



Agosto 2016 - ISSN: 1988-7833

## **PRODUÇÃO GLOBAL DE ALIMENTOS E RECURSOS HÍDRICOS: UMA ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE<sup>1</sup>**

**Marcelo da Silva Schuster<sup>2</sup>**  
**Valéria da Veiga Dias<sup>3</sup>**  
**Luciane Rosa de Oliveira<sup>4</sup>**

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Marcelo da Silva Schuster, Valéria da Veiga Dias y Luciane Rosa de Oliveira (2016): “Produção global de alimentos e recursos hídricos: uma análise das dimensões da sustentabilidade”, Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, (julio-septiembre 2016). En línea:  
<http://www.eumed.net/rev/cccss/2016/03/agua.html>

### **Resumo**

O uso desmedido da água já reflete em diversos países com a redução da biodiversidade, mudanças no clima, problemas de saúde e falta de alimentos. Para atender a necessidade de alimentar a população mundial, a produção de alimentos deve crescer substancialmente, o que aumentará ainda mais a pegada hídrica da agricultura que já representa 92% do total. Neste estudo foram analisados os efeitos do uso dos recursos hídricos na produção mundial de soja, considerando os impactos globais para as dimensões da sustentabilidade. A análise indicou que no longo prazo os ganhos econômicos resultantes de alta produção e exportação podem ser reduzidos se o valor da água não for contabilizado. A relação entre uso da água cinza e riquezas nacionais foi maior do que com as demais águas, o que demonstra relação inversa entre preservação e enriquecimento, alertando para os efeitos sociais na saúde e a falta de acesso a água.

**Palavras-chave:** Água virtual; Escassez local; Irrigação; PIB

### **Abstract**

The excessive use of water already reflected in various countries with the reduction of biodiversity, climate change, health problems and food shortage. To meet the need to feed the world population, food production must grow substantially, which will further increase the water footprint of agriculture which is already 92% of the total. In this

<sup>1</sup> Especial agradecimento ao professor Homero Dewes pela colaboração na elaboração deste artigo.

<sup>2</sup> Marcelo da Silva Schuster é mestre em Administração pela UFSM e atualmente é doutorando em Administração pelo Programa de Pós Graduação em Administração, na UFSM, email: Marcelo.schuster@gmail.com;

<sup>3</sup> Valéria da Veiga Dias é mestre em Administração pela UFSM e atualmente é doutoranda em Agronegócio na UFRGS, email: valeria-adm@hotmail.com;

<sup>4</sup> Luciane Rosa de Oliveira é mestranda em Administração pelo Programa de Pós Graduação em Administração na UFSM, email: lucianearh@yahoo.com.br

study the effects of using water resources in world production of soybeans were analyzed considering the overall impact on the dimensions of sustainability. The analysis indicated that in the long run the economic gains resulting from high production and export can be reduced if the value of water is not counted. The relationship between use of gray water and national wealth was greater than with other waters, which shows inverse relationship between preservation and enrichment, drawing attention to the social effects on health and the lack of access to water.

Keywords: virtual water; Local shortages; Irrigation; GDP

## Resumen

El uso excesivo de agua ya se refleja en varios países con la reducción de la biodiversidad, el cambio climático, los problemas de salud y la falta de alimentos. Para satisfacer la necesidad de alimentar a la población mundial, la producción de alimentos debe crecer sustancialmente, lo que aumentará aún más la huella hídrica de la agricultura, que es ya el 92% del total. En este estudio se analizaron los efectos de la utilización de los recursos hídricos en la producción mundial de soja teniendo en cuenta el impacto global sobre las dimensiones de la sostenibilidad. El análisis indicó que en el largo plazo los beneficios económicos resultantes de alta producción y exportación se pueden reducir si el valor del agua no se cuenta. La relación entre el uso de las aguas grises y de la riqueza nacional era mayor que con otras aguas, lo que muestra la relación inversa entre la conservación y el enriquecimiento, llamando la atención sobre los efectos sociales sobre la salud y la falta de acceso al agua.

Palabras clave: agua virtual; La escasez de locales; Riego; PIB

## 1. Introdução

Quando se pensa nos atuais desafios do Agronegócio no mundo é impossível dissociar a questão de produção de alimentos da discussão levantada por Thomas Malthus em 1798 considerando o crescimento populacional e a capacidade de produzir alimentos suficientes sem prejudicar o desenvolvimento econômico dos países (Malthus, 1798). Thomas Malthus não poderia ter previsto o crescimento populacional estável nos países desenvolvidos, bem como novas técnicas de cultivo. No entanto, mesmo que o setor do agronegócio seja capaz de fornecer alimentos suficientes, as preocupações com os impactos ambientais dos métodos de produção ganharam atenção por causa das ameaças para a sociedade (Nunes, Bennett e Marques Junior, 2014).

Atualmente uma nova preocupação é incorporada a essa discussão, a sustentabilidade e o equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental que inclui questões como o bem estar animal, qualidade do uso dos recursos, saúde humana e preservação dos recursos naturais finitos e essenciais como a água, usada como recurso da produção agrícola e sobrevivência de praticamente todos os ecossistemas.

Segundo Nunes, Bennett e Marques Junior (2014) a necessidade de uma agricultura sustentável tem sido discutida a partir da primeira metade do Século XX na obra de conservacionistas de solo, que defendeu “agricultura permanente” (King, 1911; Thompson e Nardone, 1999). Seguindo a mesma linha de pensamento, e por meio de uma abordagem neo-malthusiana, Wackernagel e Rees (1996) sugerem que o conceito de pegada ecológica com base na capacidade de carga dos países. Alertam para problemas com o esgotamento das populações de peixes e outros recursos naturais. Para eles, os ganhos de eficiência não são suficientes para reduzir o impacto ambiental, argumentando que ele leva ao aumento do consumo, que por sua vez aumenta a utilização global de recursos.

Estudos recentes sugerem que o uso atual dos recursos naturais exigiria mais de um planeta e o dobro da produção de alimentos para atender a demanda resultante do crescimento populacional, mudanças na dieta (especialmente o consumo de carne), a menos que haja mudanças dramáticas nos padrões de consumo agrícolas (Foley *et al.*, 2011). O Instituto de Recursos Mundiais reconhece que a produção de alimentos ainda é

a base de muitas economias, mas ameaça os ecossistemas dos quais depende (WRI, 2002).

Com o aumento da produção a demanda global de água doce tende a aumentar rapidamente (Hinrichsen et al. 1.998 , Postel 1999 Rosegrant et al. 2.002 , Shiklomanov e Rodda 2003 , o PNUMA 2003, Gleick , 2004). Além de ameaçar o abastecimento alimentar humano, a escassez de água reduz severamente a biodiversidade em ambos os ecossistemas aquáticos e terrestres (Pimentel *et al.*, 2004).

Segundo (Mekonnen e Hoekstra, 2011) até recentemente, as questões de disponibilidade de água doce, uso e manejo foram abordados em escala da bacia local e nacional. O reconhecimento de que a água doce é um recurso sujeito a mudanças globais e da globalização têm levado um número de pesquisadores a defender a importância de colocar a água doce em um contexto global (Postel et al , 1996; Vörösmarty et al, 2000; . Hoekstra e Hung, 2005; Hoekstra e Chapagain , 2008).

Diante de uma visão mundializada das transações comerciais e interação entre países é necessário considerar a dispersão dos riscos ambientais também em escala global, avaliando o consumo de água de forma mais ampla. Apesar das presentes indagações relacionadas ao ambiente e as atividades humanas, pouca atenção tem sido dada para a sustentabilidade do sistema de água. Este, mais visível por meio do comércio internacional de *commodities* agrícolas, como o soja, que cria uma ligação direta entre a demanda em países da Ásia, por exemplo, e uso da água para a produção de produtos de exportação em países como os Estados Unidos e o Brasil (Chapagain e Hoekstra, 2008).

A soja é uma das principais commodities consumidas no mundo, e sua comercialização têm aumentado rapidamente desde o início da década de 1990, ultrapassando o comércio mundial de trigo e outros grãos (milho, cevada, sorgo, centeio, aveia, milho e grãos variados) (Usda, 2014). De acordo com a FAO (2010) a crescente demanda que acompanha o número de habitantes do planeta exige a necessidade de uma produção adicional de cerca de 950 milhões de toneladas um aumento de quase 45% se mantida a produtividade atual e a soja especificamente necessitaria de um aumento estimado de 35%.

A demanda mundial por soja deve continuar aumentando ao longo da próxima década e a China além de grande produtor, continuará sendo o principal importador mundial, atingindo um volume anual de importação de 112,3 milhões de toneladas em

2024. O volume representa quase o dobro das importações do país neste ano, que deve encerrar em 69 milhões de toneladas. Neste cenário, o Brasil aparece como o principal exportador da oleaginosa, contribuindo com mais da metade de todo o volume comprado no mundo (USDA, 2014).

As exportações brasileiras de soja são projetadas para subir de 24,2 milhões de toneladas para 66,5 milhões de toneladas (57 por cento) durante o período de projeção 2024/25, permitindo ao país reforçar sua posição como o maior exportador mundial de soja. Em 2024, as importações mundiais de soja devem chegar a 151,7 milhões de toneladas. O Brasil é colocado como o principal exportador mundial, com 66,5 milhões de toneladas, seguido dos Estados Unidos, que devem colaborar com 48,7 milhões de toneladas. Em terceiro lugar, aparece a Argentina com 16,3 milhões de toneladas anuais.

Esse grande comércio internacional de soja traz consigo grandes fluxos internacionais de “água virtual” (Hoekstra e Hung, 2005), que podem ser entendidos como o volume de água necessária para produzir uma mercadoria e que é, portanto, embutida nele (Allan 1993). O interesse em água virtual começou a crescer rapidamente uma vez que os primeiros estudos quantitativos foram publicados (Hoekstra e Hung, 2002, Hoekstra, 2003, Chapagain e Hoekstra, 2004, Oki e Kanae de 2004 e de Fraiture et al. de 2004 ).

Em sua essência, a água virtual está relacionada ao comércio indireto de água embutida em determinados produtos, especialmente as *commodities* agrícolas enquanto matéria-prima essencial destes produtos, um valor adicionado que não é contabilizado e pode representar mais do que apenas o equilíbrio da balança comercial de determinado país, mas, sobretudo, sua sustentabilidade ambiental a médio e longo prazo (Chapagain e Hoekstra, 2004).

O conhecimento sobre os fluxos de água virtual que entram e saem de um país pode colocar uma luz completamente nova sobre a escassez de água real de um país, além de apresentar ao mundo um modo de calcular a água efetivamente envolvida nos processos produtivos, que antes não era contabilizada (GIACOMIN; OHNUMA, 2012; (Chapagain e Hoekstra, 2008).

(Hoekstra e Hung, 2002) mapearam o fluxo mundial de *água virtual* dividindo o globo em países exportadores e importadores, que se relacionam formando uma balança comercial. Alguns países e regiões assumem a função central nessa balança e se destacam por sua posição de exportadores. São eles: Brasil, América do Norte, América

Central e também o Sudoeste Asiático. Como importadores, destacam-se os continentes europeu e africano, Oriente médio, e grande parte do continente asiático (Chapagain e Hoekstra, 2008).

No entanto, classificar os países como produtores exportadores e importadores, direcionando a produção a partir da quantidade de terra disponível para cultivo e abundância de recursos como a água é frágil. No caso da soja, a capacidade de mobilização de capitais para a sua produção só se torna possível se esta for plantada em grandes extensões, o que significa uma série de implicações em termos sociais, econômicas e ambientais.

Uma década após a discussão sobre a água virtual emerge o conceito de “Pegada Hídrica” ou Hidrológica introduzida pelo engenheiro hídrico holandês Arjen Hoekstra, em 2002, com o objetivo de criar um indicador de consumo de água que contabilizasse a quantidade de água utilizada na produção de bens e serviços consumidos pelos habitantes de um país ou região, levando em consideração os fluxos com outros países, relacionando água ao consumo. A pegada hídrica de um indivíduo, empresa ou nação é definida como a quantidade total de água potável que é utilizada para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo, empresa ou nação (GIACOMIN; OHNUMA, 2012).

Os quatro principais fatores de determinação da pegada hidrológica de um país são: o volume de consumo (em relação ao Produto Interno bruto - PIB), o padrão de consumo, as condições climáticas (condições de crescimento das culturas agrícolas) e práticas agrícolas (uso eficiente da água). A influência desses indicadores faz com que a pegada varie de país para país.

A pegada hídrica não só mostra a utilização das águas subterrâneas e de superfície, quando a água evapora, retorna a outra bacia ou ao mar ou é incorporada em um produto (água azul), mas também o uso de água da chuva infiltrada (água verde) (Chapagain e Hoekstra, 2007), a água cinza refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes, a partir de concentrações naturais e de padrões de qualidade da água. A principal diferença entre a água verde e azul é que eles são diferentes em seu âmbito de aplicação. Água verde pode ser produtivamente utilizada apenas para a produção agrícola e a produção de biomassa natural (suporte do funcionamento dos ecossistemas), enquanto a água azul pode ser usada para irrigação das lavouras, mas também para vários outros usos da água

na agricultura e industrial doméstica. Tem-se dito que o custo de oportunidade da água azul é geralmente maior do que para a água verde (Chapagain *et al.*, 2006)

De acordo com Mekonnen e Hoekstra, (2011) 92% da pegada hídrica global se refere a agricultura. A China, a Índia e os EUA são os países com os maiores totais de pegadas de água dentro de seu território, com pegadas de água totais de 1207, 1182 e 1053, respectivamente. Mm<sup>3</sup>/ano. Cerca de 38 por cento da pegada de água do mundial encontra-se dentro destes três países. O próximo país no ranking é o Brasil, com uma pegada total de água dentro de seu território de 482 Mm<sup>3</sup>/ano.

Estes mesmos países, junto com a Argentina, também são os 5 (cinco) maiores produtores de soja do mundo (FAO, 2012), além de serem responsáveis por grande parte do fluxo de água virtual mundial (principais exportadores de água virtual brutas juntos respondem por mais da metade da exportação água virtual global, EUA (314 Gm<sup>3</sup>/ano), China (143 Gm<sup>3</sup>/ano), Índia (125 Gm<sup>3</sup>/ano), Brasil (112 Gm<sup>3</sup>/ano) e Argentina (98 Gm<sup>3</sup>/ano).

Considerando os alimentos (grãos) com maior produtividade média (milhões de tonelada por ano) e consumo mundial<sup>5</sup>, a soja ainda é o segundo alimento com maior pegada hídrica média em m<sup>3</sup>/ton (1789), ficando atrás apenas do arroz (2291). Isso levanta a questão de saber se a escolha implícita ou explícita para consumir os recursos hídricos nacionais azuis para produtos de exportação é sustentável e o quanto a escassez de água pode influenciar nos preços ao consumidor no futuro?

Ao identificar o volume, o local e o momento em que ocorre o consumo de água, a pegada hídrica abre a possibilidade para uma gestão mais adequada dos recursos hídricos, evitando a exploração nos locais onde ela é mais escassa e direcionando o consumo para as regiões do planeta onde ela é mais abundante. A pegada hídrica permite ainda avaliar o tipo impacto gerado, azul (água de superfície e subterrânea), verde (chuvas) e cinza (usada para despoluição) (Chapagain e Hoekstra, 2007).

A partir da compreensão que a população mundial continuará a crescer e o uso dos recursos naturais pelo homem, seja na agricultura, transformação industrial ou consumo próprio, vem se esgotando, cabe a reflexão sobre que tipo de impactos o uso da água para produção de alimentos traz para as populações no que tange as dimensões da sustentabilidade. Desta forma, este estudo vislumbra seguinte questão:

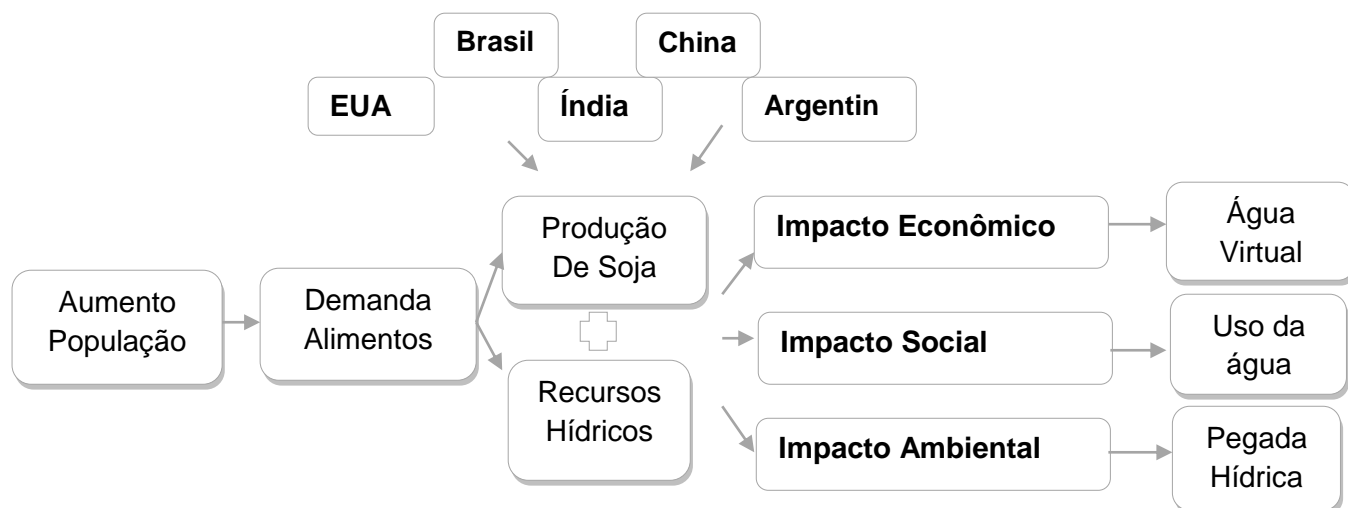
---

<sup>5</sup> Chapagain; Hoekstra (2008)

*Quais são os efeitos econômicos, sociais e ambientais frente ao uso dos recursos hídricos na produção mundial de soja?*

A figura a seguir representa a construção teórico-analítica deste estudo:

**Figura 1 – Modelo teórico- analítico de pesquisa**



Fonte: Elaborado pelos autores

O objetivo deste estudo é comparar o uso da água na produção de soja e seus impactos diversos para cada um dos 5 (cinco) maiores produtores do grão no mundo. Para ilustrar a análise a partir da pergunta de pesquisa utilizou-se a estrutura conceitual do modelo *Triple Bottom Line* e a metodologia *Water Footprint*.

## 2. Método

Para atender o objetivo deste estudo utilizou três fases distintas baseadas na proposta de avaliação de sustentabilidade da *Water Footprint* (Definição do escopo e objetivos, contabilização de dados e da pegada e análise da sustentabilidade). O escopo foi definido como análise dos impactos produzidos pelo uso da água na produção de alimentos. A Coleta dos dados incluiu informações publicados nas bases de dados da FAOSTAT a respeito da produção de grãos no mundo e nos países escolhidos para análise, dados estes confrontados com publicações da USDA para produção, exportação e importação.

A seleção da soja como commodity se deu pela relevância da soja no mercado internacional, pelo tamanho da pegada da soja em comparação com os demais grãos de



alta produção e consumo mundial e pelo grande fluxo de água virtual envolvido na exportação do grão. Para tanto foram usados os dados publicados dos 5 (cinco) maiores produtores de soja do mundo (FAOSTAT, USDA, 2014) Brasil, China, Argentina, Índia e Estados Unidos da América. Os dados coletados foram cruzados com auxílio do Microsoft Excel e SPSS que produziram gráficos e tabelas. Foi realizado o cálculo de correlação entre PIB e Pegada Hídrica utilizando o teste não paramétrico “p” de *Spearman*. O cálculo da Pegada Hídrica foi extraído dos relatórios da *Water Footprint* e o total de água importada e exportada foi calculada usando a produção de soja vezes o total médio de água necessário por tonelada de soja.

A principal fonte de dados e discussão teórica baseia-se nos conceitos de Água Virtual (Allan, 1993) e Pegada Hidrológica (Hoekstra, em 2002) publicadas pela *Water Footprint Network* aliadas ao conceito de Sustentabilidade proposto no Relatório de *Brundtland* lançado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991) em 1987, baseado no *Triple Bottom Line* e suas dimensões para compreensão da Sustentabilidade (econômica, social e ambiental).

Para a fase de avaliação de sustentabilidade optou-se pela descrição de dados e uma discussão com uso de análise de conteúdo para cada dimensão. A dimensão ambiental analisou a pegada hídrica, o uso dos diferentes tipos de água na produção e a comparação entre países. De acordo com a *Water Footprint* uma questão primária para análise é a definição do uso de perspectiva geográfica ou a perspectiva de um processo, produto, consumidor ou produtor. No caso deste estudo optou-se pela perspectiva geográfica (país) para um produto determinado (soja).

Para a análise da dimensão econômica e social utilizou-se como indicadores a comparação entre PIB (GDP) do país e o total de água virtual exportada e importada com a soja, indicando possíveis consequências nacionais do uso indiscriminado para a população.

### **3. Discussão dos resultados**

A proposta deste estudo vislumbra investigar *Quais são os efeitos econômicos sociais e ambientais frente ao uso dos recursos hídricos na produção mundial de soja?* Como já foi discutido, diversas pesquisas (Foley *et al.*, 2011) apontam a tendência de

aumento da população até 2050, o que representa a necessidade de aumento na produção ou nas taxas de produtividade de alimentos entre outras necessidades.

Com este panorama, a produção da soja desempenha um papel essencial como alimento humano e ainda como matéria-prima de diversos subprodutos para pessoas e animais. Os países líderes na exportação do produto (Estados Unidos, Brasil e Argentina) têm papel relevante na conquista de mercados, principalmente ao considerar que os grandes importadores de alimentos como a China, não possuem potencial de expansão de suas áreas plantadas em virtude de limitações geográficas.

De acordo com USDA e FAO os EUA consolidaram-se como maior produtor mundial da soja com produção de 82,6 milhões de toneladas para a safra 2012/2013, praticamente a mesma produção da safra 2011/2012 que 82,0 milhões de toneladas, área plantada de 30,8 milhões de hectares e uma produtividade de 2.679 Kg/ha.

O Brasil aparece como o segundo maior produtor mundial e forte tendência para ser o maior produtor, há dados divergentes, segundo a FAO a safra 2011/12 do Brasil chegou a 65,8 milhões de toneladas, enquanto a Conab afirma que o valor chegou a 74 milhões de toneladas. Para a safra 2012/2013 a produção fica em torno de 81,5 milhões de toneladas e área plantada de 27,7 milhões de hectares e produtividade de 2.939 Kg/ha.

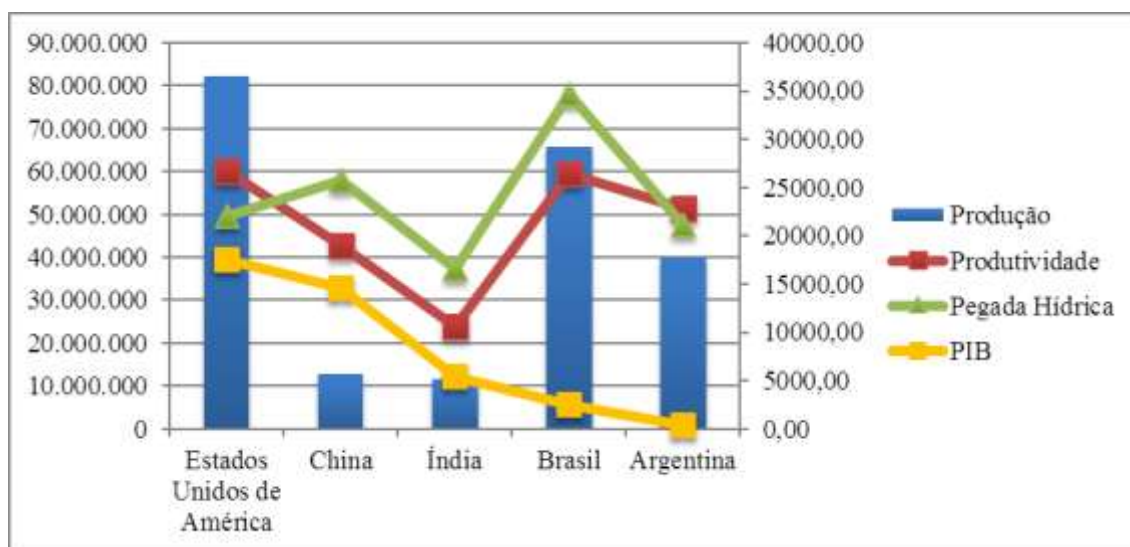
Os maiores produtores (Estados Unidos e Brasil) também são mais eficientes, já que possuem maior produtividade. Em compensação quando se faz uma análise do PIB (riquezas de uma nação) destes países nota-se uma enorme discrepância, já que, mesmo que a soja represente 5% do PIB total do Brasil a diferença entre o PIB Brasil e Estados Unidos é gritante, bem como da China, que possui produção e produtividade inferiores ao Brasil. Dos países analisados o Brasil é um dos países com maior dependência da produção e exportação de grãos dentro da economia. É sabido que o PIB é composto por uma série de itens, inclusive dados de consumo, no entanto neste estudo o indicador serve como fator ilustrativo da dimensão econômica da análise, apesar da soja ser um dos grãos com maior média consumo per capita mundial.

Além de altos dados de produção e produtividade a soja é o grão com 2ª maior média de pegada hídrica do mundo, perdendo apenas para o arroz. Para a produção de 1 tonelada de soja são necessário 1.800 a 2.000 litros de água. A eficiência no uso desse recurso natural finito pode representar ganhos em termos de equilíbrio

ambiental, uso de tecnologia (irrigação, melhoramento de solo etc) e ainda redução de custos e produtividade.

A fim de realizar a análise do uso e impactos do uso da água para a produção de soja a metodologia escolhida foi a da pegada hídrica (*Waterfootprint*) para Brasil, China, Índia, Argentina e Estados Unidos, onde é possível identificar impactos ambientais do tipo verde (proveniente do produto que foi cultivado usando água da chuva), azul (referente ao uso de águas superficiais ou subterrâneas, no caso, a irrigação, por exemplo) ou ainda cinza (relativo a quantidade de água utilizada para despoluição e uso na produção). A Figura 2 ilustra o total da pegada hídrica dos países analisados na produção de soja.

**Figura 2 – Indicadores de produção, produtividade, PIB e pegada hídrica dos maiores produtores de soja do mundo**



Fonte: Elaborado pelos autores

Diante de uma produção e produtividade equivalente aos Estados Unidos, o Brasil é o país com maior pegada hídrica total na produção de soja, seguido da China, Estados Unidos, Argentina e por último a Índia. Em termos de sistemas produtivos destes países pode-se destacar que a forma de cultivo da soja é muito semelhante por se tratar de uma commodity, no entanto o uso da água é bastante distinto para cada país, considerando a quantidade de chuvas, clima e as necessidades em termos de uso da água.

Em termos de área irrigada a China e a Índia são os países com maior quantidade, 54 e 59 milhões de hectares respectivamente, o que representa 32 e 30% de

sua área plantada com grãos. Já os Estados Unidos possuem cerca de 22 milhões de área irrigada (10%) enquanto Brasil e Argentina tem a menor quantidade de área irrigada, 5 (cinco) e 2,1 milhões ( 7% e 6% respectivamente). Esse dado indica que em termos de produtividade Brasil e Argentina ainda podem avançar, já que a tecnologia empregada no cultivo do grão é mínima, gerando uma dependência da condição climática muito maior do que nos demais países.

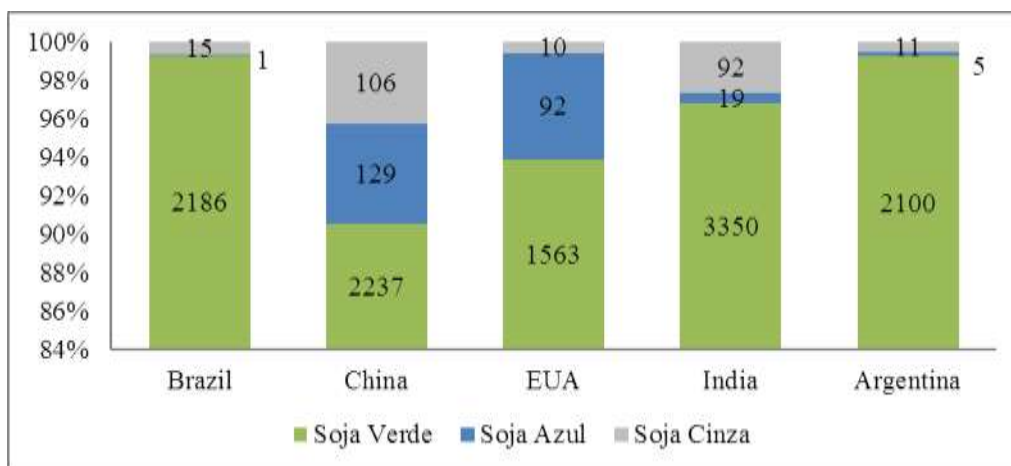
O fato da dependência climática em tais países em parte se deve a grande confiança na quantidade de precipitações médias dos países (1000 e 800 mm respectivamente) bem maior que o total de China e Índia que contam com 176 e 697 mm em média respectivamente. No entanto outro fator que determina o uso do tipo de água é a tecnologia ou no caso do Brasil a falta de *know how* e investimento na implantação da irrigação. Estudos do Ministério da Integração Nacional, por meio da Secretaria Nacional de Irrigação (Senir) além de garantir potencial para irrigação no país, afirmam que áreas irrigadas de soja no Centro Oeste tiveram acréscimo de 3,3% no PIB (BRASIL, 2013). Outros estudos (FAMASUL, 2014) afirmam que ganhos de produtividade podem aumentar 60% com a irrigação e pesquisas do Ministério de Integração e da Embrapa indicam que algumas culturas irrigadas já têm incremento de 25% na produtividade.

A situação Argentina é bastante semelhante a do Brasil no que tange a irrigação e altos ganhos de produtividade são previstos associados a implementação do pacote tecnológico no país, no entanto é necessário discutir a questão do uso da água azul (superficiais e subterrâneas) para este fim, já que a mesma é finita e precisa de equilíbrio no uso.

### **Dimensão Ambiental**

A partir da discussão anterior entre a produção de soja, produtividade e uso da água foi importante neste estudo identificar de que forma cada país vem utilizando esse recurso. A Figura 3 apresenta um resumo do uso da água na produção de soja dos países estudados.

**Figura 3 – Uso dos diferentes tipos de água na produção de soja dos 5(cinco) maiores produtores do mundo**

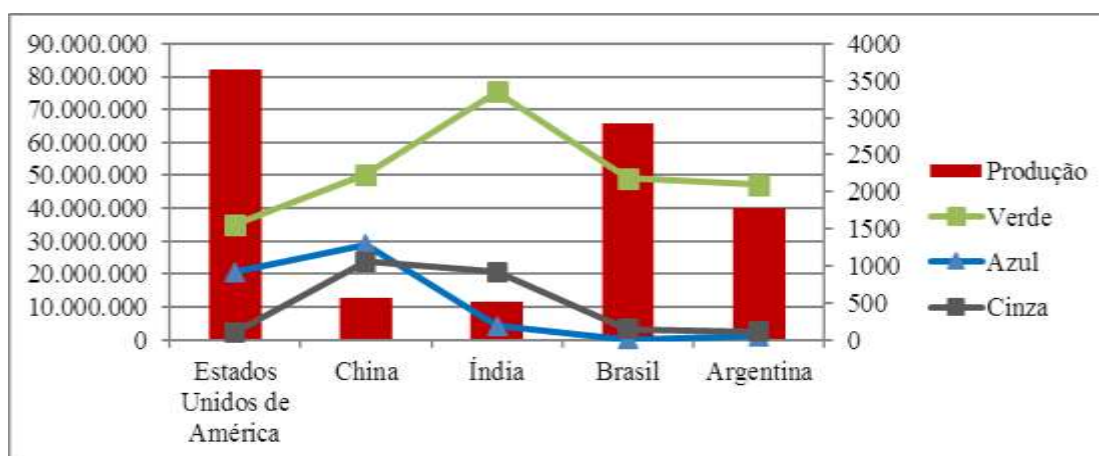


Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Figura 3 apesar do produto soja em média utilizar a mesma quantidade de água para produção de 1(uma) Tonelada, 1789 m<sup>3</sup> de água, cada país optou pelo uso de um tipo de água (WFP, 2002). O Brasil, Argentina e Índia visivelmente utilizam quase que exclusivamente a água verde (precipitação) para a produção do grão, enquanto os Estados Unidos, maior produtor atual junto com o Brasil usa a água verde e azul em grande maioria. O maior uso de água cinza se da na China, que necessita despoluir grande parte de sua água para consumo e uso na agricultura (FAO, 2013).

A Figura 4 compara a pegada Hídrica de cada país calculada pelos pesquisadores da *Waterfootprint* em comparação com sua quantidade de soja produzida:

**Figura 4 - Pegada hídrica média (verde, azul, cinza) por tonelada de soja, ponderada com base no país de origem (m<sup>3</sup>/ton)**



Fonte: Elaborado pelo autores

O destaque ao uso da água verde pode ser encarado de duas maneiras de duas formas, primeira que o uso da água de precipitação (verde) usada na agricultura é um

ganho em termos de escassez de bacias, já que essa água não seria utilizada para outro uso, a não ser escoar no solo. No entanto esse uso indiscriminado também significa dependência na produção de alimentos, o que pode gerar prejuízos diversos em termos econômicos, além da falta de alimentos, já que falta de água na produção determina menor colheita ao produtor.

A água azul usada em maior quantidade pelos Estados Unidos e China significa uso para irrigação, que no caso da China pode ser água resultante de grande tratamento para despoluição (uso de água cinza). De acordo com a FAO (2013) estima-se que, em 2030, o uso da água recuperada na China poderia ser de 20 por cento da oferta total de água. A quantidade de uso de água recuperada para irrigação foi de 0,51 bilhões de m<sup>3</sup> em 2007 e estima-se crescer para 5 bilhões de m<sup>3</sup> em 2015, principalmente para uso em áreas rurais de Pequim, Tianjin e outras cidades de médio para grande. Neste sentido o Brasil precisa estar alerta já que sua quantidade de água cinza já é superior aos Estados Unidos, mesmo com produção e produtividade equivalente.

### **Dimensão Econômica e Social**

O erro no passado de não reconhecer o valor econômico da água tem levado ao desperdício e usos deste recurso de forma destrutiva ao meio ambiente. O gerenciamento da água como bem de valor econômico é um meio importante para atingir o uso eficiente e equitativo, e o incentivo à conservação e proteção dos recursos hídricos. A partir dessa perspectiva sobre os recursos hídricos, todos os aspectos da produção e do comércio nos quais a água esteja envolvida passam a requerer uma nova contextualização (GIACOMIN; OHNUMA, 2012)

A riqueza de um país e o desenvolvimento econômico podem representar o investimento na preservação de recursos naturais e matérias-primas? Os países analisados no estudo estão entre as 10(dez) nações com maior PIB do mundo (Banco Mundial, 2014). A relação entre PIB e preservação ambiental, segundo censo comum tende a ser contrária.

Para verificar a relação entre Pegada Hídrica e enriquecimento (PIB) que é um indicador econômico optou-se em testar a correlação entre tipo de água utilizada na produção de soja e o PIB. Com uso do software SPSS identificou-se que há correlação positiva entre o aumento do PIB e o uso da água (com significância de p em 0,000 para todos).

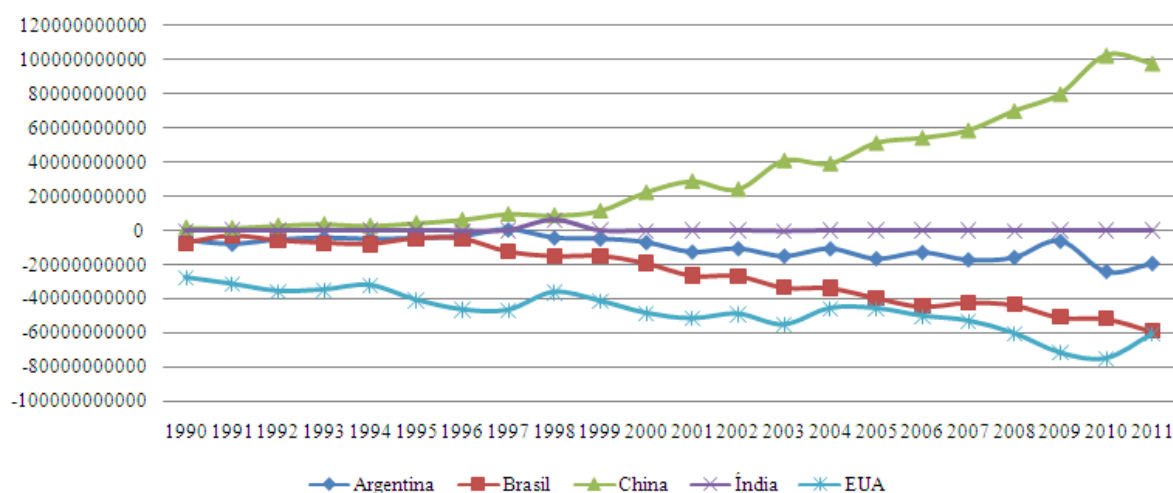
Para a água verde usada na produção de soja a correlação positiva e de intensidade forte ( $\rho = 0,7$ ) (DANCEY e REIDY, 2013), ou seja, quando o uso de água verde aumenta o PIB tende a apresentar crescimento também. Quando se usa água azul a correlação com o PIB é de ( $\rho = 0,49$ ), ou seja, uma correlação positiva e moderada, para a água cinza a correlação foi positiva e de intensidade forte ( $\rho = 0,73$ ). Entre os países analisados os EUA possuem o menor consumo de água cinza, aquela que implica na necessidade de processos diversos e maior uso da água para despoluição. Considerando que a correlação mais forte com o PIB é com este tipo de água, destacam-se a China e a Índia, com as menores produções de soja, estes países podem estar focados em processos industrializados e na importação de alimentos. Outra correlação forte foi a água verde que predomina na utilização dos países analisados e esta relacionada ao consumo de água da chuva, refletindo em menores gastos.

Além da relação entre uso da água e aumento do PIB é possível verificar outras questões relacionadas a efeitos econômicos e sociais. De acordo com (Hoekstra e Hung, 2005) a água deve ser considerada um bem econômico. Sugere-se que os problemas de escassez de água, o excesso de água e deterioração da qualidade da água seria resolvido se o recurso “água” fosse devidamente tratada como um bem econômico. Há uma necessidade urgente de desenvolver conceitos e ferramentas necessárias para fazê-lo.

É um fato que algumas regiões do mundo possuem escassez de água e outras regiões têm água em abundância. Também é um fato que em algumas regiões há uma baixa demanda por água e em outras regiões a alta demanda. Infelizmente, não existe uma relação positiva entre a demanda geral de água e disponibilidade. A questão é como alocar e usar a água disponível de forma mais eficiente? Em uma economia protegida, uma nação terá que atingir seus objetivos de desenvolvimento com recursos próprios. Numa economia globalizada, no entanto, uma nação pode importar produtos que são produzidos a partir de recursos que são pouco disponíveis em seu país e exportar os produtos que são produzidos com os recursos que estão disponíveis em abundância. Um país com escassez de água pode, assim, visar a importação de produtos que requerem uma grande quantidade de água em sua produção e exportação de produtos ou serviços que requerem menos água (Hoekstra e Hung, 2005). Esse processo é o que se chamou de comércio de água virtual, que ocorre por meio de produtos que entram e saem dos países e carregam consigo a água utilizada no processo de produção.

Considerando a exportação de soja e os países estudados pode-se perceber claramente que os maiores exportadores do alimento também são aqueles com maior deslocamento de água de seus países (Estados Unidos, Brasil, Argentina) e a China é o único país que já consegue um saldo positivo entre importação e exportação de alimentos e água virtual, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Balanço de exportação e importação de água utilizada na produção de soja no período de 1990 a 2011.



Em diversas áreas na China e Índia os níveis de lençóis freáticos vêm se reduzindo em cerca de 1-3 metros por ano. As consequências econômicas são cada vez maiores e os danos ao meio-ambiente são sérios e até irreversíveis. Excesso de uso da águas em áreas costeiras pode fazer com a água salgada contamine os aquíferos, tornando-os não adequados para irrigação e para consumo sem um tratamento com grandes dispêndios de recursos econômicos (uso da água cinza). Outra consequência econômica da redução dos lençóis freáticos é que à medida que os níveis de água baixam pelo uso excessivo da água, os custos de extração desta aumentam significativamente, o que pode inviabilizar alguns sistemas de irrigação no futuro (uso de água azul e água cinza) (Bittencourt, 2009).

Países como a China e a Índia, onde a água é um recurso escasso comparativamente, poderiam, assim, visar a importação de produtos que requerem uma grande quantidade de água em sua produção (produtos intensivos em água) e exportação de produtos ou serviços que requerem menos água (produtos extensa de água). Esta



importação de água virtual alivia a pressão sobre os recursos hídricos próprios da nação (Chapagain e Hoekstra, 2008).

É por demasiado simples pensar que uma perspectiva econômica liberalizante para os recursos hídricos equilibraria os dilemas do uso de um recurso cada vez mais escasso como a água. Por essa perspectiva, o comércio iria compensar o uso da água em grande quantidade, tendo em vista o montante monetário arrecadado com a exportação; ou seja, o comércio entraria em equilíbrio por si só. Entretanto, a abundância de recursos hídricos de uma determinada nação não irá necessariamente suprir a demanda internacional, segundo Wichelns (2004); se a produção mundial passar a seguir uma divisão entre “nação abundante” e “nação de escassez” pode inviabilizar a segurança hídrica global. Desta forma, é importante questionar se os grandes exportadores de alimentos, ao aumentar sua produção para a crescente demanda externa, não estariam comprometendo suas reservas de recursos naturais, bem como o abastecimento da população local, que ao contrário da agricultura, costuma pagar pelo serviço e pelo acesso a água.

Considerar a água como produto de exportação indireta nos remete ao processo de dispersão de riscos ambientais em escala global, pois evidencia quem está pagando a conta da escassez dos recursos hídricos de outras regiões do mundo. Todos os produtos brasileiros, norte americanos e argentinos que são exportados, sobretudo os produtos agrícolas, demandam um volume de água para serem produzidos e essa água é “exportada” juntamente com estes produtos (soja, carne ou cana-de-açúcar) sem que seja contabilizada. Por isso, alguns autores sugerem uma visão holística (HOEKSTRA; HUNG, 2004) dos recursos hídricos, pensando em suas faces econômica, política, social e ambiental, em que conste a segurança hídrica para a população e condições de produção industrial e agrícola para os outros setores da sociedade (CARMO, 2007).

### **Considerações Finais**

Diante do crescimento da população mundial e das conseqüentes necessidades de prover o sustento dessa população no planeta, observa-se o papel determinante dos países detentores de recursos naturais, tecnologia e *know how* na produção alimentos e também de água. No entanto a evidente saturação do uso desmedido dos recursos já

destacada em 1968 por Hardin com a eminente “tragédia dos comuns” com o uso comum dos recursos finitos considerando-os como infinitos.

A água vem ganhando uma análise diferenciada como recurso, já que além de essencial para a sobrevivência dos ecossistemas, saúde humana, etc, é um recurso de produção vital para as atividades agrícolas, responsável por grande retirada de água das bacias e rios e enorme impacto global (92% pegada hídrica). A análise global dos recursos hídricos se disseminou com o conceito da água virtual ou água embutida e mais tarde associou a discussão do tipo de água (verde, azul, cinza) usada e seus efeitos locais e globais.

A soja como alimento altamente consumido e exportado representa, portanto, um grande fluxo de água entre países, e as diferenças no uso da tecnologia representam maior ou menor dependência climática (água verde) e possibilidade de escassez em longo prazo devido ao uso não balanceado da água (azul) visando o aumento da demanda de exportação de alimentos e o resultado meramente econômico.

Tendo a sustentabilidade como elemento presente para as atividades do agronegócio atual, cabe uma análise global dos recursos hídricos (demanda, necessidades, abundância), mas também o cuidado para não dividir os países em importadores e exportadores de alimentos, já que essa relação pode representar impactos sociais e ambientais irreparáveis. Pensar os recursos hídricos e as fontes para seu uso, além da falta de mensuração econômica do valor da água para atividades agrícolas, pode ser o ponto de diferenciação na elaboração de estratégias para uma economia aberta e impactada pelas ações de todos.

O Brasil e a Argentina, como maiores áreas de produção e o Brasil especialmente abundante em água deveriam prestar atenção ao uso da água verde, inserção tecnológica e gestão de risco ambiental (água cinza maior que dos Estados Unidos). Vistos como grandes produtores do futuro estes países podem pensar se o ganho econômico compensará o aumento no uso da água no longo prazo? Os Estados Unidos menos dependentes do clima, usa tecnologia de irrigação, mas possui reduzida capacidade de crescimento na produção de alimentos. A China e a Índia com grandes indicadores de poluição da água, que gera altos custos de limpeza para uso na irrigação, consumo e produção, obtêm ganhos ao importar produtos, mas como lidar com o custo social da água?

Destaca-se que o ano de 2015 no Brasil configura-se como o ano de maior crise de água, o que gera consequências em diversas áreas, já que a geração de energia elétrica do país é baseada em hidroelétricas. As consequências econômicas e sociais se ampliam no Brasil e incluem racionamentos, aumento nas contas de luz da população, dificuldade de comercialização de produtos no mercado internacional em virtude do incremento do valor dos produtos brasileiros, entre outros. A busca por padrões e usos mais “sustentáveis” dos recursos vem surgindo como medidas emergenciais e não como prevenção de situações de caos e escassez de recursos.

Cabe essa discussão em esfera nacional e mundial dos impactos sociais e ambientais considerando o uso e as características de cultivo de cada país, capacidade produtiva, área disponível, custo da água para a população, entre outros, visando atividades agrícolas sustentáveis e reflexos para o nível industrial e do consumidor.

Mesmo com limitações da metodologia *Water Footprint* que considera os países de maneira global, sem suas diferenças internas de clima, produção, precipitação, etc fornece subsídios ao relacionar-se a outros dados de análise.

## Referências

BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Programa Mais Irrigação**. 2013. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2013/04/agricultura-irrigada-impulsiona-ganhos-de-produtividade-nas-cinco-regioes-do-pais>. Acesso em: 12/05/2014.

BITTENCOURT, Mauricio Vaz Lobo. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios. **Economia & Tecnologia**, ano 05, v. 18 – Julho/Setembro, 2009

CARMO, R. L. D.; OJIMA, A. L. R. D. O.; NASCIMENTO, T. T. D. Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. Campinas: **Ambiente & Sociedade X**: 83-96 p. 2007.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum** 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. **Water footprints of nations**. Value of Water Research Report Series: UNESCO-IHE. 1; 2 2004.

\_\_\_\_\_. The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands. **Ecological Economics**, v. 64, n. 1, p. 109-118, Oct 15 2007. ISSN 0921-8009. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000250497800012 >.

\_\_\_\_\_. The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. **Water International**, v. 33, n. 1, p. 19-32, Mar 2008. ISSN 0250-8060. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000256074400004 >.

CHAPAGAIN, A. K. et al. 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**, v. 60, n. 1, p. 186-203, Nov 1 2006. ISSN 0921-8009. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000242034300020 >.

FAMASUL. Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul. Irrigação aumenta produtividade de milho e soja em cerca de 60%. 2014. Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/irrigacao-aumenta-produtividade-de-milho-e-soja-em-cerca-de-60>. Acesso em: 12/05/2014.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Databases. Agriculture. 2010. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download> Acesso em: 04/05/2014.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Guidelines to control water pollution from agriculture in China Decoupling water pollution from agricultural production. Rome, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/019/i3536e/i3536e.pdf> Acesso em: 14/05/2014.

GIACOMIN, George Scarpato, OHNUMA, Alfredo Akira Jr., A Pegada Hídrica Como Instrumento De Conscientização Ambiental. REMOA. v.7, n. 7, p. 1517 – 1526, 2012. (e-ISSN: 2236-1308). Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/remoa/article/viewFile/4979/3286>. Acesso em: 07/05/2014.

FOLEY, J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337-342, Oct 20 2011. ISSN 0028-0836. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000296021100036 >.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. **Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade**. Value of Water Research Report Series UNESCO-IHE. 11 2002.

\_\_\_\_\_. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. **Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions**, v. 15, n. 1, p. 45-56, Apr 2005. ISSN 0959-3780. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000228902700006 >.

MALTHUS, T.R. **An Essay on the Principle of Population, as It Affects the Future Improvements of Society**, with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, Mr. Condercet, and Other Writers London: UK, 1798.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 5, p. 1577-1600, 2011. ISSN 1027-5606. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000291088600017 >.

NUNES, B.; BENNETT, D.; MARQUES JUNIOR, S. Sustainable agricultural production: an investigation in Brazilian semi-arid livestock farms. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 414-425, Feb 1 2014. ISSN 0959-6526; 1879-1786. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000329595700038 >.

PIMENTEL, D. et al. Water resources: Agricultural and environmental issues. **Bioscience**, v. 54, n. 10, p. 909-918, Oct 2004. ISSN 0006-3568. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000224372500009 >.

USDA. **USDA Agricultural Projections to 2023**. Long-term Projections Report OCE, p.97. 2014.

WRI – World Resource Institute. Tomorrow's Market: **Global Trends and Their Implications for Business**, 2002 .Disponível em: <http://www.wri.org> Acesso em: 17/05/2014.