água atuais e futuros, sendo esse mapeamento o primeiro passo para a construção de um saber técnico-científico que deverá

melhor nortear as políticas nacionais de soluções de conflito pelo uso da água. Tais cenários de conflito tendem a se agravar mediante eventos extremos climáticos (secas e inundações), ambientais (degradação dos mananciais) e sócio-econômicos (crescimento das demandas). Por sua vez, os cenários de déficit hídrico, que possuem um determinado período de retorno planejado para pelo menos 10 anos, tornam-se cada vez mais intensos e frequentes, devido ao crescimento da demanda e à degradação dos recursos hídricos, produzindo secas com desdobramentos inéditos e inesperados a cada novo período crítico. O enfrentamento dos conflitos, por exemplo, durante períodos de seca, é feito, quando possível, por meio do aumento da oferta hídrica, o que, pode-se dizer, é um paradigma utilizado frequentemente pela engenharia nacional. Em determinadas situações em que o aumento de oferta hídrica implica em custos impraticáveis, como por vezes o da desapropriação, devido ao elevado valor da terra em economias mais desenvolvidas, torna-se necessário buscar soluções alternativas, sendo para isso necessário que haja a viabilização destas em relação àquelas. O momento no qual ocorre a substituição de uma solução que exhibe custos impraticáveis pela busca de novas soluções consiste em uma quebra de paradigma, conforme bem descrevem Gleick e Palaniapapn (2010). O período crítico prolongado dos últimos seis anos e os custos impeditivos de algumas transposições no estado da Califórnia, Estados Unidos, por exemplo, tem levado o governo a implantar programas de conservação e reuso de água, ainda que em princípio estes tenham custos duas a quatro vezes mais altos que a implantação de reservatórios no passado (MARIE, 2016). No Brasil, a ocorrência de um período de estiagem com período de recorrência de 100 anos e os conflitos pelo uso da água nas regiões hidrográficas economicamente mais ativas do país (Paraná, Atlântico Leste e São Francisco) configuraram o período de escassez

de água mais severo e impactante à economia brasileira da história (BRAGA E KELMAN, 2016; KELMAN, 2015). As mudanças de paradigma por que passaram a matriz elétrica e a matriz agrícola nacionais, que levaram respectivamente a sua descentralização e expansão, têm configurado cenários de conflitos pelo uso da água no Brasil e no mundo. Esse fato aponta para o esgotamento do modelo de solução baseado na expansão da oferta hídrica, que evidencia a necessidade de soluções institucionais de conservação da água, quer no meio ambiente, quer no âmbito da atividade usuária.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA B., KELMAN J. Facing the challenge of extreme climate: the case of Metropolitan Sao Paulo. **Water Policy**. Disponível em: <http://wp.iwaponline.com/content/early/2016/10/27/wp.2016.113.abstract>.
- BROWN-LIMA, C., COONEY M., CLEARY D. An overview of the Brazil-China soybean trade and its strategic implications for conservation. **The nature conservancy**. 2013. p21.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2016**. Rio de Janeiro. 2016. 292p.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Brasília. 2015. 467p.
- FINCH, J.W. Estimating direct groundwater recharge using a simple water balance model – sensitivity to land surface parameters. **Journal of Hydrology**, Volume 211, Ed. 1–4, Novembro 1998, Págs. 112–125.
- GLEICK P.H., PALANIAPPAN M. Peak water limits to freshwater withdrawal and use. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 107 (25 ): 11155–11162 DOI: 10.1073/pnas.1004812107, 2010.
- HOWARD, K.W.F., LLOYD, J.W. The sensitivity of parameters in the Penman evaporation equations and direct recharge balance. **Journal of Hydrology**, Volume 41, Issue 3, 1979, Pages 329–344.
- KELMAN J. Water Supply to the Two Largest Brazilian Metropolitan Regions. **Aquatic Procedia** 5: 13–21 DOI: 10.1016/j.aqpro.2015.10.004. 2015.
- LUCAS, M., WENDLAND, E. Recharge estimates for various land uses in the Guarani Aquifer System outcrop area. **Hydrological Sciences Journal**. v61(7). pp1253–62. 2016.
- MARIE, S. S. **What Will Be the Cost of Future Sources of Water for California?** Relatório à CPUC. EUA, CA, 16p. 2016.
- OLIVEIRA, P. T. S., LEITE, M. B., MATTOS, T., NEARING, M. A., Russell, L. S., XAVIER, R. o., MATOS, D. M. S., WENDLAND, E. Groundwater recharge decrease with increased vegetation density in the Brazilian cerrado. **Ecohydrology**. v10(1). 2016.
- ROST, S., GERTEN, D., BONDEAU, A., LUNCHT, W. t, ROHWER, J., SCHAPHOFF, S., Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system, **Water Resources. Res.**, 44, W09405. 2008.
- SCANLON, B. R., RUDDLELL, B. L., REED, P. M., HOOK, R. I., ZHENG, C., TIDWELL, V. C., SIEBERT, S. The food-energy-water nexus: Transforming science for society. **Water Resources. Res.**, 53. 2017.
- SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017. 212 p.
- SOPHOCLEOUS, M., PERRY, C. A., Experimental studies in natural groundwater-recharge dynamics: The analysis of observed recharge events, **Journal of Hydrology**, Volume 81, Issue 3, 1985, Pages 297–332.
- WWAP (UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME). 2014. **The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy**. Paris, Unesco.