

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUZIADNE KATIUCIA KOTSUKA

AVALIAÇÃO DOS CONCEITOS DE ÁGUA VIRTUAL E PEGADA
HÍDRICA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO DE CASO
DA SOJA E ÓLEO DE SOJA

CURITIBA
2013

LUZIADNE KATIUCIA KOTSUKA

AVALIAÇÃO DOS CONCEITOS DE ÁGUA VIRTUAL E PEGADA
HÍDRICA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO DE CASO
DA SOJA E ÓLEO DE SOJA

Dissertação apresentada como requisito parcial á obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Tobias Bleninger

Co-Orientador: Prof. Dr. Cristóvão

Vicente Scapulatempo Fernandes

CURITIBA
2013

Kotsuka, Luziadne Katiucia

Avaliação dos conceitos de água virtual e pegada hídrica na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da soja e óleo de soja / Luziadne Katiucia Kotsuka. – Curitiba, 2013.

144 f. : il.; graf., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientador: Tobias Bleninger

Coorientador: Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes

1. Água - Consumo. 2. Abastecimento de água. 3. Óleo de soja. I. Bleninger, Tobias. II. Fernandes, Cristóvão Vicente Scapulatempo. III. Título.

CDD 628.1



TERMO DE APROVAÇÃO

LUZIADNE KATIUCIA KOTSUKA

“Avaliação dos Conceitos de Água Virtual e Pegada Hídrica na Gestão de Recursos Hídricos: Estudo de Caso da Soja e Óleo de Soja”

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores:

PRESIDENTE:

Tobias Bleninger
Universidade Federal do Paraná
Orientador

MEMBROS:

Cristovão Vicente S. Fernandes
Universidade Federal do Paraná
Co-Orientador

Ingrid Illich Müller
Universidade Federal do Paraná

Roberto Fendrich
Universidade Federal do Paraná

Regina Tiemy Kishi
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 05 de abril de 2013

Dedico este trabalho
aos meus pais Alberto e Lucia

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e luz durante todos os momentos.

Aos meus pais, Alberto e Lucia, que com amor, dedicação, compreensão e carinho constantes me ensinaram as mais valiosas lições de vida.

Ao Professor Tobias Bleninger, pelo acompanhamento, interesse, entusiasmo, positivismo e disponibilidade demonstrados durante toda a realização deste trabalho.

Ao Professor Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes, pelos valiosos conselhos e incentivo, imprescindíveis nos momentos de dificuldades.

À indústria produtora de soja Imcopa - Importação, Exportação e Indústria de Óleos S.A, pelo excelente atendimento e pela cooperação no fornecimento de dados, essenciais na execução deste trabalho. Em especial, a Elvis Franchetto.

À Cooperativa Agropecuária Cocamar pelas informações fornecidas, em especial a Emerson da Silva Nunes.

À Wilson Bonança, da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, pelos conselhos, sugestões e contribuição neste trabalho.

Aos professores André Virmond Lima Bittencourt, Zeilla Piotto e Armando Caldeira Pires, pelo interesse e fornecimento de materiais e informações à pesquisa.

Ao meu futuro esposo Eduardo, pela ajuda, compreensão e incentivo na realização deste trabalho. Obrigada pelo amor, carinho, amizade e companheirismo.

Ao meu amigo e irmão Alberto, pela força, amizade e conselhos nos momentos de alegrias e tristezas.

À todos meus amigos e familiares pelo estímulo e incentivo durante toda esta trajetória.

O rio atinge seus objetivos,
porque aprendeu a contornar seus obstáculos.

Anônimo

RESUMO

Os conceitos de Água Virtual (AV) e Pegada Hídrica (PH) têm sido muito utilizados como importantes indicadores de consumo de água, sendo cada vez mais aceitos na literatura. Água Virtual constitui a água incorporada em produtos e a Pegada Hídrica representa a água necessária para a produção de um produto. A PH é dividida em três componentes: Verde, Azul e Cinza. A PH Azul refere-se ao consumo de recursos de água superficial e subterrânea, a PH Verde inclui a água proveniente da chuva ou umidade do solo e a PH Cinza refere-se ao volume de água necessário para diluir carga de poluentes. Visando analisar a aplicabilidade dos conceitos Água Virtual e Pegada Hídrica como ferramentas de gestão de recursos hídricos, o presente trabalho revisou os principais conceitos, métodos e ferramentas utilizadas para mensuração da Pegada Hídrica, bem como fluxo de Água Virtual. Para tanto, foram analisados aspectos qualitativos e quantitativos destas ferramentas, a partir de um estudo de caso, conduzido a fim de estimar as Pegadas Hídricas de um produto agrícola (soja) e um produto industrializado (óleo de soja) com a utilização da metodologia WFN – *Water Footprint Network*. Os resultados indicaram que, em média, a PH da soja cultivada na região de Maringá, no estado do Paraná, é de 2.209,4 m³/t, composta por 1.792,7 m³/t de Pegada Hídrica Verde e 416,7m³/t de Pegada Hídrica Cinza. Em adição, a PH do óleo de soja produzido no município Araucária, também localizado no estado do Paraná, com soja oriunda do Mato Grosso, São Paulo e de Maringá, é de 6.201 m³/t. A análise da aplicabilidade dos conceitos de Água Virtual e Pegada Hídrica na gestão de recursos hídricos brasileira resultou na compatibilidade da ferramenta proposta com as considerações existentes. No que se refere ao instrumento de outorga, presente na gestão de recursos hídricos vigente no Brasil, foi observado que é considerada a Pegada Hídrica Verde, Azul e Cinza para concessão de outorga para irrigação agrícola. Nos planos de recursos hídricos, a ferramenta de Pegada Hídrica pode ser utilizada no processo de tomada de decisão sobre alocação do uso de água. Quanto ao instrumento da cobrança deve ser inserida a consideração da transposição de Água Virtual entre bacias.

Palavras-chave: Pegada Hídrica. Água Virtual. Gestão dos Recursos Hídricos.

ABSTRACT

The concepts of Virtual Water (AV) and Water Footprint (PH) have been used as important indicators of water consumption and their acceptance in literature is increasing. Virtual Water means the water embedded in final products and Water Footprint means the water required to manufacture a product. The PH is divided into three components: Green, Blue and Grey. The Blue PH refers to the resource consumption of surface water and groundwater, Green PH is about the water from rain or soil moisture and Grey PH refers to the volume of water required to dilute the pollutant load. To apply those concepts for resource management of water, this thesis reviewed the main concepts, methods and tools used for determining the Water Footprint and the Virtual Water flow. Qualitative and quantitative aspects were analyzed in a case study, to estimate the Water Footprint of an agricultural product (soybeans) and a manufactured product (soybean oil) using the methodology WFN - *Water Footprint Network*. The results indicated that, on average, the PH of the soybeans cultivated in the region of Maringá, state of Paraná, is 2209.4 m³/t, in which 1792.7 m³/t of Green Water Footprint and 416.7 m³/t of Grey Water Footprint. In addition, the soybean oil PH produced in Araucaria, also located in the state of Paraná, with soybeans originated from Mato Grosso, Sao Paulo and Maringá, is 6201 m³/t. Based on the results of evaluation of the concepts of Virtual Water and Water Footprint in Brazilian water resources management, it was verified the compatibility of that tool with the suggested considerations existent. Regarding the instrument of permitting, present in water resources management in force in Brazil, it was observed that the Green, Blue and Grey Water Footprint are considered to provide permits for water use for agricultural irrigation. In the plans of water resources, the Water Footprint tool can be used in the process of decision making on allocating water use. The enforcement must include the implementation of Virtual Water between basins.

Key-words: Water Footprint. Virtual Water. Water Resources Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da água doce superficial no mundo	19
Figura 2 - Segurança hídrica como interface entre saúde ecológica e saúde humana	22
Figura 3 - População sem acesso a água potável em 2004 (milhões) - total: 1,1 bilhões.....	24
Figura 4 - População sem acesso a saneamento em 2004 (milhões) – total: 2,6 bilhões.....	24
Figura 5 - Panorama de utilização da água acima da disponibilidade no ano de 1995 e previsão para o ano de 2025	25
Figura 6 - Instrumentos do PNRH	30
Figura 7 - Regiões hidrográficas do PNRH	32
Figura 8 - Fluxo decisório e operacional do controle do balanço hídrico nos processos de solicitação de outorga	36
Figura 9 - Exemplos de valores de Água Virtual PARA diversos produtos	42
Figura 10 - Contribuição dos maiores consumidores de pegada hídrica global.....	46
Figura 11 - Fases de execução da Pegada Hídrica	47
Figura 12 - Representação da consideração de Pegadas Hídricas para irrigação, armazenamento e transporte de água.....	54
Figura 13 - Esquema do processo de adição de cadeia para cálculo de Pegada Hídrica de produtos	59
Figura 14 - Esquema do processo de abordagem acumulativa para cálculo de Pegada Hídrica de produtos	61
Figura 15 - Fluxo de Água Virtual importada e exportada no mundo.....	62
Figura 16 - Representação gráfica da composição da Pegada Hídrica.....	67
Figura 17 - A concepção de uma bacia hidrográfica como uma unidade de processo	72
Figura 18 - Etapas da Avaliação do Ciclo de Vida de um produto.....	75
Figura 19 - Fases de um estudo de ACV	76
Figura 20 - Produção de soja por países (toneladas).....	81
Figura 21 - Média da produção anual de 1992 a 2010 dos cinco maiores produtores mundiais de soja (milhões de toneladas)	81
Figura 22 - Produção anual dos cinco maiores produtores mundiais de soja no período de 1992 a 2010 (milhões de toneladas).....	82
Figura 23 - Participação na produção de soja por Região Brasileira	83
Figura 24 - Mapa representativo da área plantada de soja no Paraná no ano de 2011.....	84
Figura 25 - Exportação de soja, farelo e óleo no Brasil no período de 2001 a 2013 (milhões de toneladas)	86

Figura 26 - Fases da metodologia Pegada Hídrica contempladas no Estudo de Caso	90
Figura 27 - Interface do software CROPWAT 8.0	92
Figura 28 - Mapa dos solos da região de Maringá	94
Figura 29 - Fluxograma que representa os produtos de entrada, intermediários e de saída da Imcopa	97
Figura 30 - Produtos de entrada e saída da produção de óleo de soja na Imcopa.....	98
Figura 31 - Pegada Hídrica Total da soja na região de Maringá	103
Figura 32 - Comparação entre Pegadas Hídricas da cultura da soja por diversos autores (m ³ /t)	104
Figura 33 - Comparação da Pegada Hídrica da soja com pegadas hídricas de arroz, café, algodão e banana (m ³ /t).....	104
Figura 34 - Pegada Hídrica do processo de produção de óleo de soja (m ³ /t).....	105
Figura 35 - Pegadas Hídricas de diversos tipos de óleos vegetais (m ³ /t)	107
Figura 36 - Relação entre o consumo e exportação de soja no Brasil.....	107
Figura 37 - Mapa do fluxo de Água Virtual da soja produzida pelo Brasil (milhões de m ³).....	109
Figura 38 - Relação entre o consumo e exportação de óleo de soja no Brasil.....	109
Figura 39 - Mapa do fluxo de Água Virtual do óleo de soja produzido pelo Brasil (milhões de m ³)	111
Figura 40 - Capacidade hídrica per capita das regiões hidrográficas Tocantins-Araguaia, Paraná, Paraguai e Amazônica.....	113
Figura 41 - Comparação entre Pegada Hídrica da soja e do café (m ³ /t)	115
Figura 42 - Porcentagem de soja importada de outros estados pela indústria produtora de soja e porcentagem de soja oriunda do Paraná utilizada pela indústria	116
Figura 43 - Instrumentos do PNRH que devem sofrer alterações	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Organização administrativa, serviços e instrumentos de gestão dos Recursos Hídricos na França, Alemanha, Inglaterra, EUA e Brasil.....	28
Tabela 2 - Etapas e descrições das atividades relacionadas aos planos de bacia.....	31
Tabela 3 - Capacidade de armazenamento, população total e capacidade per capita por região hidrográfica.	33
Tabela 4 - Decretos referentes à Gestão dos Recursos Hídricos no Paraná.....	40
Tabela 5 - Aplicações do conceito de Pegada Hídrica.....	44
Tabela 6 - Comparações entre Pegada de Carbono, Pegada Ecológica e Pegada Hídrica.....	66
Tabela 7 - Comparação entre as principais metodologias de quantificação de consumo de água.....	79
Tabela 8 - Valores de produtividade da soja.....	85
Tabela 9 - Capacidade de processamento, refino e envase de óleo de soja por estado.....	87
Tabela 10 - Resultados de Evapotranspiração de referência e Evapotranspiração da cultura da soja na região de Maringá para simulações 1 e 2.....	95
Tabela 11 - Vapores de Água Azul utilizada no processo de fabricação do óleo de soja.....	99
Tabela 12 - Pegada Hídrica Total do transporte rodoviário da soja.....	102
Tabela 13 - Pegada Hídrica do óleo de soja com e sem importação de soja (m ³ /t).....	106
Tabela 14 - Fluxo de Água Virtual da soja produzida pelo Brasil.....	108
Tabela 15 - Fluxo de Água Virtual de óleo de soja produzido pelo Brasil.....	110
Tabela 16 - Resumo dos fluxos de Água Virtual da soja e óleo de soja produzidos pelo Brasil.....	111
Tabela 17 - Simulação de valores de cobrança por transposição de Água Virtual pela indústria de óleo de soja.....	117

LISTA DE SIGLAS

ABIOVE	- Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ACV	- Avaliação de Ciclo de Vida
ANA	- Agência Nacional de Águas
CAD	- Capacidade de Água Disponível
COMTRADE	- Banco de dados estatísticos de comércio de commodities das Nações Unidas
CONAB	- Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	- Estados Unidos da América
FAO	- Food and Agriculture Organization ou Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
GEMI	- Global Environmental Management Initiative ou Iniciativa da Gestão Ambiental Global
IAPAR	- Fundação Instituto Agrônomo do Paraná
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
ISO	- International Organization for Standardization ou Organização de Padronização Internacional
LCA	- Life Cycle Assessment
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PCJ	- Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
PERH	- Política Estadual de Recursos Hídricos
PNRH	- Política Nacional dos Recursos Hídricos
PNUMA	- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PIB	- Produto Interno Bruto
SINGREH	- Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRI	- Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio
UNDP	- United Nations Development Programme ou Programa das

	Nações Unidas para o Desenvolvimento
UNESCO	- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization ou Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
USDA	- United States Department of Agriculture ou Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América
WBCSD	- World Business Council for Sustainable Development ou Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável
WFN	- Water Footprint Network ou Rede da Pegada Hídrica
WWF	- World Wide Fund For Nature ou Fundo Mundial para a Natureza

LISTA DE SÍMBOLOS

α	-	Fração de lixiviação
β	-	Fator de conversão
Σ	-	Somatório de números
AV	-	Água Virtual
AV _E	-	Água Virtual exportada
AV _I	-	Água Virtual importada
CAD	-	Capacidade de Água Disponível
C _{Azul}	-	Consumo de água Azul
C _{Verde}	-	Consumo de água Verde
c _{max}	-	Concentração máxima admissível do poluente no corpo de água
c _{nat}	-	Concentração natural do poluente no corpo de água receptor
d _{pc}	-	Duração do período de crescimento das plantas
E	-	Quantidade exportada do produto
ET ₀	-	Evapotranspiração de referência
EVAP _{AVE}	-	Evaporação da Água Verde
EVT	-	Evapotranspiração diária
EVT _{Azul}	-	Evapotranspiração diária de Água Azul
EVT _{Verde}	-	Evapotranspiração diária de Água Verde
f _p [p,i]	-	Fração do produto
f _y [p]	-	Fração de valor
FLUXO _{AV}	-	Fluxo de Água Virtual
I	-	Quantidade importada do produto
I _{Azul}	-	Pegada Hídrica Azul incorporada
INCORP _{AVE}	-	Água Verde incorporada
L	-	Carga do poluente
m[p]	-	Massa do produto final produzido
m[i]	-	Massa de matéria-prima utilizada
m[p,s]	-	Massa dos produto de saída do processo
P	-	Produtividade
P[p]	-	Produção do produto p
PH	-	Pegada Hídrica
PH _{total}	-	Pegada Hídrica total de um processo de crescimento de cultura
PH _{Verde}	-	Pegada Hídrica Verde
PH _{Azul}	-	Pegada Hídrica Azul
PH _{Cinza}	-	Pegada Hídrica Cinza
PH _i	-	Pegada Hídrica de um determinado produto

- PH_{produto} [p] - Pegada Hídrica de um produto
- PH_{produto} [s] - Pegada Hídrica de um processo
- PH_{processo} [p] - Pegada Hídrica do processo que transforma matérias-primas y no produto final z;
- preço[p] - Preço do produto final produzido
- preço [p,s] - Preço do produto de saída do processo
- t - Toneladas
- TQ - Taxa de aplicação de químicos por hectare

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	17
1.1. OBJETIVOS	20
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2. REVISÃO DA LITERATURA: SITUAÇÃO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	22
2.1. SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	22
2.2. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	26
2.2.1. Gestão dos recursos hídricos no Brasil	29
2.2.2. Gestão dos recursos hídricos no Estado do Paraná.....	39
3. ÁGUA VIRTUAL E PEGADA HÍDRICA	41
3.1. ÁGUA VIRTUAL	41
3.2. PEGADA HÍDRICA.....	43
3.2.1. Tipos de Pegadas Hídricas	47
3.2.2. Cálculo de Pegada Hídrica para produtos agrícolas.....	49
3.2.3. Cálculo de Pegada Hídrica de etapas de processos	56
3.2.4. Cálculos da Pegada Hídrica de produtos	58
3.2.5. Cálculos de fluxos de Água Virtual.....	61
3.2.6. Diferença entre Pegada Hídrica e Água Virtual	63
3.2.7. Diferença entre Pegada Hídrica, Pegada Ecológica e Pegada de Carbono.....	64
3.2.8. Pegada Hídrica como instrumento de gestão de recursos hídricos	67
3.3. OUTRAS METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA	74
3.3.1. Avaliação do Ciclo de Vida.....	74
3.3.2. Outras metodologias	77
4. AGROINDÚSTRIA DA SOJA.....	80
4.1. SOJA.....	80
4.2. ÓLEO DE SOJA	85
5. ESTUDO DE CASO	88
5.1. COMPILAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS	88
5.2. PEGADA HÍDRICA DA SOJA E DO ÓLEO DE SOJA	89
5.2.1. Pegada Hídrica da soja	90
5.2.2. Pegada Hídrica do óleo de soja	96
5.3. FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL PELA SOJA E PELO ÓLEO DE SOJA.....	102
6. RESULTADOS OBTIDOS.....	103
6.1. PEGADA HÍDRICA DA SOJA.....	103
6.2. PEGADA HÍDRICA DO ÓLEO DE SOJA.....	105
6.3. FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL PELA SOJA E PELO ÓLEO DE	

SOJA.....	107
6.4. ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE PEGADA HÍDRICA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	112
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	119
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
APÊNDICES	136
ANEXOS.....	139

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A importância da água para a existência humana é indiscutível. A água é um recurso essencial, é solvente universal, componente bioquímico dos seres vivos, é o meio de sobrevivência para várias espécies vegetais e animais, atua no desenvolvimento de diversas atividades antrópicas, está presente como insumo na produção de bens e serviços de consumo intermediários e finais, produção de alimentos, de energia, de transporte e de lazer (LIMA, 2001; CARVALHO e RODRIGUES, 2004).

Neste sentido, é crescente a preocupação com a preservação de recursos hídricos e energéticos, especialmente com relação à sua disponibilidade, pois aspectos como a explosão populacional, êxodo rural, aumento da poluição dos recursos hídricos, captação excessiva de águas subterrâneas e alterações climáticas, têm pressionado a segurança hídrica mundial.

A escassez da água frente aos seus usos múltiplos gera redução na disponibilidade e qualidade, materializada tanto na crise atual da saúde, quanto no provimento da alimentação básica. Estes fatores agravam ainda mais os índices de qualidade de vida e outros indicadores sociais de bem-estar para a população (CARVALHO E RODRIGUES, 2004).

Há décadas discute-se sobre quais são as formas de gestão dos recursos hídricos passíveis de evitar ou minimizar problemas de desabastecimento de água no mundo. Neste sentido, questões referentes à disponibilidade, utilização e gestão da água doce têm sido abordadas em escalas locais ou nacionais (LIMA, 2001).

Todavia, alguns autores (HOEKSTRA e HUNG, 2002; ALLAN, 1998) demonstraram que através da visualização da água incorporada nos produtos, pode ser compreendido o caráter global da água doce, e quantificados os efeitos do consumo e do comércio no uso dos recursos hídricos. Esta compreensão poderá servir como base para melhorar e tornar mais adequada a gestão dos recursos de água doce existentes no planeta.

Por meio de estudos sobre a relação entre o consumo e o uso de água, a formulação de novas estratégias de gestão hídrica podem ser elaboradas, atrelando o desenvolvimento regional ao nacional e internacional.

Dentro deste contexto, as metodologias da Pegada Hídrica e Água Virtual podem ter grande utilidade, pois possibilitam avaliar e comparar o consumo de água de diversos produtos. Assim como, determinar o fluxo da água embutida nos produtos entre países ou regiões.

A metodologia de Pegada Hídrica fornece um indicador do consumo da água, que inclui usos diretos e indiretos, utilização de água superficial ou subterrânea, utilização da água da chuva e poluição gerada. Mas, apesar de ser uma metodologia abrangente, e muito aceita no meio científico e empresarial, no Brasil ainda são poucos os estudos realizados nesta área.

Neste cenário, a aplicação destes conceitos em produtos e regiões brasileiras é importante. Principalmente, no que se refere a grandes volumes de exportação, como o complexo soja (grão, farelo e óleo) que representa significativa parcela das exportações brasileiras e do estado do Paraná. O Brasil, atualmente, é o segundo maior exportador mundial de soja, atrás dos Estados Unidos da América (EUA) (FAOSTAT, 2013).

Diante dos aspectos apresentados, o presente estudo visa à análise das metodologias de Água Virtual e Pegada Hídrica na gestão de recursos hídricos brasileira. Tomando como referência para análise a Lei 9.433, e a partir da mensuração dos valores de Pegada Hídrica da soja e do óleo de soja, bem como os fluxos de Água Virtual de ambos os produtos.

As concepções utilizadas para classificar, explicar e enfrentar a escassez e poluição da água partem de pressupostos econômicos e políticos. Dentro dessa perspectiva, propostas de gestão e controle estão sendo apresentados como possibilidades de resolução de atuais e futuros conflitos acerca do uso, quantidade e qualidade da água (CARMO et Al., 2007).

Através da abordagem econômica, emergiu o conceito da água enquanto um bem econômico e passível de uma política econômica e social específica, que visa atender as necessidades e demandas da sociedade. Nesta perspectiva, os aspectos da produção e do comércio nos quais a água está envolvida, passam a requerer uma nova abordagem (CARMO et Al., 2007).

Neste âmbito, o conceito de Água Virtual (AV) explora o comércio “virtual” da água que se encontra embutida na produção de *commodities*. Assim, a água passa a figurar em um comércio internacional, no qual a disponibilidade ou escassez dos recursos hídricos define o papel de uma

determinada região como exportadora ou importadora de água através de produtos.

Portanto, esse comércio equilibraria as nações e forneceria diversidade de produtos aos países com escassez hídrica, que não conseguem produzir *commodities* que consomem grande quantidade de água para sua produção, sem prejuízo para o abastecimento da população (CARMO et Al., 2007).

Neste sentido, cabe ressaltar que o Brasil possui uma posição privilegiada perante a maioria dos países, devido ao grande volume de recursos hídricos localizado no Brasil, conforme pode ser observado na Figura 1. Esta situação pode gerar conclusões errôneas quanto a real disponibilidade de água no Brasil, pois apesar de cerca de 12% de água doce mundial pertencer ao nosso País, 73% desta água se encontra na Bacia Amazônica que é habitada por menos de 5% da população brasileira. Portanto, apenas 27% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para 95% da população (ANA, 2007 e CARMO et Al., 2007).

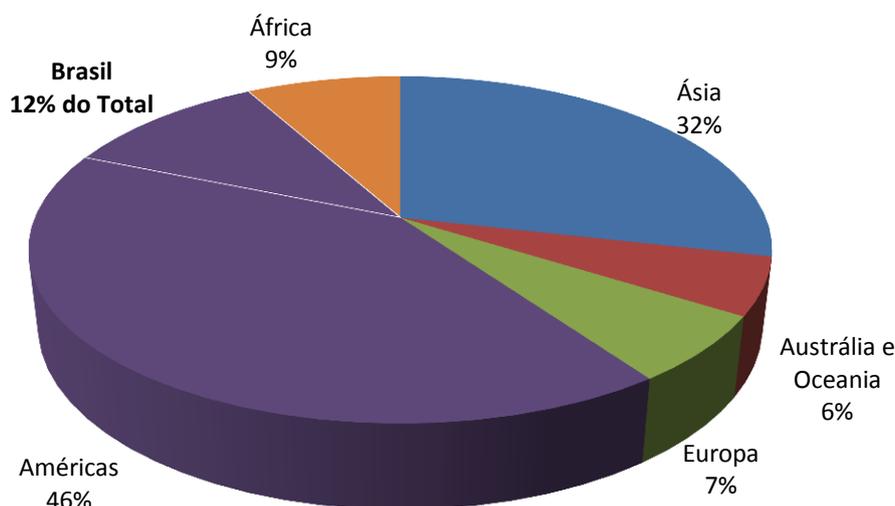


FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DOCE SUPERFICIAL NO MUNDO
Fonte: Adaptado de ANA (2007)

Deste modo, os avanços na gestão da água no País exigem o conhecimento da realidade dos recursos hídricos para definição das ações e das intervenções necessárias.

Os impactos da utilização da concepção de “Água Virtual” e “Pegada Hídrica” devem ser avaliados levando-se em conta que, na atualidade, o Brasil é um dos maiores exportadores de água do mundo.

O estudo dos instrumentos Água Virtual e Pegada Hídrica como ferramenta de gestão no Brasil permite diferenciação na produção de um mesmo produto, que pode demandar volumes diferentes de água, de acordo com as características climáticas locais, rendimento e produtividade da região.

1.1. OBJETIVOS

Como objetivo geral, este trabalho visou analisar a aplicabilidade dos conceitos de Água Virtual e Pegada Hídrica, como ferramentas da gestão dos recursos hídricos no Brasil, através da aplicação dos conceitos e metodologias para os produtos soja e óleo de soja.

Para atingir o objetivo principal desta pesquisa, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- 1º) Avaliar e revisar os conceitos de Água Virtual e Pegada Hídrica, além de conceitos de gestão dos recursos hídricos atualmente utilizados e implementados no Brasil e em outros países;
- 2º) Calcular a Pegada Hídrica para uma cultura agrícola (soja) e para um produto industrializado (óleo de soja);
- 3º) Avaliar os conceitos de gestão de recursos hídricos, através de aplicações da ferramenta na análise específica para o Brasil;
- 4º) Calcular os fluxos de Água Virtual através dos produtos: Soja e óleo de soja do Brasil com demais países;
- 5º) Recomendar de estratégias para implementação dos instrumentos de Pegada Hídrica e Água Virtual como ferramentas para gestão dos recursos hídricos no Brasil.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 9 capítulos. Neste primeiro capítulo é feita uma introdução do tema, justificando a importância dos conceitos de Pegada Hídrica e Água Virtual. Neste capítulo também são apresentados os objetivos e a estrutura do trabalho.

No capítulo seguinte, é abordado o conceito de segurança hídrica, atrelado à contextualização da demanda e disponibilidade de recursos hídricos. Sendo revisados aspectos relevantes sobre a gestão dos recursos hídricos com o intuito de embasar o entendimento do tema abordado.

O terceiro capítulo, aborda os conceitos de Água Virtual e Pegada Hídrica, indicando os tipos de Pegadas Hídricas, metodologia para quantificação desta ferramenta, conceitos sobre a aplicação da Pegada Hídrica como instrumento de gestão dos recursos hídricos e outras metodologias de quantificação de consumo de água.

No quarto capítulo, é feita uma caracterização da agroindústria da soja a nível Nacional, com enfoque na soja e no óleo de soja. De maneira a demonstrar a importância destes insumos no Brasil e no estado do Paraná.

No quinto capítulo, é descrita a metodologia utilizada para avaliar a Pegada Hídrica no estudo de caso. Seguindo a ordem de quantificação da Pegada Hídrica da soja, quantificação da Pegada Hídrica do óleo de soja, quantificação dos fluxos de Água Virtual da soja e do óleo de soja e, por fim, a análise da utilização da Pegada Hídrica na gestão de recursos hídricos.

No sexto capítulo, são apresentados e discutidos os resultados deste trabalho. Em seguida, no sétimo capítulo, são apresentadas as conclusões e limitações do estudo. Por fim, no oitavo capítulo são apresentadas as recomendações para trabalhos futuros, que possam dar continuidade ao trabalho desenvolvido.

2. REVISÃO DA LITERATURA: SITUAÇÃO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

2.1. SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A crescente demanda de recursos hídricos, pela agricultura, indústrias e devido ao crescimento populacional, vem se tornando cada vez mais insustentável em relação à oferta de água, além dos potenciais efeitos nocivos da mudança climática, da disputa por recursos hídricos transfronteiriços e da deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas (GLOBAL WATER SECURITY, 2010).

Neste sentido, surge a importância do tema de segurança hídrica, que envolve a consideração da necessidade de água por todos os setores que consomem ou exploram água, incluindo a indústria, a agricultura, a produção de energia e o uso de água para fins domésticos, tanto nas zonas urbanas como nas rurais (GROBICKI, 2009).

Segundo Norman et Al. (2010), existem muitas definições para o conceito de segurança hídrica. Em geral, a maioria das definições referem-se à integração da qualidade com quantidade de água, relacionando o ambiente natural com água essencial para necessidades humanas. Desta maneira, segurança hídrica pode ser definida através da interface entre saúde ecológica e saúde humana, conforme indicado na Figura 2. Além disso, no entender de Grey e Sadoff (2007), o conceito de segurança hídrica é definido como a disponibilidade de água em quantidade e qualidade aceitáveis para saúde, meios de vida, ecossistemas e produção.

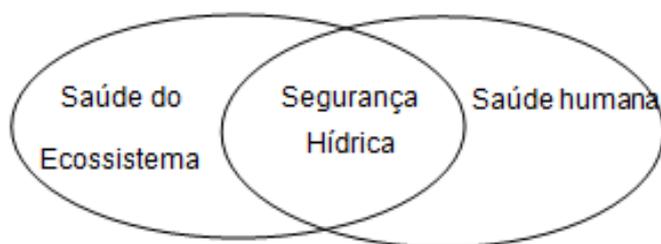


FIGURA 2 - SEGURANÇA HÍDRICA COMO INTERFACE ENTRE SAÚDE ECOLÓGICA E SAÚDE HUMANA

Fonte: Adaptado de NORMAN et Al., (2010)

Para Grobicki (2009), a segurança hídrica é um problema técnico, ambiental e, principalmente, uma questão social que envolve diferentes setores. De forma que, para garanti-la deve ser analisada a sustentabilidade ambiental de sistemas e soluções através da preservação e manutenção de ecossistemas aquáticos. Em concordância, Norman et Al. (2010) afirmam que a segurança hídrica é um conceito amplo de gestão da água, que prioriza o objetivo de proteger ecossistemas e a saúde humana.

Segundo o relatório sobre escassez de água do Programa das Nações Unidas (UNDP, 2006), em diversas regiões do mundo a água é um bem escasso. Conforme pode ser observado na Figura 3 e na Figura 4, atualmente, mais de um bilhão de pessoas não possuem acesso à água potável e cerca de um terço da população do mundo não possui saneamento satisfatório.

Neste contexto, quando a demanda por água excede o montante disponível durante certo período, ou quando a má qualidade restringe o uso da água disponível ocorre o estresse hídrico. Os fatores que geram o estresse hídrico são uma combinação de: Ambiente construído, ambiente biofísico e gestão hídrica. Além da distribuição não uniforme dos recursos hídricos no mundo (GLOBAL WATER SECURITY, 2010; NORMAN et Al., 2010).

O conceito de estresse hídrico é baseado nas necessidades mínimas de água *per capita*, para manter a qualidade de vida adequada, em regiões moderadamente desenvolvidas, situadas em zonas áridas. Parte-se do pressuposto que 100 litros diários (36,5 m³/ano) representam o requisito mínimo para suprir as necessidades domésticas e manutenção de um nível adequado de saúde (GLOBAL WATER SECURITY, 2010).

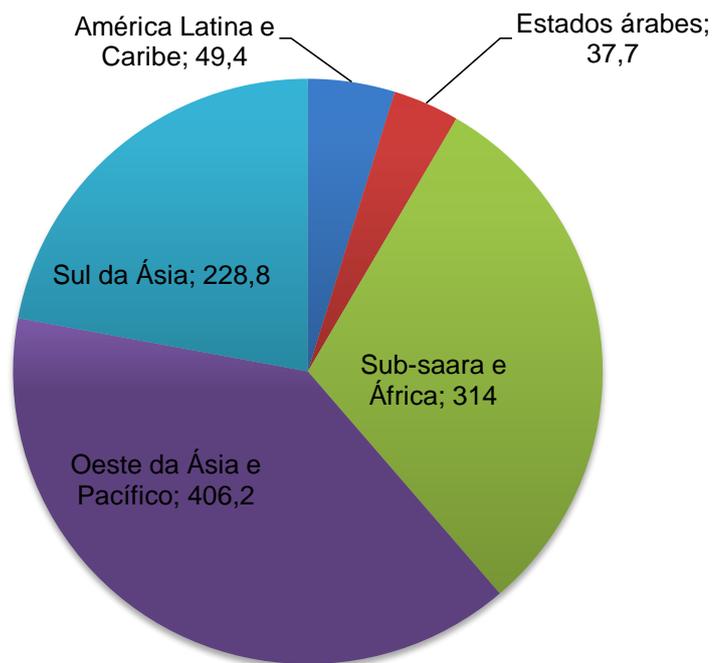


FIGURA 3 - POPULAÇÃO SEM ACESSO A ÁGUA POTÁVEL EM 2004 (MILHÕES) - TOTAL: 1,1 BILHÕES

Fonte: UNDP (2006)

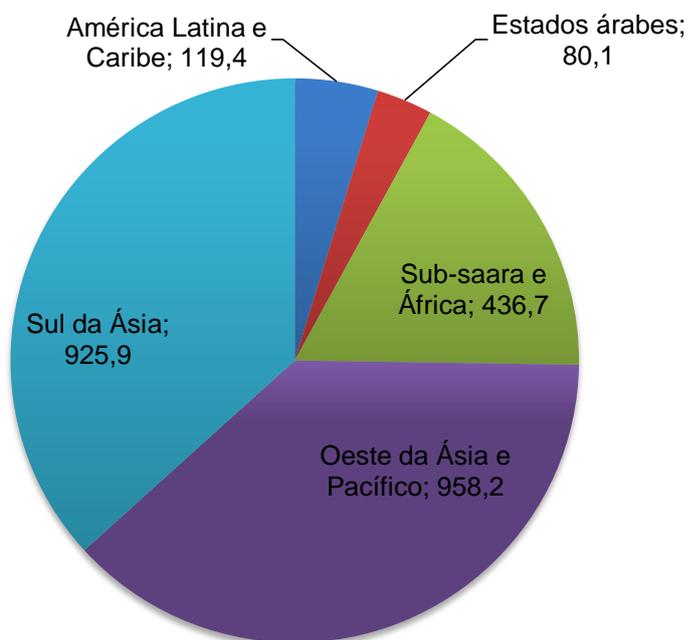


FIGURA 4 - POPULAÇÃO SEM ACESSO A SANEAMENTO EM 2004 (MILHÕES) – TOTAL: 2,6 BILHÕES

Fonte: UNDP (2006)

Em 2025, o estresse hídrico vai aumentar em diversas regiões do mundo, incluindo o Norte da África, o Oriente Médio e a Ásia. A Figura 5 mostra a situação dos países com relação ao percentual de água disponível em 1995 e apresenta previsão para 2025. É previsto que aumentará substancialmente a quantidade de países nos quais a demanda de água supera a disponibilidade em 40% (GLOBAL WATER SECURITY, 2010).

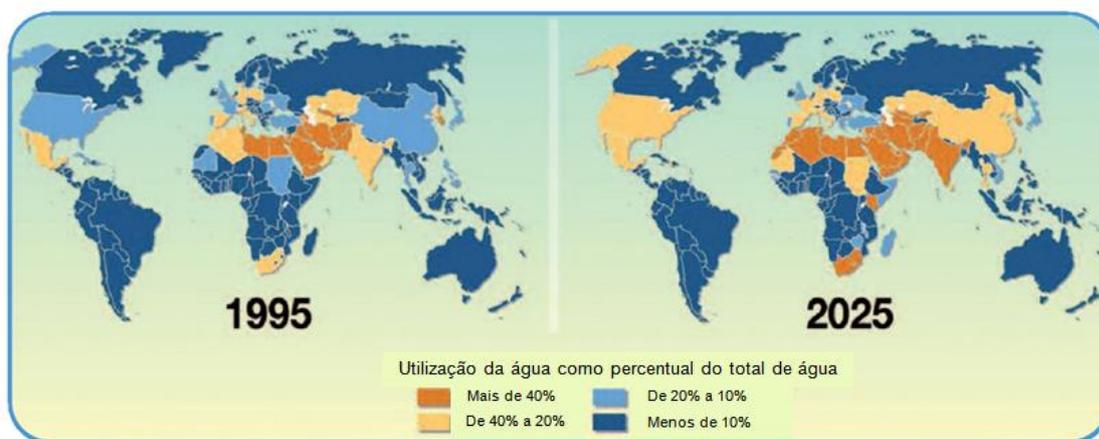


FIGURA 5 - PANORAMA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA ACIMA DA DISPONIBILIDADE NO ANO DE 1995 E PREVISÃO PARA O ANO DE 2025

Fonte: Adaptado de GLOBAL WATER SECURITY, 2010.

O desafio de atingir a segurança hídrica envolve uma escala de complexidade tal, que deve haver a integração da oferta e demanda orientadas por medidas através de melhores governança e gestão, mudança cultural e reformas institucionais. Pois, segurança hídrica não significa apenas água em quantidade suficiente, mas também o real reconhecimento do valor da água e a gestão integrada deste bem (GLOBAL WATER SECURITY, 2010; GREY e SADOFF, 2007; NORMAN et Al., 2010).

Dentre as técnicas, práticas e tecnologias que devem ser utilizadas no âmbito de se atingir a segurança hídrica, estão o gerenciamento da quantidade e qualidade de água, o armazenamento de águas superficiais, uso sustentável de água subterrânea, melhor abastecimento e distribuição da água. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias para utilização de novas fontes de água (como dessalinização e reúso de água) visando o uso eficiente da água. Somada a redução no consumo através da disponibilização de informações aos usuários e gestão integrada dos recursos hídricos, com comunicação entre

as pesquisas acadêmicas, decisões políticas e a participação da comunidade (GLOBAL WATER SECURITY, 2010; NORMAN et Al., 2010, NDWAC, 2005).

Desta forma, a gestão da água através de ferramentas para análise de sustentabilidade, deve facilitar tomadas de decisão e de investimento para o setor da água, com vistas à distribuição eficiente da água e limitação do seu consumo para níveis sustentáveis (GLOBAL WATER SECURITY, 2010).

2.2. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão dos recursos hídricos pode determinar quantidades e qualidade dos usos, e contribuir na distribuição da oferta de água, de forma a estabelecer a segurança hídrica aos usuários dos recursos hídricos. Assim, Hoekstra e Hung (2005) propõem uma visão holística dos recursos hídricos através da consideração das esferas econômica, política e social.

A segurança hídrica deve ser garantida para a população e condições de produção industrial e agrícola para os outros setores da sociedade. Neste sentido, a política de gestão das águas possui configurações diferentes, em função das diversidades com relação às características físicas, políticas, econômicas e culturais; disponibilidade, necessidade e usos de cada região LEAL (1998).

Por exemplo, na Alemanha e no Reino Unido a gestão dos recursos hídricos é centralizada, de maneira que o Governo Federal e os Estados (Alemanha) ou o Ministério do Meio Ambiente (Reino Unido) exercem uma função reguladora e fiscalizadora. Em Portugal, apesar de política centralizadora, modelos baseados na gestão por bacia e modelos de base administrativa têm sido debatidos no sentido da descentralização. Atualmente, em Portugal, as Direções Regionais do Ambiente e Ordenamento desempenham o papel principal na gestão da água.

Enquanto que, na França e Holanda, a gestão é descentralizada, tendo na França o Estado, os Municípios e as Agências de Bacias como os principais agentes, e na Holanda, vários ministérios, que asseguram a coordenação e

integração das políticas ambientais. Em ambos os países, em concordância com a gestão descentralizada, há participação da sociedade por representantes eleitos (RAMOS, 2007; MORENO JÚNIOR, 2006)

Com relação às unidades básicas de gerenciamento de recursos hídricos, muitos países utilizam a unidade de bacia hidrográfica (Brasil, França, Inglaterra e País de Gales). Já em países como Finlândia, Estados Unidos da América, Alemanha e Portugal são utilizadas outras unidades de gestão de recursos hídricos (BORSOI e TORRES, 1997; RAMOS, 2007)

No que se refere à descarga de efluentes, todas as descargas de efluentes e captações devem ter licenciamento ambiental na Alemanha, França, Portugal e Inglaterra. Na Holanda, as captações de águas subterrâneas para fins agrícolas precisam apenas de declaração, sendo cobrada taxa de captação.

Neste sentido, a respeito da cobrança de taxas, os sistemas de cobranças geram receitas que podem ser investidas na própria bacia geradora dos recursos (França), prover incentivos para investimentos (Holanda) e custear o monitoramento e administração (Inglaterra) (RAMOS, 2007).

Quanto às responsabilidades dos órgãos reguladores na França, Finlândia e Estados Unidos da América estão presentes a conservação, desenvolvimento, distribuição e utilização racional dos recursos hídricos; drenagem, depuração de águas domésticas e de outras origens; regeneração e manutenção da qualidade das águas dos rios e de outras águas interiores; desenvolvimento e preservação das utilizações recreativas e culturais das águas interiores. Em adição, no Reino Unido o órgão regulador também é responsável pela utilização das águas interiores para navegação, drenagem de terras e pesca (BORSOI e TORRES, 1997).

De forma resumida, a Tabela 1 apresenta um comparativo da organização administrativa, serviços e instrumentos de gestão de recursos hídricos da França, Alemanha, Inglaterra, Estados Unidos da América e Brasil.

TABELA 1 - ORGANIZAÇÃO ADMINISTRATIVA, SERVIÇOS E INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA FRANÇA, ALEMANHA, INGLATERRA, EUA E BRASIL

	França	Alemanha	Inglaterra	EUA	Brasil
ORGANIZAÇÃO ADMINISTRATIVA					
Sistema Federativo	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Unidade de gestão	Bacia	Região (lander)	Região Hidrográfica	Estado	Bacia
Gestão integrada ou setorial	Integrada	Integrada	Integrada	Setorial	Integrada
Órgão técnico responsável pela integração	Agências de água	-	Autoridades Regionais	-	Agências de água
Órgãos colegiados com participação de usuários	Comitês de Bacia	Sindicato Cooperativo do Vale do Rhur	Não	Não	Comitês de Bacia
Coordenação administrativa nacional	Comitê Interministerial para o Meio Ambiente	Conferência dos Ministros	Conselho Nacional das Águas		Conselho Nacional de Recursos Hídricos
Entidade nacional responsável pelo sistema	Direção de Águas do Ministério do Meio Ambiente	Ministério do Meio Ambiente	Autoridade Nacional de Rios		Agência Nacional de Águas - ANA
SERVIÇOS PÚBLICOS					
Água potável e saneamento	Coletividades locais	Comunidades	Companhias Privadas	Companhias Privadas	Variável
INSTRUMENTOS DE GESTÃO					
Princípio Usuário-pagador (taxação)	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Mercado de direito de uso	Não	Não	Não	Sim	Sim
Planos nacionais	Sim	Sim	Sim		Sim

Fonte: Adaptado de LEAL (1998)

2.2.1. Gestão dos recursos hídricos no Brasil

No Território Brasileiro, em Janeiro de 1997, foi sancionada a Lei 9.433, conhecida como Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). E em 1998, por meio do Decreto 2612, foi criado o Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (BORSOI e TORRES, 1997; DUARTE e MARÇAL, 2010; SILVA e HERREROS, 2011).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Art. 2º tem por objetivos:

I – Assegurar à atual e às futuras gerações, necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade aceitáveis aos respectivos usos.

II – A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

III – A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.”

A Lei das Águas seguiu o modelo de gestão de recursos hídricos adotado pela França, tendo a bacia hidrográfica como unidade para implementação da PNRH. Mas no Brasil, o caráter de gestão é descentralizada e a responsabilidade por tomadas de decisões e gestão é dos governos regionais e locais (BORSOI e TORRES, 1997; DUARTE e MARÇAL, 2010).

Diante da extensão territorial e diversidade brasileira, vários desafios ainda precisam ser superados para lograr-se uma gestão coordenada das práticas de gestão adotadas pelo Brasil (SILVA e HERREROS, 2011).

Para Guimarães e Xavier (2006), a implantação da PNRH demandou a criação de novos mecanismos e instrumentos de gestão, como forma de possibilitar a otimização dos modelos institucionais de gestão já implantados e adquirir experiência e tecnologia para a configuração de novos modelos.

Neste sentido, a PNRH define como instrumentos de gestão dos recursos hídricos: Os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos hídricos em classes, a outorga dos direitos de usos de recursos hídricos, a cobrança pelo

uso de recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

O Sistema de Informações, o Cadastro de Usuários e a Quantidade e Qualidade de Água são determinantes para definição do Plano de Bacia e Outorga. O Plano de Bacia, por sua vez, através de destinações de uso e planos de intervenção, definem o Enquadramento. Além disso, o Plano de Bacia propõe as diretrizes para cobrança e, através de prioridades, determina como deve ser realizada a Outorga. O instrumento de Enquadramento, por meio de níveis de qualidade e Programas de investimentos, direciona o instrumento da Outorga. Em adição, os instrumentos de Cobrança, Plano de Bacia e Outorga dão as diretrizes para Investimentos na Bacia. As relações entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos podem ser observadas na Figura 6.

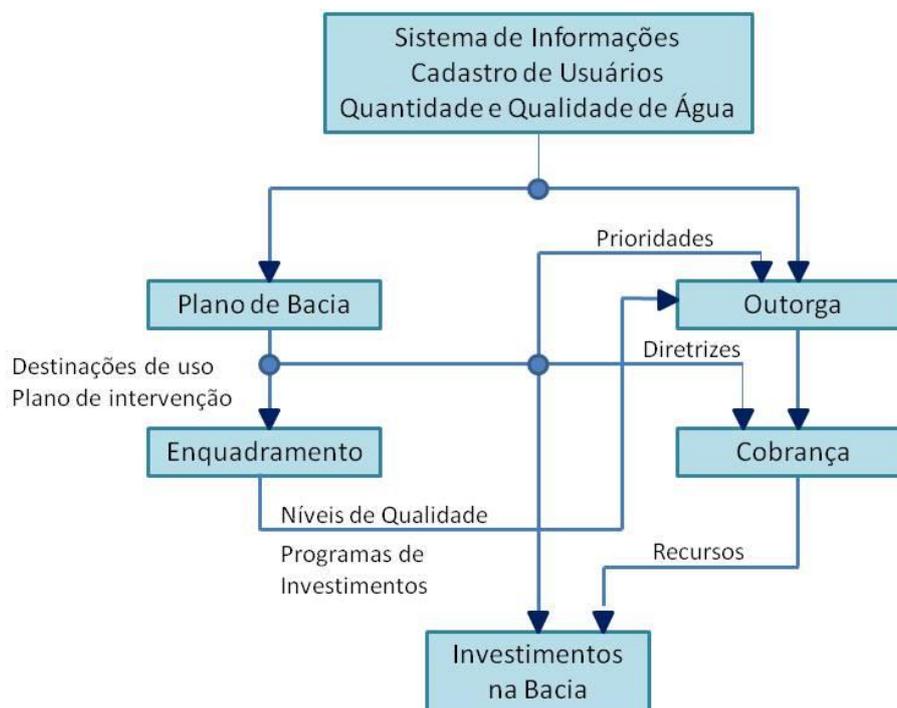


FIGURA 6 - INSTRUMENTOS DO PNRH

Fonte: Adaptado de PEREIRA (2003)

1) Planos de Recursos Hídricos

Os planos de recursos hídricos visam fundamentar a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos (art. 6º da Lei 9.433/97). Os planos de recursos hídricos tem como objetivo:

Orientar as decisões de governo e das instituições que compõe o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, propor a implementação de programas nacionais e regionais, e promover a harmonização e adequação de políticas públicas para buscar o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, de forma a assegurar as disponibilidades hídricas em quantidade e qualidade para o uso racional e sustentável.

Contemplando as etapas descritas na

Tabela 2, os planos de bacias devem ser constituídos por diagnósticos e prognósticos, que contenham a avaliação quantitativa e qualitativa da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica. Em especial, deve ser atentado para o enquadramento dos corpos hídricos, as prioridades para outorga de direito de uso e a definição de diretrizes e critérios para a cobrança (PIRES DO RIO et Al., 2004).

Não obstante, os planos devem conter avaliações da situação atual e potencial de demanda hídrica da bacia, em função da análise das necessidades relativas a diferentes usos e das perspectivas de evolução das demandas. Assim, devem possuir em seu corpo, a avaliação ambiental e socioeconômica da bacia, identificando e integrando os elementos básicos para a elaboração do Plano (PIRES DO RIO et Al., 2004).

TABELA 2 - ETAPAS E DESCRIÇÕES DAS ATIVIDADES RELACIONADAS AOS PLANOS DE BACIA

Etapas	Atividades
Diagnóstico	Informações consideradas relevantes para cada tema (população, uso do solo, etc).
Avaliação dos recursos hídricos	Levantamento e análise de dados.
Definição de metas	Estabelecimento de metas para o gerenciamento de recursos hídricos.
Implementação de ações	Programas, projetos e estudos para realização de investimentos voltados para o gerenciamento da água na bacia.
Grupos de gestão	Acompanhamento dos planos, avaliação de relatórios, organização das audiências públicas.

De maneira a atender aos requisitos da Lei nº 9.433/97 e a PNRH, foi adotada uma sistemática de divisão do Brasil em níveis e codificação, que permite o agrupamento e a subdivisão das bacias hidrográficas, conforme Figura 7. Ao todo, são doze regiões hidrográficas (bacias ou conjunto de bacias hidrográficas contíguas) que abrangem o Território Nacional, onde o rio principal deságua no mar ou em território estrangeiro.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA,2013), no Brasil existem os seguintes planos de recursos hídricos de bacias de domínio da União: Bacia do Rio Doce, Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba, Guarda e Guandu Mirim - PBH-Guandu, Margem Direita do Rio Amazonas, São Francisco, Tocantins-Araguaia e Verde Grande. Dentre os quais, estão em elaboração o Plano da Bacia do Rio Verde Grande e da Bacia do Rio Doce.



FIGURA 7 - REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO PNRH

Fonte: ANA (2012a)

Cabe ressaltar que, com relação às disponibilidades de água por região hidrográfica, através da Análise de Conjuntura de 2012 (ANA, 2012b) observou-se que para determinar o grau de estoque de água das regiões têm sido utilizado o volume de armazenamento em reservatórios artificiais. Pois, segundo informações do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), a comparação do volume armazenado de água *per capita* possibilita identificar o grau de vulnerabilidade hídrica para atender aos usos da água. Na Tabela 3 são apresentadas a capacidade de armazenamento, população total e capacidade *per capita* por região hidrográfica.

TABELA 3 - CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO, POPULAÇÃO TOTAL E CAPACIDADE PER CAPITA POR REGIÃO HIDROGRÁFICA.

RH	Capacidade de Armazenamento (hm ³)	População total em 2010	Capacidade/per capita (m ³ /hab.)
Amazônica	21.140	9.694.728	2.181
Atlântico Leste	14.242	15.066.543	945
Atlântico Nordeste			
Ocidental	-	6.244.419	-
Atlântico Nordeste Oriental	25.992	24.077.328	1.080
Atlântico Sudeste	10.505	28.236.436	372
Atlântico Sul	151.427	13.396.180	11.304
Paraguai	7.470	2.165.938	3.449
Paraná	248.042	61.290.272	4.047
Parnaíba	7.453	4.152.865	1.795
São Francisco	74.062	14.289.953	5.183
Tocantins-Araguaia	115.798	8.572.716	13.508
Uruguai	13.289	3.922.873	3.388
Total	689.420	191.110.251	3.607

Fonte: ANA (2012a)

A análise destes dados revela que a região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia é a que apresenta o maior volume armazenado *per capita* e a região do Atlântico Leste é a que apresenta menor capacidade *per capita*.

Ramos (2007) acrescenta que os estados vêm promulgando leis para gestão das águas sob domínio estadual, que seguem basicamente os mesmos princípios da lei federal.

Além disso, os Planos Estaduais de Recursos Hídricos são instrumentos

dos sistemas implementados nos diversos estados do País, a partir de leis estaduais específicas que instituíram os sistemas de gerenciamento de recursos hídricos e os comitês de bacias hidrográficas. Esses Planos são fundamentados nos planos de bacias hidrográficas, e na maioria dos casos, elaborados através dos comitês de bacias e apresentam diretrizes para as ações, programas e políticas públicas dos Estados no campo dos recursos hídricos.

2) Enquadramento dos corpos hídricos em classes

Este instrumento classifica os corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visando assegurar às águas, qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição (art. 9º da Lei 9.433/97).

A Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece um sistema de classificação das águas e enquadramento dos corpos hídricos relativos às águas doces, salobras e salinas, segundo seus usos preponderantes. E para cada uma das classes definidas, a Resolução CONAMA estabelece limites e condições para um conjunto amplo de parâmetros de qualidade da água (RAMOS, 2007).

3) Outorga dos direitos de usos de recursos hídricos

Tem finalidade de assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso a água (art. 11º e 13º da Lei 9.433/97) através da autorização do direito de uso de recursos hídricos, por prazo determinado.

Os usos que dependem da solicitação de outorga são a captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final (inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo), a extração de água de aquífero subterrâneo (para consumo final ou insumo de processo produtivo), lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos (tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final), uso de recursos hídricos com fins de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos e outros

usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em corpos de água. (ANA, 2013)

A outorga deve ser requerida ao órgão gestor de recursos hídricos do estado e em corpos hídricos de domínio da União a responsável pela emissão de outorgas é a Agência Nacional de Águas (ANA, 2013).

Neste sentido, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2009), o fluxo decisório e operacional para análise do pedido da outorga segue as etapas indicadas na Figura 8, através da metodologia do balanço hídrico.

Mais especificamente, existem seis etapas para avaliação do processo de controle do balanço hídrico:

- I) Demanda por usuário, no qual os dados técnicos são organizados com referência à localização das captações e às vazões utilizadas pelos usuários de água. De maneira que, após a avaliação da consistência dos dados, os registros são organizados em uma tabela padronizada, que é periodicamente revisada e atualizada.
- II) Demanda no trecho, onde os dados de vazões e cargas de poluição de cada usuário são somados em cada trecho de rio. Nesta etapa, dependendo da situação as demandas são caracterizadas por valores máximos instantâneos, médias diárias, mensais ou anuais.
- III) Topologia, onde o arranjo topográfico de trechos de rio de uma bacia é descrito por uma tabela que identifica os dois trechos a montante de cada trecho.
- IV) Demanda acumulada, etapa na qual as demandas a montante de cada trecho da bacia são somadas utilizando-se a topologia e algoritmos específicos.
- V) Disponibilidade hídrica, que é caracterizada por uma vazão de referência fixa em cada trecho de rio, sendo que a vazão de referência é definida a partir de estudos hidrológicos específicos para cada bacia, considerando-se as condições hidrológicas e a infraestrutura existente.
- VI) Simulação. Para cada trecho do rio são calculados indicadores de comprometimento hídrico, dados pela relação entre demanda

acumulada e vazão de referência em cada trecho. Assim, para análise de um novo pedido de outorga calculam-se os indicadores nas situações com e sem o novo usuário na bacia.

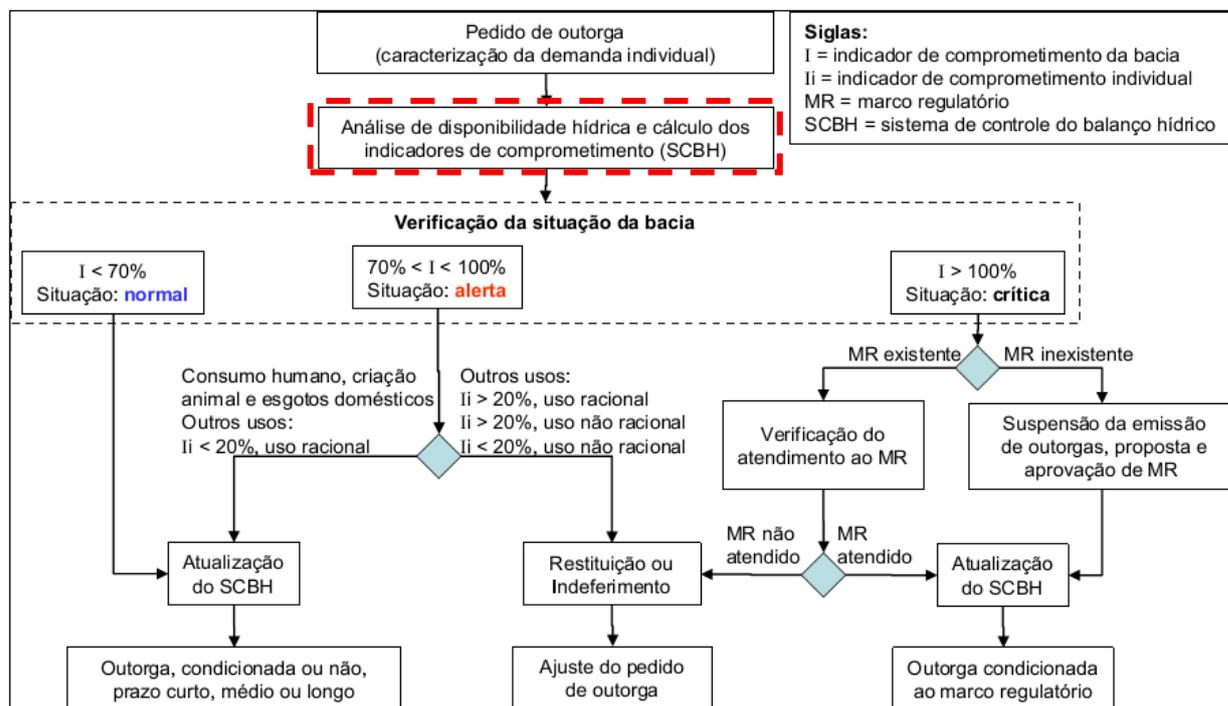


FIGURA 8 - FLUXO DECISÓRIO E OPERACIONAL DO CONTROLE DO BALANÇO HÍDRICO NOS PROCESSOS DE SOLICITAÇÃO DE OUTORGA

Fonte: ANA (2009)

Na etapa destacada em vermelho na Figura 8, análise de disponibilidade hídrica e cálculo dos indicadores de comprometimento, são calculados indicadores de comprometimento de quantidade e de qualidade dos recursos hídricos. Os indicadores de quantidade levam em consideração a quantidade de água que será necessária para exercer uma atividade específica (industrial, agrícola, aquicultura, dentre outros) e os indicadores de qualidade consideram os volumes de diluições necessários para diluir lançamentos de efluentes.

A recomendação da ANA através do “Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas” é de que nos indicadores de quantidade sejam considerados vários aspectos de utilização de água. Nos processos de outorga para uso na irrigação, por exemplo, é recomendado que seja realizada a estimativa de evapotranspiração das plantas, através do software CROPWAT, a fim de

mensurar a água necessária para irrigação das plantas.

4) Cobrança pelo uso de recursos hídricos

A ANA (2013) esclarece que, o instrumento da cobrança tem como objetivo estimular o uso racional da água e gerar recursos para investimentos na recuperação e preservação dos mananciais das bacias. Trata-se de um preço condominial, fixado a partir de um pacto entre os usuários de água e o Comitê de Bacia.

Segundo Borsoi e Torres (1997), o instrumento da cobrança pelo uso da água foi aprovada no País e já está implementado em algumas bacias (Bacia do Rio Paraíba do Sul, nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), na Bacia do Rio São Francisco e na Bacia do Rio Doce), porém são cobrados apenas alguns centavos de real para cada metro cúbico de água retirado da bacia.

Ramos (2007) afirma que as experiências de cobrança pelo uso da água no Brasil ainda são restritas. A Bacia do Rio Paraíba do Sul foi a primeira bacia federal a realizar a cobrança, em 2003. Em seguida, em 2005, foi aprovada a cobrança pelo uso de águas sob domínio da União da Bacia do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. O Estado do Paraná aprovou a cobrança, mas ainda não implementou este instrumento.

De acordo com o Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ (COBRAPE, 2010) a cobrança aplica-se à captação, ao consumo e ao lançamento dos de efluentes e esgotos sanitários lançados nos recursos hídricos.

Assim, conforme o relatório final do Plano das Bacias Hidrográficas PCJ 2010-2020 (COBRAPE, 2010), R\$0,01 por metro cúbico de consumo de água bruta, R\$0,10 por metro cúbico de lançamento de carga orgânica e R\$ 0,015 por metro cúbico de transposição de bacia.

No caso da cobrança pela transposição de bacias, está relacionada aos volumes de água captados para uso interno na bacia e aqueles captados e transpostos para outras bacias, chamada de vazão de transposição. Nesta vazão não é considerada a água embutida nos produtos e matérias-primas (COMITÊ PCJ, 2006).

As transposições internas (entre sub-bacias) são consideradas, somente,

como captação. Já para as bacias doadoras, a transposição assemelha-se a um uso consuntivo, pois a água captada não retorna aos seus corpos hídricos.

Para o usuário, o uso consuntivo corresponde à diferença entre o volume de água captado na bacia doadora e aquele lançado na bacia receptora. Neste caso, a transposição se constitui em uso singular de recursos hídricos. (COMITÊ PCJ, 2006).

De acordo com Ramos (2007), a cobrança pelo uso da água referente aos volumes de água que forem captados e transpostos das Bacias PCJ para outras bacias é feita de acordo com uma equação, que inclui parâmetros de pagamento anual pela transposição de água, peso atribuído ao volume anual de transposição outorgado, peso atribuído ao volume anual de transposição medido, volume anual de água captado, coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d'água no qual se faz a captação, dentre outros. Da mesma forma, é realizado para o cálculo de cobrança de outros usos para as Bacias Hidrográficas PCJ.

Os valores de cobrança praticados na bacia do Rio Paraíba do Sul são similares aos aplicados na Bacia PCJ. Sob o ponto de vista de Ramos (2007), o sistema de cobrança da bacia do Rio Paraíba do Sul, considera apenas três parâmetros de cobrança: Captação, consumo e poluição, somente em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Fato que facilitou a aceitação e a implementação do instrumento.

Dados da ANA (2013) mostram que, em 2011 a cobrança estava implementada em 20 bacias (três bacias hidrográficas de rios de domínio da União e dezessete de domínio estadual), sendo o valor total cobrado de R\$ 121.364.634,70.

5) Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

Este instrumento é uma ferramenta computacional integrada que traduz para a realidade a gestão compartilhada de recursos hídricos prevista na lei brasileira. O objetivo deste instrumento de comunicação é a disseminação de dados e informações qualitativas e quantitativas sobre recursos hídricos no Brasil, integração do acesso a diversas ferramentas desenvolvidas no âmbito do SNIRH

e fornecimento de subsídios para elaboração de Planos de Recursos Hídricos.

No portal do SNIRH estão disponíveis o Sistema de Monitoramento Hidrológico (Telemetria), o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos, mapas diversos (de outorgas, domínio de cursos d'água e abastecimento urbano de água), dentre outras informações.

Além disso, neste portal podem ser encontradas informações de qualidade e quantidade, oriundas do monitoramento hidrometeorológico e da operação hidráulica de reservatórios. Também estão disponíveis dados de postos fluviométricos e pluviométricos, dados históricos de operação hidráulica e séries naturais de vazões reconstituídas.

Este instrumento permite o acompanhamento do grau de implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos, fornece subsídios à elaboração de planos de recursos hídricos e construção de cenários exploratórios.

2.2.2. Gestão dos recursos hídricos no Estado do Paraná

No Paraná a legislação estadual de recursos hídricos em vigência é a Lei 12.726 de 26 de Novembro de 1.999, cujo objetivo foi instituir a Política Estadual de Recursos Hídricos e criar o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. As legislações complementares estaduais são apresentadas na Tabela 4.

Segundo Castro (2005), assim como na Política Nacional dos Recursos Hídricos, na Política Estadual de Recursos Hídricos – PERH (Paraná), a água é um bem de domínio público dotado de valor econômico. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da política e a gestão é descentralizada, contando com a participação do poder público, dos usuários e da sociedade civil. Além disso, os instrumentos da política estadual são os mesmos da política nacional.

Neste sentido, Roorda (2005) esclarece que, com relação ao enquadramento dos corpos de água, os corpos hídricos são classificados de acordo com parâmetros estabelecidos pela resolução nº 357 do CONAMA. Já, com relação à outorga, estão sujeitas a esse instrumento as captações,

derivações de parcela da água existente em um corpo de água, a extração de águas subterrâneas e o lançamento de esgotos.

TABELA 4 – DECRETOS REFERENTES À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO PARANÁ

Decreto	Referente
314/2000	Regulamenta o Conselho Estadual dos Recursos Hídricos
2315/2000	Regulamenta os processos de instituição do Comitê de bacias Hidrográficas
2316/2000	Regulamenta a participação de organizações civis de recursos hídricos no Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
2317/2000	Regulamenta competências da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
4647/2002	Regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FRHI/PR.
4646/2002	Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos e dá outras providências
5361/2002	Regulamenta a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos
1651/2003	Atribui a SUDERHSA função de Agência de Bacia Hidrográfica

Sendo assim, no entendimento de Castro (2005), dentre as principais diferenças entre a política do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a aplicada no Estado do Paraná, são que o órgão gestor nestas bacias é a agência de bacia hidrográfica, além disso outra diferença trata a respeito da isenção da cobrança das captações destinadas à produção agropecuária e a criação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos, que se constitui como instrumento financeiro para a consecução de estudos, ações, planos, programas, projetos, obras e serviços pautados pelos fundamentos, objetivos e diretrizes gerais da Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH.

3. ÁGUA VIRTUAL E PEGADA HÍDRICA

3.1. ÁGUA VIRTUAL

O conceito de Água Virtual foi introduzido por John Anthony Allan em 1998, sendo Água Virtual definida como a água incorporada em *commodities*. Carmo et Al. (2007) afirmam que, em sua essência, esta concepção diz respeito ao comércio indireto da água que está embutida em certos produtos, especialmente em *commodities* agrícolas, enquanto matéria-prima intrínseca desses produtos. De maneira que, toda água envolvida no processo produtivo de qualquer bem industrial ou agrícola passa a ser denominada Água Virtual.

O uso da água está presente na produção de qualquer produto acabado destinado ao consumidor, seja ele alimentício ou bem de consumo. Assim, a água pode estar incorporada ao produto, como é o caso de alguns alimentos, ou pode ser utilizada em seu processo produtivo, conforme afirma Marzullo et Al. (2010).

Para Collado e Saavedra (2010), este conceito consiste em compreender que o consumo de água por seres humanos não é limitado pelo uso direto da água em atividades cotidianas, mas também, pela água existente no conteúdo dos produtos consumidos (alimentos, artigos de higiene pessoal, roupas, etc.). Estes produtos contêm a água utilizada para a sua produção, fabricação e transporte, que deve ser contabilizada e avaliada.

Na Figura 9, é apresentado um exemplo de consumo médio global de água para a produção de um litro de cerveja, e cada quilo de arroz, de manteiga, de leite, de queijo, de batata, de carne de boi, de banana e de carne de frango.

Segundo Carmo et Al. (2007), a produção de um mesmo produto pode demandar um volume de água diferente de acordo com as características climáticas locais, o rendimento e a produtividade desta região, o processo produtivo adotado e a tecnologia implantada.

Neste âmbito, valores médios calculados de consumo de água na produção de diversos produtos podem ser utilizados como ferramenta de conscientização

de uso da água. Pois, através de informações sobre quantidade de água necessária e consumida na elaboração dos bens, pode-se comparar a eficiência dos processos produtivos em processos agrícolas e industrializados.

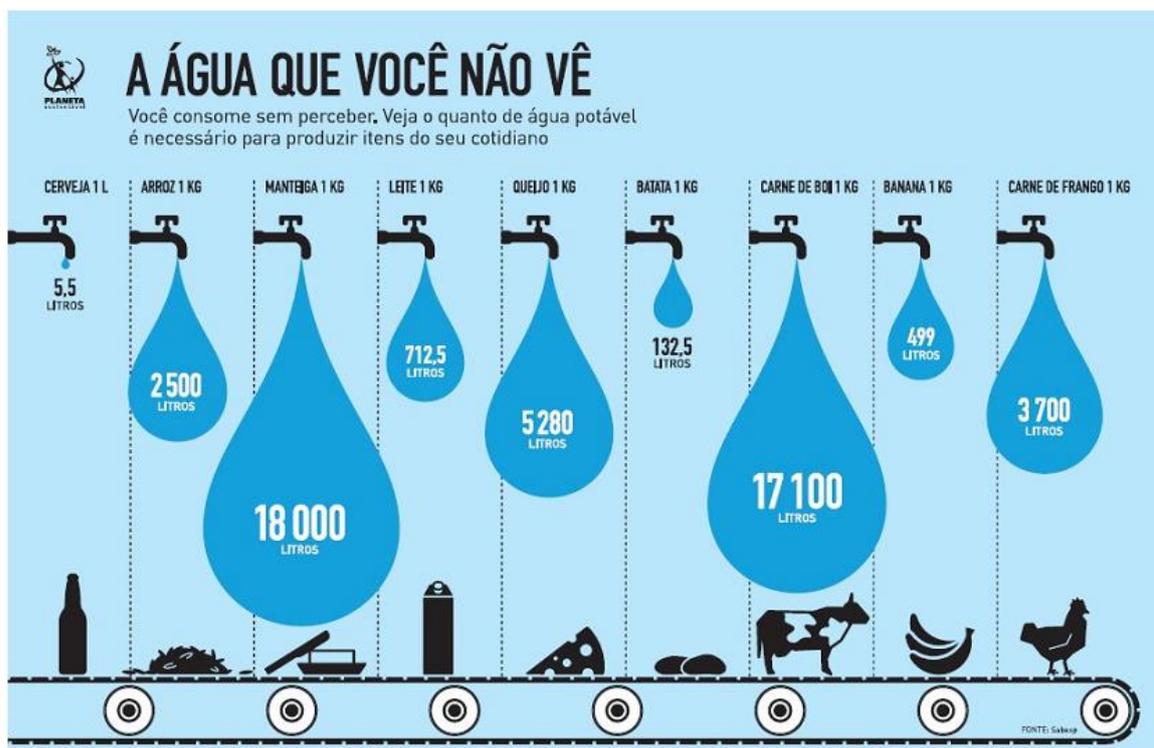


FIGURA 9 - EXEMPLOS DE VALORES DE ÁGUA VIRTUAL PARA DIVERSOS PRODUTOS
Fonte: PLANETA SUSTENTÁVEL (2012).

Outra ferramenta de conscientização interessante envolve o comércio de bens, devido ao fluxo de Água Virtual através de produtos importados e exportados entre países. Os países com escassez de água podem importar produtos que requerem grandes montantes de água para a sua produção, em vez de produzi-los internamente, resultando em economia de água real e alívio de pressão sobre os recursos hídricos. E o país importador pode utilizar a água que seria utilizada para a produção de bens próprios, para outros fins mais nobres (WORLD WATER COUNCIL, 2004).

Com ressalvas, deve-se ressaltar que o comércio internacional de produtos agrícolas depende de diversos fatores e não apenas diferenças de escassez de água entre os países de comercialização. Pois, informações sobre diferenças de disponibilidade de solo, tecnologia, capital, existência de subsídios domésticos, subsídios de exportação ou taxas de importação também são relevantes

(HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007).

Neste sentido, o comércio de Água Virtual entre países ou continentes pode ser utilizado como um instrumento de uso eficiente da água, de maneira a alcançar a segurança hídrica em regiões que sofrem escassez de água (HOEKSTRA e HUNG, 2002).

Desta maneira, o conceito de Água Virtual está associado às ramificações políticas de poder, representando uma alternativa para o problema da má distribuição espacial de água e de pessoas. (HOEKSTRA e HUNG, 2002; TURTON, 2000).

3.2. PEGADA HÍDRICA

Pegada Hídrica é uma ferramenta desenvolvida para o cálculo da água necessária para produção de *commodities*, que representa o volume anual total de água fresca utilizada para produzir os bens e serviços relacionados ao consumo. Este conceito foi introduzido por Hoekstra e Hung (2002), como um indicador para mapear o impacto do consumo humano em recursos globais de água doce.

Usualmente, é expressa em termos de volume por ano e inclui as formas de uso, o consumo e a poluição de água doce que contribuem para a produção de bens e serviços consumidos por habitantes de certa região geográfica (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007).

Segundo Arruda (2010), a Pegada Hídrica pode ser determinada para certo produto, cidades, estados, nações, serviços, negócios, eventos, indivíduos ou habitantes de uma determinada região, conforme pode ser observado na Tabela 5.

A Pegada Hídrica de produtos pode ser determinada através da quantificação da água consumida diretamente (operações) ou indiretamente (cadeia de suprimentos) para produção de um determinado bem. Assim, para o cálculo da Pegada Hídrica de um produto deve-se somar os usos da água em

todas as etapas de ciclo de vida do produto (HOEKSTRA et Al., 2009).

TABELA 5 – APLICAÇÕES DO CONCEITO DE PEGADA HÍDRICA

Pegadas Hídricas	Descrição
Pegada Hídrica de um produto	Somatório das Pegadas Hídricas de todos os processos necessários para a produção do produto (incluindo toda a produção e cadeias de fornecimento).
Pegada Hídrica de um consumidor	Somatório das Pegadas Hídricas de todos os produtos consumidos pelo consumidor.
Pegada Hídrica de uma comunidade	Somatório das Pegadas Hídricas de todos os membros da comunidade.
Pegada Hídrica de uma empresa	Somatório das Pegadas Hídricas dos produtos finais que a empresa produz.
Pegada Hídrica de uma área geograficamente delimitada (municípios, estados, países, bacias hidrográficas, etc.)	Somatório das Pegadas Hídricas de todos os processos que ocorrem dentro da área.

Fonte: Adaptado de HOEKSTRA et Al., (2009).

Como a Pegada Hídrica pode ser aplicada a todo e qualquer produto que utilize água, este conceito ganhou força entre as empresas, devido a questões de responsabilidade social corporativa, imagem e marketing da corporação, riscos no negócio e operações, além da possibilidade de antecipação de controles legais. Este conceito atraiu as companhias multinacionais como Nestlé, Unilever e Pepsi, que admitiram a nova ferramenta de gestão hídrica em seus aspectos produtivos (UNILEVER, 2009; PEPSICO'S WATER REPORT; NESTLÉ, 2009; HOEKSTRA et Al., 2009).

A PH, quando se refere a indivíduos, é calculada a partir da quantidade total de água utilizada para produção de bens e serviços consumidos por este indivíduo, direta ou indiretamente. Neste âmbito, esta ferramenta tem funcionado como instrumento de sensibilização, mudanças de compreensão e de tendências no consumo padrão de recursos hídricos (ARRUDA, 2010).

Com relação a produtos, informações sobre a PH podem ser utilizadas

para a otimização de processos de produção, comparações de eficiências dos processos produtivos, além de determinar escolhas do consumidor. Seixas (2011) sugere que a informação da PH de produtos poderia ser apresentada em seus rótulos. Pois, segundo Arruda (2010), se a informação da PH de produtos for acessível ao consumidor, produtos similares produzidos por diferentes empresas podem ser comparados.

Já quando o conceito de PH está relacionado à gestão hídrica, usualmente, é limitado a uma área geográfica, permitindo a comparação de Pegadas Hídricas de consumo ou poluentes em setores de produção em uma determinada região para tomada de decisão no gerenciamento de água. Sendo assim, a PH pode ser considerada um indicador geográfico, por não se referir apenas a volumes de água consumidos e poluídos, mas também em dimensões temporais e espaciais de determinados eventos (ARRUDA, 2010).

Com relação às Pegadas Hídricas de nações, os fatores que são determinantes são: Os consumos relacionados ao Produto Interno Bruto (PIB), o padrão de consumo, o clima e as práticas agrícolas. Assim, em países desenvolvidos, usualmente, há maior consumo de bens e serviços, resultando em altas Pegadas Hídricas. Na mesma linha, em países subdesenvolvidos, a combinação de condições climáticas desfavoráveis e as más práticas agrícolas contribuem para altos valores de Pegadas Hídricas (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007).

Neste sentido, de acordo com Hoekstra e Chapagain (2007), oito países são responsáveis por 50% da pegada d'água global. Dentre estes países estão Índia (13%), China (12%), EUA (9%), Rússia (4%), Indonésia (4%), Nigéria (3%), Brasil (3%) e Paquistão (2%). Dos quais a Índia, a China e os EUA são os maiores consumidores de água (Figura 10). A PH de único processo, estimada por etapas, pode ser obtida através da quantificação das Pegadas Hídricas de todos os insumos deste processo. Já a PH de um produto final, ou intermediário, corresponde ao consumo de água agregada a todos os processos realizados até a finalização da produção.

Em se tratando da PH como indicador de consumo de água, de acordo com Hoekstra et Al. (2009), o conceito de PH se difere da consideração usual de

consumo de água, por considerar tanto o consumo direto, quanto indireto. Bem como, neste indicador não é considerado o consumo de água, se esta água for restituída ao meio do qual foi retirada.

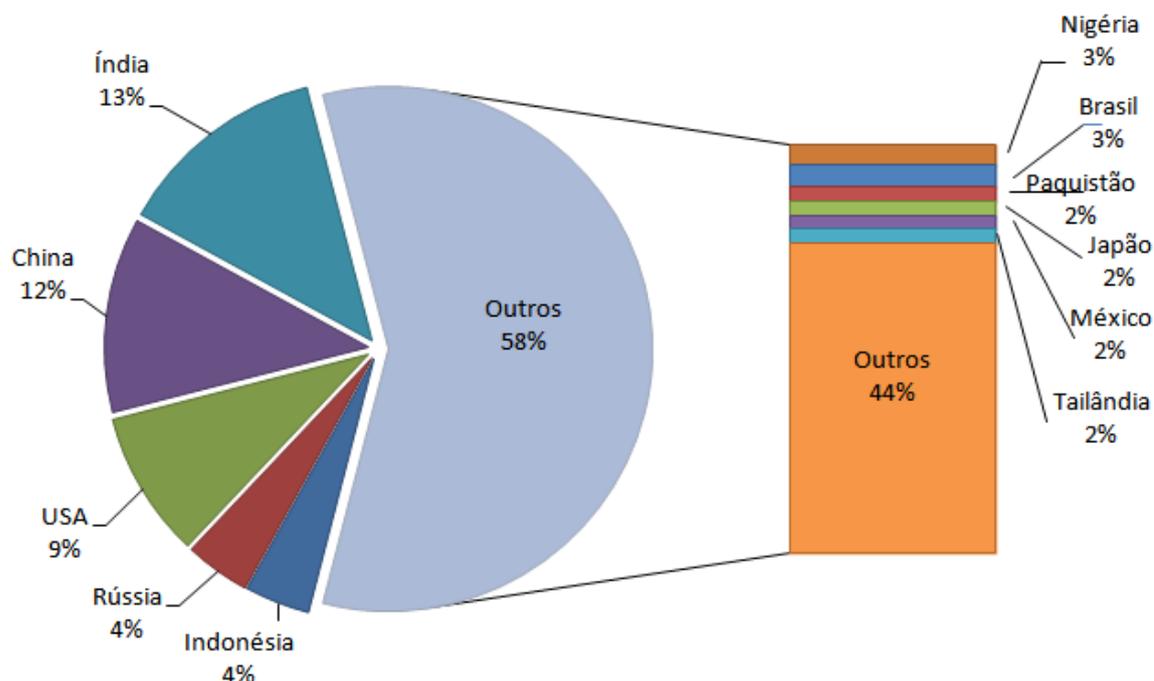


FIGURA 10 –CONTRIBUIÇÃO DOS MAIORES CONSUMIDORES DE PEGADA HÍDRICA GLOBAL.

Fonte: Adaptado de HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2007)

De acordo com Hoekstra et Al. (2009), outro diferencial deste indicador ao conceito clássico de retirada da água, se refere ao consumo de água. No conceito da PH este consumo não se limita ao consumo de água superficial ou subterrânea, mas também inclui a água proveniente da chuva, umidade do solo e a água que se tornou poluída durante o processo que está sendo analisado.

Assim, PH trata-se de uma ferramenta analítica, que pode ser utilizada no entendimento da relação entre atividades e produtos com a escassez de água e poluição. Neste contexto, a metodologia da PH, sugerida por Hoekstra et Al. (2011), se completamente executada, contempla quatro fases distintas, conforme indica a Figura 11.

A primeira fase consiste na definição de objetivos e escopo do estudo. Pina (2010), explica que a definição do escopo depende diretamente do objetivo

definido. No escopo, são definidos os processos, recursos, dados de entrada, entre outros aspectos que podem contribuir para a quantificação da PH desejada.



FIGURA 11 – FASES DE EXECUÇÃO DA PEGADA HÍDRICA

Fonte: Adaptado de HOEKSTRA et AL., (2011)

Na segunda fase, ocorre a mensuração da PH, que inclui a coleta de dados e desenvolvimento dos cálculos. Nesta etapa, o aprofundamento dos cálculos dependerá dos aspectos definidos na primeira fase. Nesta fase, os valores resultantes apresentam as características da PH, como ordem de grandeza e tipo.

Na terceira fase, a ferramenta da PH pode ser avaliada em perspectiva ambiental, econômica ou social. A sustentabilidade da PH vai depender de diversos fatores, dentre os quais cabe ressaltar as condições locais, contexto onde ocorre o consumo de água estudado e características da PH calculada na fase anterior. E a última fase, consiste na formulação de estratégias ou políticas com base nos resultados obtidos para a PH.

Na realização de um estudo que envolva PH, não há necessidade da realização das quatro etapas citadas, pois segundo Hoekstra et Al. (2009) uma avaliação completa da PH é facultativa. Dado que, o modelo de quatro etapas deve ser utilizado como orientação e não como um modelo fixo a ser seguido em todos os estudos, variando de acordo com os resultados almejados em cada estudo específico. No que se refere à quantificação da PH, também é importante observar os tipos existentes de Pegadas Hídricas.

3.2.1. Tipos de Pegadas Hídricas

Dentre as Pegadas Hídricas existentes, estão a Pegada Hídrica Verde, Azul e Cinza. A Pegada Hídrica Verde representa água proveniente da chuva ou

umidade do solo. Esta componente é especialmente significativa em produtos agrícolas, pois representa o total de água evaporada dos campos durante o período de crescimento das culturas (incluindo a transpiração pelas plantas e outras formas de evaporação) (WICHELNS, 2010; ARRUDA, 2010; HOEKSTRA, *et Al.*, 2009).

A Pegada Hídrica Azul, é constituída pelas águas da superfície ou subterrâneas. Na produção industrial e abastecimento doméstico de água, a parcela Azul é o volume de água extraído das fontes de água doce. Na agricultura a Pegada Hídrica Azul também inclui a evaporação da água de irrigação dos campos (WICHELNS, 2010; ARRUDA, 2010; MARZULLO *et Al.*, 2010; HOEKSTRA, *et Al.*, 2009).

A distinção entre PH_{Verde} e PH_{Azul} faz-se importante devido aos impactos sociais, ambientais e hidrológicos. Bem como, devido às diferenças entre custos de uso de água superficial e subterrânea e custos de uso de água da chuva (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007).

Por fim, a Pegada Hídrica Cinza é aquela que se tornou poluída durante o processo produtivo, sendo definida como a quantidade de água necessária para diluir a carga de poluentes a níveis aceitáveis, estabelecidos nos padrões de qualidade e potabilidade existentes. A Pegada Hídrica Cinza refere-se também a água necessária para rebaixar a temperatura da água de resfriamento em indústrias, de modo que a temperatura de despejo seja aceitável pelo corpo receptor. Cabe colocar que, Água Cinza não significa necessariamente entrada de água no sistema. Entretanto, a Água Cinza faz parte da Pegada Hídrica por representar o volume de água que seria necessário para a neutralização total da carga ambiental enviada aos corpos hídricos (MARZULLO *et Al.*, 2010; HOEKSTRA, *et Al.*, 2009; ARRUDA, 2010).

A diferenciação das Pegadas Hídricas é importante, pois pode servir como instrumento de gestão dos recursos hídricos. Por exemplo, a partir de dados de quantidade de Água Verde e Azul utilizadas na produção de alimentos agrícolas, o uso da água Verde pode ser maximizado, e apenas quando absolutamente necessário seria utilizada Água Azul para irrigar as culturas. Adaptando, assim, o cultivo de culturas ao clima das regiões.

Seguindo este raciocínio, temos o exemplo do arroz, que é uma cultura subtropical que necessita de abundância de água para seu crescimento. Nos EUA o arroz é cultivado principalmente nos estados da Califórnia, Arkansas e Louisiana. Os estados de Califórnia e Arkansas não são úmidos e não têm grande incidência de chuva, dependendo exclusivamente de água doce para a irrigação. Em contraste a Tailândia, maior produtora mundial de arroz, cultiva este cereal durante a estação chuvosa, quando há grande disponibilidade de água. Assim, apesar de utilizar grandes quantidades de água, menos de um terço do arroz Tailandês é cultivado sob irrigação. O resultado é tal que, a PH do arroz tailandês é muito inferior à PH do arroz cultivado nos Estados Unidos da América (USDA, 2013; THAI RICE FOUNDATION; ZIGMUNT, 2007, CHAPAGAIN e HOEKSTRA, 2011).

3.2.2. Cálculo de Pegada Hídrica para produtos agrícolas

A contabilização da Pegada Hídrica para culturas agrícolas segue a metodologia apresentada por Hoekstra et Al. (2011). A Pegada Hídrica total de um processo de crescimento de cultura (PH_{total}) é calculada conforme Equação 3.1. As unidades mais utilizadas para representar valores de Pegadas Hídricas totais são m^3/t e litros/kg.

$$PH_{total} = PH_{verde} + PH_{azul} + PH_{cinza} \quad (3.1)$$

Onde: PH_{total} = Pegada Hídrica total de um processo de crescimento de cultura;
(m^3/t)

PH_{Verde} = Pegada Hídrica Verde (m^3/t);

PH_{Azul} = Pegada Hídrica Azul (m^3/t);

PH_{Cinza} = Pegada Hídrica Cinza (m^3/t);

Segundo Neto (2011), as diferenças percentuais em valores de PH para mesmas culturas cultivada em regiões diferentes, podem chegar a valores

significativos de diferenças percentuais. Isso é devido ao fato da quantidade de água utilizada para a produção ou cultivo dos produtos serem variável, dependendo das características climáticas locais, solo, tipo de cultivo, rendimento e a produtividade desta região.

3.2.2.1 Pegada Hídrica Verde de produtos agrícolas

O valor da componente PH_{Verde} (Pegada Hídrica Verde) é calculado a partir da Equação 3.2, e envolve o consumo de Água Verde (c_{Verde}) pela cultura e a produtividade desta cultura na região estudada.

$$PH_{Verde} = \frac{C_{Verde}}{P} \quad (3.2)$$

Onde: PH_{Verde} = Pegada Hídrica Verde (m^3/t);

c_{Verde} , = Consumo de água Verde (m^3/ha);

P = Produtividade (t/ha);

O consumo de Água Verde pela cultura é calculado através do valor da evapotranspiração diária de Água Verde (EVT_{Verde}), ao longo do período de crescimento da cultura. De forma que, o consumo de Água Verde representa o total de água da chuva evaporado pela cultura durante o período de crescimento.

$$c_{verde} = \beta \times \sum_{d=1}^{dpc} EVT_{verde} \quad (3.3)$$

Onde: c_{Verde} , = Consumo de Água Verde (m^3/ha);

β = 10 (fator de conversão);

EVT_{Verde} = Evapotranspiração diária de Água Verde (mm/dia);

Na Equação 3.3, o fator β converte altura da água expressa em milímetros (mm) para volume de água na superfície do solo em metros cúbicos por hectare (m^3/ha). O somatório da evapotranspiração considera os valores compreendidos entre o dia do plantio (dia 1) e o dia da colheita (dpc representa a duração do período de crescimento em dias).

A evapotranspiração de uma cultura pode ser medida ou estimada através de modelos baseados em fórmulas empíricas. A medição da evapotranspiração é incomum e tem custo elevado. Sendo, usualmente, estimada indiretamente por modelos que utilizam dados climáticos, de propriedades do solo e características da cultura como entrada de informações. Os modelos mais utilizados para a estimativa de evapotranspiração de culturas são: EPIC Model (WILLIAMS et Al., 1989), CROPWAT (FAO, 2010) e AQUACROP (RAES et Al., 2008).

O modelo CROPWAT é o mais utilizado nos estudos pesquisados de Pegada Hídrica, empregado em diversos estudos consultados, que incluem Pina (2010), Muller (2012), Mekonnen e Hoekstra (2010), Salmoral et Al. (2010), Velázquez (2007), dentre outros. Este modelo faz a estimativa da evapotranspiração de culturas agrícolas, com base na equação de Penman-Monteith.

O programa CROPWAT tem como público alvo agro-meteorologistas, agrônomos e engenheiros de irrigação, pois é utilizado como ferramenta de aplicação no desenvolvimento de recomendações para práticas de irrigação e no planejamento de irrigação de acordo com o suprimento de água da região ao longo do ano, levando-se em consideração as chuvas durante o período. Possui versões para Windows e DOS sendo as mais recentes escritas em Pascal (FAO, 2010).

O objetivo do modelo é calcular a evapotranspiração de referência para uma dada cultura, e a partir desta informação são determinados a quantidade de água que será necessária para essa cultura ao longo do período de plantio e o planejamento da irrigação durante esse período (FAO, 2010).

Os dados de entrada para simulação no software são:

1. Dados agrometeorológicos mensais, necessários para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_0) pela fórmula de Penman-Monteith: Temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, velocidade do vento e irradiação solar. Além de, precipitação total mensal.
2. Dados do solo: Tipo (classificação), capacidade de água disponível (CAD) e taxa de infiltração máxima.
3. Dados da cultura: Coeficientes de cultivo (k_c), duração dos estágios de desenvolvimento, profundidade efetiva das raízes e fração crítica de depleção.

Estes dados podem ser oriundos de pesquisas bibliográficas, dados de estações meteorológicas na região, ou podem ser utilizados dados do modelo CLIMWAT. O modelo “CLIMWAT 2.0 for CROPWAT” é um software e base de dados, que fornece médias de 30 anos de informações. Um aspecto interessante desta ferramenta é a possibilidade de estimar dados agroclimáticos médios para um local em que não existam registros climáticos disponíveis, através da interpolação de dados disponíveis de estações próximas. Em adição, este modelo fornece os dados climáticos necessários para a aplicação no formato requerido pelo CROPWAT.

3.2.2.2 Pegada Hídrica Azul de produtos agrícolas

Da mesma forma como é realizado o cálculo da PH_{Verde} , o valor da componente PH_{Azul} (Pegada Hídrica Azul) é calculado a partir do consumo de Água Azul (c_{Azul} , m^3/ha) pela cultura e a produtividade desta cultura na região estudada.

$$PH_{azul} = \frac{c_{azul}}{p} \quad (3.4)$$

Onde: PH_{Azul} = Pegada Hídrica Azul (m^3/t);
 c_{Azul} = Consumo de Água Azul (m^3/ha);
 P = Produtividade (t/ha);

O consumo de Água Azul representa o total de água de irrigação evaporada pela cultura durante o período de crescimento da cultura.

$$C_{azul} = 10 \times \sum_{d=1}^{dpc} EVT_{azul} \quad (3.5)$$

Onde: c_{Azul} = Consumo de Água Azul (m^3/ha);
 $\beta = 10$ (fator de conversão);
 EVT_{Azul} = Evapotranspiração diária de Água Azul (mm/dia);

Da mesma maneira que observado na Equação 3.3, na Equação 3.5 o fator β converte altura da água expressa em milímetros (mm) para volume de água na superfície do solo em metros cúbicos por hectare (m^3/ha). Ainda, o somatório da evapotranspiração considera os valores compreendidos entre o dia do plantio (dia 1) e o dia da colheita (dpc representa a duração do período de crescimento em dias).

O período de crescimento varia de acordo com a cultura em questão. No caso de culturas permanentes ou florestas, por exemplo, deve-se contabilizar a evapotranspiração durante todo o ano. Já em culturas como soja, arroz e trigo são considerados apenas alguns meses. (HOEKSTRA et Al., 2011).

A fim de contabilizar a evapotranspiração de uma cultura permanente, deve-se levar em conta que há diferenças na evapotranspiração, durante o ciclo de vida da planta, observando as médias anuais de evapotranspiração da cultura a cada ano. Nos casos de a cultura produzir apenas a partir de um determinado tempo de plantio, a água utilizada na cultura deve ser dividida ao longo do rendimento total, durante os anos de produção.

Vale salientar que o cálculo da componente Azul considera a evapotranspiração da água irrigada na cultura. Porém, este método não

contabiliza a evapotranspiração da água de reservatórios construídos para a irrigação da cultura ou a água evaporada dos canais que trazem água até o local da plantação. Estes dois fatores não são contabilizados, pois são processos anteriores ao crescimento da planta, tendo suas próprias Pegadas Hídricas, conforme demonstrado na Figura 12.

A evapotranspiração contabilizada nestes dois processos pode ser significativa e deve ser incluída quando houver interesse em um estudo detalhado da Pegada Hídrica do produto da colheita.

Cabe ressaltar que, de maneira geral, a PH de culturas que utilizam Água Azul (culturas irrigadas) é maior do que de culturas que utilizam apenas Água Verde (precipitação).

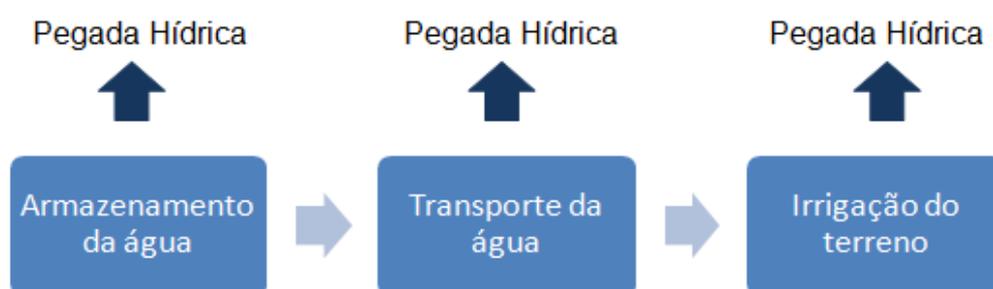


FIGURA 12—REPRESENTAÇÃO DA CONSIDERAÇÃO DE PEGADAS HÍDRICAS PARA IRRIGAÇÃO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE ÁGUA.

Fonte: HOEKSTRA et Al., (2011)

Na pesquisa realizada por Arena et Al. (2011), percebeu-se uma diferença percentual de 6% no valor total de Pegada Hídrica entre sistemas irrigados e não irrigados na produção de grãos de soja na Argentina. Os autores salientam nas conclusões que apesar de pequena, existe variação entre os valores de Pegadas para as duas situações.

3.2.2.3 Pegada Hídrica Cinza de produtos agrícolas

O valor da componente PH_{Cinza} (Pegada Hídrica Cinza) é relacionado à poluição, sendo calculado o volume de água necessário para diluir a carga de

poluentes no corpo hídrico receptor. Conforme Equação 3.6:

$$PH_{cinza} = \frac{(\alpha \times TQ)/(c_{max}-c_{nat})}{P} \quad (3.6)$$

Onde: PH_{cinza} = Pegada Hídrica Cinza (m^3/t);

α = Fração de lixiviação;

TQ = Taxa de aplicação de químicos por hectare (kg/ha);

c_{max} = Concentração máxima admissível do poluente no meio aquático receptor (kg/m^3);

c_{nat} = Concentração natural do poluente considerado no meio aquático receptor (kg/m^3);

P = Produtividade da cultura (t/ha);

A Pegada Hídrica Cinza é calculada para o poluente mais crítico, ou seja, o poluente que produz os maiores volumes de água poluída. Os poluentes oriundos dos cultivos de plantas, usualmente, são compostos por fertilizantes (nitrogênio, fósforo, dentre outros), pesticidas e inseticidas. Nestes casos, segundo recomendações da metodologia, deve ser considerado apenas o fluxo de resíduos para corpos hídricos, que se trata apenas de uma parcela do total de aplicação de fertilizantes e inseticidas na cultura (HOEKSTRA et Al., 2011).

Além de depender do tipo de poluente, a Pegada Hídrica Cinza depende também dos padrões de qualidade, e potabilidade, estabelecidos para o local onde é realizado o lançamento do poluente PINA (2010).

O parâmetro Fração de lixiviação é definido como sendo a relação entre a lâmina de água drenada e a lâmina de água de irrigação aplicada. Podendo ser obtida também pela relação entre a condutividade elétrica da água de drenagem e a condutividade elétrica da água de irrigação. Chapagain et Al. (2006) sugerem que seja assumido, para fertilizantes nitrogenados, o valor de 10 por cento e Santos et Al. (2009) determinaram que em Latossolos vermelhos cultivados com soja, os valores de fração de lixiviação variam de 5,9% a 21%, também para

fertilizantes nitrogenados.

3.2.3. Cálculo de Pegada Hídrica de etapas de processos

A contabilização da PH para etapas de processo também segue a metodologia apresentada por Hoekstra et Al. (2011). Na qual, a Pegada Hídrica total de um processo (PH_{total}) é o somatório das componentes Verde, Azul e Cinza, de maneira idêntica ao apresentado na Equação 3.1.

3.2.3.1 Pegada Hídrica Azul de etapas de processos

A componente PH_{Azul} (Pegada Hídrica Azul) para uma etapa de processo é calculado a partir da PH Azul evaporada, PH Azul incorporada e perdas. Conforme Equação 3.7:

$$PH_{azul} = EVA_{azul} + I_{azul} + Perdas \quad (3.7)$$

Onde: PH_{Azul} = Pegada Hídrica Azul (m^3/t);

EVA_{Azul} = Pegada Hídrica Azul evaporada (m^3/t);

I_{Azul} = Pegada Hídrica Azul incorporada (m^3/t);

Perdas = Perdas no fluxo de retorno (m^3/t).

A PH Azul é um indicador de uso consuntivo que mede a quantidade de água disponível consumida em certo período de tempo.

Assim, segundo Hoekstra et Al. (2011), a PH_{azul} é constituída pela água que evapora, a água incorporada nos produtos, a água que não retorna a mesma bacia hidrográfica (por exemplo, retorna para o mar) e a água que não retorna no mesmo período à bacia hidrográfica.

A evaporação, geralmente, é a componente mais significativa. Em muitos casos, o uso consuntivo é equivalente ao valor da evaporação. Independente disso, as outras três componentes devem ser consideradas.

A última componente se refere à parte do fluxo que não está disponível para reuso na mesma bacia hidrográfica, no mesmo período da retirada da água, porque vai para outra bacia hidrográfica ou retorna para a mesma bacia, mas em outro período de tempo.

3.2.3.2 Pegada Hídrica Verde de etapas de processos

O componente PH_{Verde} (Pegada Hídrica Verde) de uma etapa de processo é o volume de água da chuva consumido durante o processo de produção do produto. É calculado a partir a soma da AV_{EVAP} (evaporação da água Verde) com AV_{INCORP} (água Verde incorporada).

$$PH_{verde} = EVAP_{AVE} + INCORP_{AVE} \quad (3.8)$$

Onde: PH_{Verde} = Pegada Hídrica Verde (m^3/t);

$EVAP_{AVE}$ = Evaporação da Água Verde (m^3/t);

$INCORP_{AVE}$ = Água Verde incorporada (m^3/t);

3.2.3.3 Pegada Hídrica Cinza de etapas de processos

A componente PH_{Cinza} (Pegada Hídrica Cinza) é calculada a partir da carga do poluente e o padrão de qualidade da água deste poluente. Conforme apresentado na Equação 3.9.

$$PH_{cinza} = \frac{L}{C_{max} - c_{nat}} \quad (3.9)$$

Onde: PH_{Cinza} = Pegada Hídrica Cinza; (m^3/t)

L = Carga do poluente; (kg/min)

c_{max} = Concentração máxima admissível do poluente no meio aquático receptor; (kg/m^3)

c_{nat} = Concentração natural do poluente considerado no meio aquático receptor; (kg/m^3)

A PH Cinza é calculada para o poluente mais crítico, ou seja, o poluente que produz os maiores volume de água poluída. Assim, para calcular a PH Cinza de um processo, deve ser realizada uma análise rigorosa para que sejam verificados os poluentes resultantes do processo. Nem sempre o poluente mais crítico será o poluente com maior volume de utilização, pois devem ser consideradas também as concentrações dos poluentes.

3.2.4. Cálculos da Pegada Hídrica de produtos

A PH de um produto contempla o volume total de água doce utilizada direta ou indiretamente para a produção deste produto. É estimada através do cálculo do consumo de água e poluição em todas as etapas da cadeia de produção.

Para estimar a PH de um produto é fundamental compreender toda a cadeia de produção do mesmo, sendo necessária à identificação do sistema de produção, ou seja, a sequência de etapas do processo.

Normalmente, para produtos industriais a PH é expressa em metros cúbicos por unidade monetária ou volume de água por produto.

A PH de um produto pode ser calculada de duas maneiras. Com a abordagem adição de cadeia (em inglês *chain-summation*) ou com a abordagem acumulativa (em inglês *stepwise accumulative*) (HOEKSTRA *et Al.*, 2011).

A abordagem adição de cadeia é considerada mais simples que a outra abordagem, podendo ser aplicada apenas para situações em que apenas um produto final é resultado do sistema de produção, conforme Figura 13. Neste caso particular, a PH pode ser associada a todas as etapas de processos no sistema de produção. Neste sistema de produção simples, a PH de um produto é

calculada a partir da Equação 3.10:

$$PH_{produto}[p] = \frac{\sum_{s=1}^k PH_{produto}[s]}{P[p]} \quad (3.10)$$

Onde: $PH_{produto}[p]$ = Pegada Hídrica de um produto (m^3/t);

$PH_{produto}[s]$ = Pegada Hídrica de um processo (m^3/t);

$P[p]$ = Produção do produto p (massa/tempo);

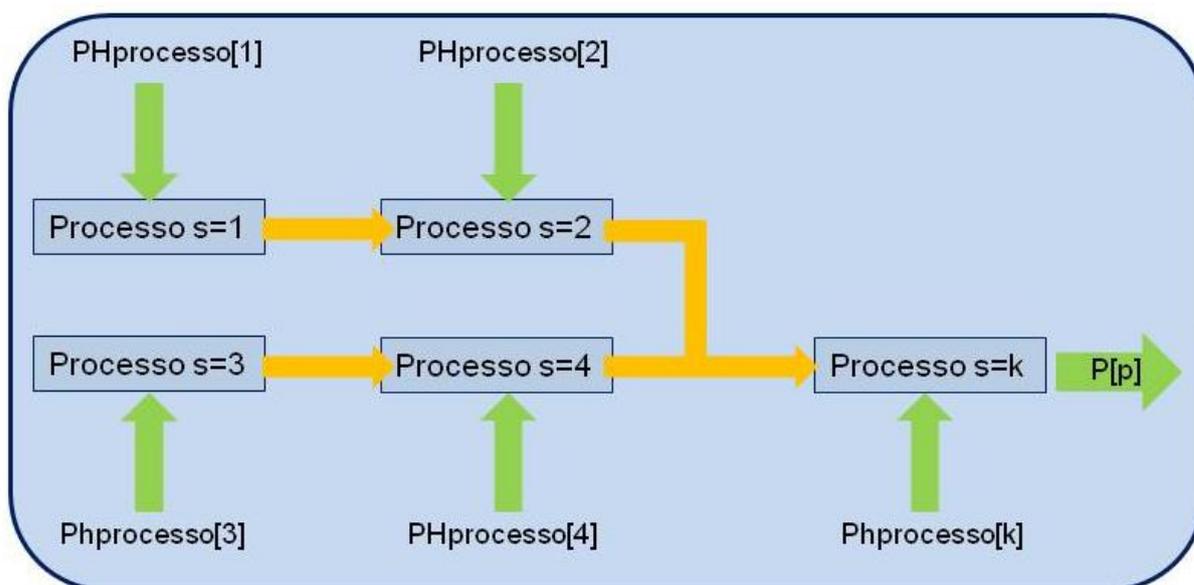


FIGURA 13 - ESQUEMA DO PROCESSO DE ADIÇÃO DE CADEIA PARA CÁLCULO DE PEGADA HÍDRICA DE PRODUTOS

Fonte: Adaptado de HOEKSTRA et Al., (2011)

Já a abordagem acumulativa é muito mais ampla. É baseada na PH da produção dos produtos de entrada e na PH do processo de transformação da matéria-prima no produto desejado, conforme Figura 14. Assim, a PH do produto final é a soma das Pegadas Hídricas dos produtos de entrada somada a PH do processo de transformação do produto, calculada a partir da Equação 3.11.

$$PH_{produto}[p] = \left(PH_{processo}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{PH_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_y[p] \quad (3.11)$$

Onde: $PH_{produto}[p]$ = Pegada Hídrica de um produto (m^3/t);

$PH_{processo}[p]$ = Pegada Hídrica do processo que transforma matérias-

primas y no produto final z (m^3/t) ;

$f_p[p,i]$ = Fração do produto (t/t);

$f_y[p]$ = Fração de valor (R\$/R\$).

O parâmetro $f_p[p,i]$ é calculado a partir da fração das quantidades de produto final ($m[p]$) e de matéria-prima utilizada ($m[i]$). Conforme Equação 3.12.

$$f_p[p, i] = \frac{m[p]}{m[i]} \quad (3.12)$$

Onde: $f_p[p,i]$ = Fração do produto (t/t);

$m[p]$ = Massa do produto final produzido (t);

$m[i]$ = Massa de matéria-prima utilizada (t);

O parâmetro $f_y[p,i]$ é definido como a razão entre o valor de mercado deste produto e o valor de mercado total de todas as saídas de produtos ($p = 1$ a z), obtido a partir dos produtos de entrada:

$$f_y[p] = \frac{\text{preço}[p] \times m[p]}{\sum_{p=1}^z (\text{preço}[p,s] \times m[p,s])} \quad (3.13)$$

Onde: $f_y[p]$ = Fração de valor (R\$/R\$);

$m[p]$ = Massa do produto final produzido (t);

$\text{preço}[p]$ = Preço do produto final produzido (R\$/massa);

$m[p,s]$ = Massa dos produtos de saída do processo (t);

$\text{preço}[p,s]$ = P preço do produto de saída do processo (R\$/t).

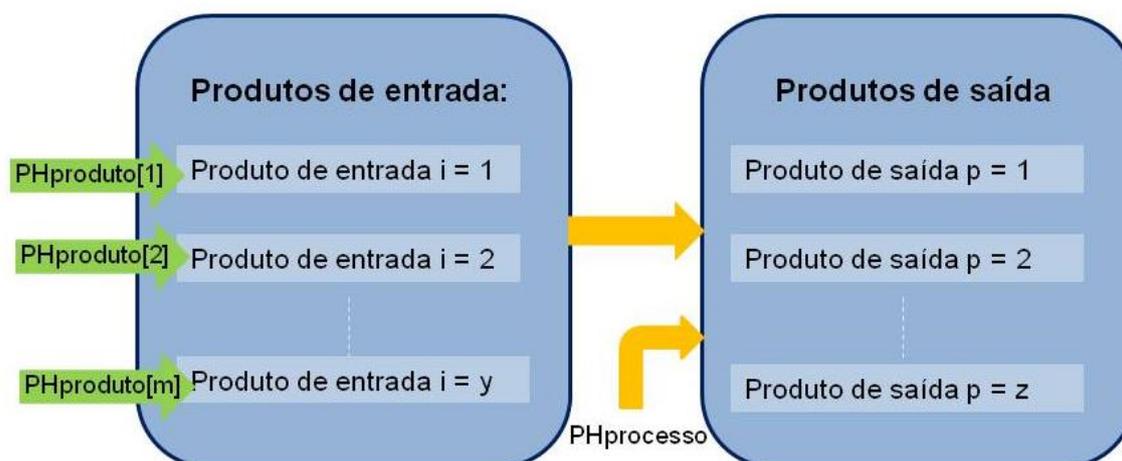


FIGURA 14 –ESQUEMA DO PROCESSO DE ABORDAGEM ACUMULATIVA PARA CÁLCULO DE PEGADA HÍDRICA DE PRODUTOS

Fonte: Adaptado de HOEKSTRA et Al., (2011)

Assim, antes de iniciar a quantificação da Pegada Hídrica de um produto é necessário avaliar e entender o processo produtivo que gera este produto, identificando os produtos de entrada e saída envolvidos no processamento.

Cabe ressaltar que, segundo Marzullo et Al., (2010), as diferenças nas matrizes energéticas e nos parâmetros de qualidade da água entre países, pode levar a diferentes Pegadas Hídricas para mesmos produtos.

3.2.5. Cálculos de fluxos de Água Virtual

A partir da determinação de valores de Pegada Hídrica pode ser realizado o cálculo dos fluxos de Água Virtual importada e exportada entre regiões, ou como foi realizado na Figura 15, o balanço da Água Virtual entre países. Nesta figura, a legenda mostra que os países representados com a cor Azul são os países exportadores de Água Virtual e os países representados com cores vermelhas são os países importadores de Água Virtual. Quanto mais forte a intensidade da cor indicada no país, maior a quantidade de bilhões de metros cúbicos por ano importada ou exportada.

Usualmente, estudos com o âmbito de reproduzir balanços de Água Virtual, utilizam para a composição das informações sobre o comércio entre nações, o

Banco de dados estatísticos de comércio de *commodities* (COMTRADE) das Nações Unidas, e também dados do Centro Internacional de Comércio em Genebra. Mas também, podem ser utilizados dados regionais de exportação e importação de produtos, muitas vezes disponibilizados pelo próprio governo.

No Brasil, muitos destes dados de importações e exportações de produtos agrícolas, e diversos produtos que utilizam como matéria-prima produtos agrícolas, são disponibilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

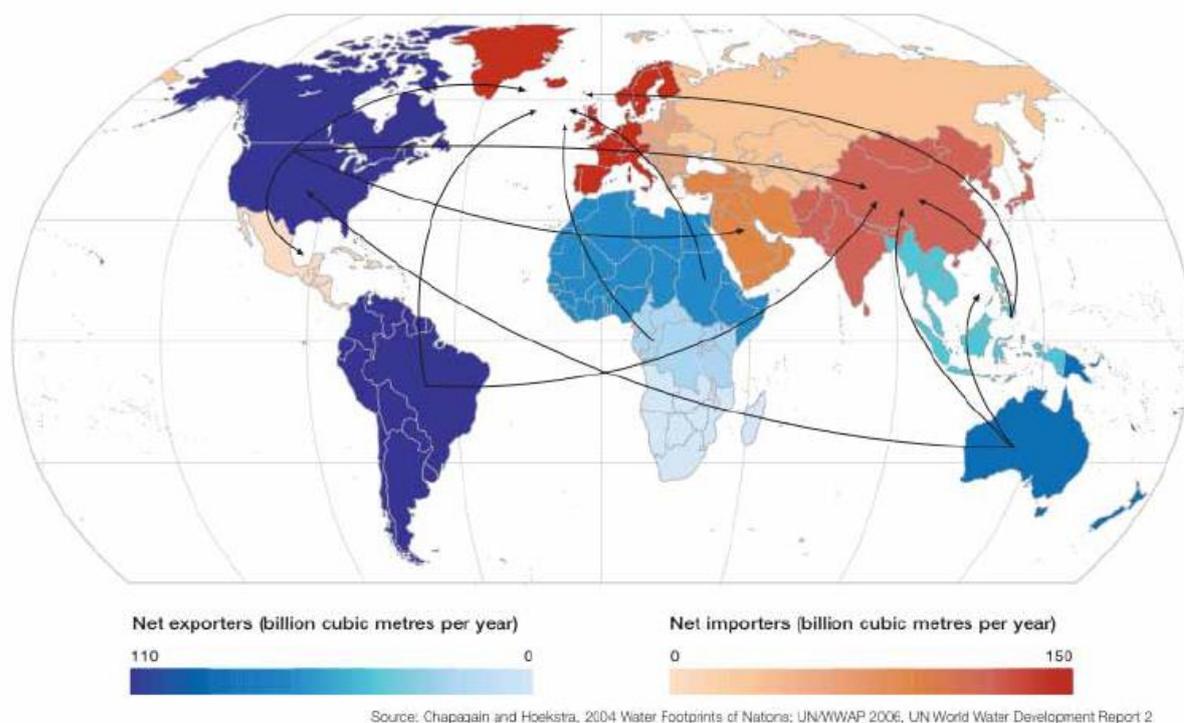


FIGURA 15 – FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL IMPORTADA E EXPORTADA NO MUNDO
Fonte: HOEKSTRA (2002)

Desta forma, os fluxos de Água Virtual podem ser calculados através da metodologia recomendada por Hoekstra e Hung (2003), conforme Equações 3.14 e 3.15:

$$AV_E = E \times PH_i \quad (3.14)$$

Onde: AV_E = Água Virtual exportada (m^3);

E = Quantidade exportada do produto (t);

PH_i = Pegada Hídrica de um determinado produto (m^3/t);

$$AV_I = I \times PH_i \quad (3.15)$$

Onde: AV_I = Água Virtual importada (m^3);

I = Quantidade importada do produto (t);

PH_i = Pegada Hídrica de um determinado produto (m^3/t);

Finalmente, para obter o fluxo de Água Virtual, deve-se apenas subtrair a Água Virtual exportada (AV_E) da Água Virtual importada (AV_I), conforme Equação 3.16:

$$FLUXO_{AV} = AV_E - AV_I \quad (3.16)$$

Onde: AV_E = Água Virtual exportada (m^3);

AV_I = Água Virtual importada (m^3);

$FLUXO_{AV}$ = Fluxo de Água Virtual (m^3);

O fluxo de Água Virtual pode ser positivo ou negativo. Caso o valor do fluxo seja negativo as exportações de Água Virtual superam as importações para a situação em questão, já se o fluxo for positivo as importações de Água Virtual são mais significativas que as exportações.

3.2.6. Diferença entre Pegada Hídrica e Água Virtual

A quantificação da Água Virtual e contabilização da Pegada Hídrica permitem obter os dados necessários que podem contribuir muito em modelos de gestão sustentável dos recursos hídricos. Embora, frequentemente, utilizados como sinônimos, de acordo com Velázquez et Al. (2011), os conceitos de Água Virtual e Pegada Hídrica apresentam uma diferença fundamental. Assim, conforme afirma Neto (2011) a AV se consolida como um indicador a partir de um ponto de vista da produção, enquanto a Pegada Hídrica é um indicador com perspectiva do consumo.

A partir do conceito de Água Virtual foi criada a metodologia de mensuração de Pegada Hídrica. De maneira que, a Pegada Hídrica é um indicador multidimensional e não se refere somente ao volume de água utilizado, como é o caso da Água Virtual de um produto, mas também torna explícito outras informações como a fonte da água utilizada e informações relativas à poluição gerada.

De forma que, geralmente, a AV se refere aos fluxos de água embutidos nas mercadorias que são comercializadas entre regiões, já a PH define o conteúdo de AV de um produto (mercadoria, bem ou serviço) como o volume de água doce usada na sua produção.

3.2.7. Diferença entre Pegada Hídrica, Pegada Ecológica e Pegada de Carbono

O conceito de pegada hídrica faz parte de um grupo de conceitos referentes à sustentabilidade desenvolvidos ao longo da última década. A pegada é considerada como uma medida quantitativa, que demonstra a apropriação de recursos naturais pelo ser humano. Não obstante, a PH tem semelhanças com os conceitos de Pegada Ecológica e Pegada do Carbono. Todavia, as origens e finalidades dos três conceitos é que diferem entre si (SILVA, 2009; HOEKSTRA, 2009).

Em termos simples, a Pegada Ecológica representa a medida do uso do espaço biologicamente produtivo (em hectares), a Pegada de Carbono mede a energia usada em termos do volume de emissões de dióxido de carbono (em toneladas) e a Pegada Hídrica mede o uso da água em metros cúbicos por tonelada (SILVA, 2009).

Os conceitos de Pegada Hídrica e Pegada do Carbono se complementam, pois abordam duas questões ambientais distintas, mas ambas muito importantes: Alteração climática e escassez de água. As Pegadas Ecológica e Hídrica contabilizam a capacidade do planeta como fonte de produção de recursos. Todavia, os três indicadores revelam a distribuição desigual do uso de recursos entre habitantes de diferentes regiões do mundo (CERVI e CARVALHO, 2007;

ERCIN e HOEKSTRA, 2012; SILVA, 2009; WWF-BRASIL, 2012b).

Assim, é muito importante entender as diferenças entre os três tipos de Pegadas. Sobretudo, porque o entendimento destes conceitos podem ajudar, quando reconhecidos os problemas de uma determinada região, a determinar quais ferramentas devem ser utilizadas para formulação de soluções estratégicas.

Neste âmbito, na Tabela 6 são comparadas as principais características da Pegada de Carbono, Pegada Ecológica e Pegada Hídrica.

TABELA 6 – COMPARAÇÕES ENTRE PEGADA DE CARBONO, PEGADA ECOLÓGICA E PEGADA HÍDRICA

	Pegada de Carbono	Pegada Ecológica	Pegada Hídrica
O que é medido?	A emissão antropogênica de gases de efeito estufa.	Uso do espaço biologicamente produtivo.	A apropriação humana dos recursos hídricos em termos de volumes de água consumida e poluídas.
Unidade de medida	Massa de dióxido de carbono (CO ₂)- por unidade de tempo ou produto.	Áreas biologicamente produtivas.	Volume de água por unidade de tempo ou produto.
Dimensão espaço-temporal	Não importa onde e quando as emissões de carbono ocorrem.	Utilizando áreas globais.	Pegadas Hídricas são especificados no tempo e local.
Componentes da pegada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC e SF ₆ .	Utilização de terras aráveis, o uso de pastagens, uso de florestas e matas, utilização de áreas edificadas, etc.	Pegada Hídrica Azul, Verde e Cinza.
Entidades para as quais a Pegada pode ser calculada	Processos, produtos, empresas, setores de indústrias, consumidores individuais, grupo de consumidores, áreas geograficamente delimitadas.	Consumidores, grupo de consumidores.	Processos, produtos, empresas, setores de indústrias, consumidores individuais, grupo de consumidores, áreas geograficamente delimitadas.
Escopo	1- Emissões diretas 2 – Emissões indiretas pelo uso de eletricidade 3- Outros tipos de emissões.	Pastagens, Retenções de Carbono, Florestas, Pesqueiros, Áreas de cultivo, Áreas construídas.	Sempre inclui Pegada Hídrica direta e indireta.

Fonte: Adaptado de ERCIN e HOEKSTRA, (2012), WWF-BRASIL (2012B), SILVA, (2009), HOEKSTRA (2009)

3.2.8. Pegada Hídrica como instrumento de gestão de recursos hídricos

A PH como instrumento de gestão dos recursos hídricos, pode ser uma ferramenta interessante por considerar componentes que, normalmente, não são contabilizados na abordagem tradicional de consumo de água.

Na Figura 16, destacado em vermelho, pode ser observada as componentes contabilizadas no cálculo do consumo da água na conceituação convencional. Fica evidente a amplitude do conceito de Pegada Hídrica em comparação com o conceito clássico.

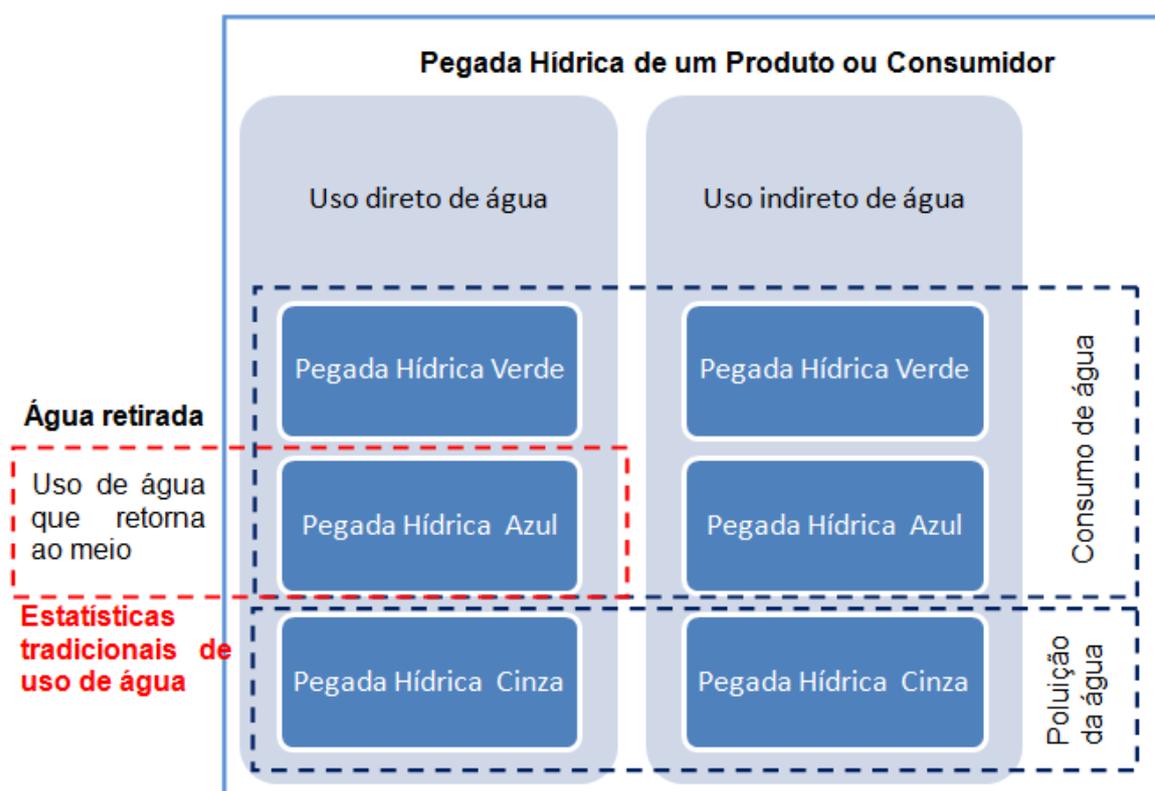


FIGURA 16 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA COMPOSIÇÃO DA PEGADA HÍDRICA

Fonte: Adaptado de HOEKSTRA et Al., (2009)

Cabe destacar que os usos diretos de água se referem à água consumida que podemos visualizar e os usos indiretos de água se referem à água utilizada na produção de bens de consumo, a água consumida a partir de produtos (que possuam água embutida) e a PH dos produtos de entrada na produção de *commodities*.

Neste sentido, a Pegada Hídrica como ferramenta de gestão, possibilita ao consumidor identificar como a água está sendo utilizada desde o processo produtivo até o consumo de um bem. Desta maneira, conforme apontam Leão et Al. (2011), dependendo do escopo em que o cálculo é realizado, é possível identificar áreas em que este recurso é utilizado em maiores quantidades e definir estratégias para redução do seu uso dentro de uma região delimitada geograficamente.

Na concepção de Leão et Al. (2011), a partir da abordagem da PH é possível identificar regiões onde há menor pressão pelo uso dos recursos hídricos. Neste âmbito, Aldaya et Al. (2010) ressaltam a importância de condições climáticas favoráveis na produção agrícola, dado que a utilização da precipitação para irrigação de culturas tem menor custo, quando comparado com água superficial ou subterrânea para o mesmo fim.

Na Espanha, o Ministério de Meio Ambiente, recentemente, propôs um regulamento que impõe que a PH seja utilizada como ferramenta para a implementação do Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica. No entendimento de Aldaya et Al. (2010), a avaliação da PH e de Água Virtual pode fornecer informações para tomada de decisão, visando à ocorrência de condições ambientais favoráveis e adoção de mecanismos que melhorem a eficiência do uso da água. Neste sentido, Aldaya et Al. (2010) realizaram um estudo na região de Mancha Ocidental na Espanha, no qual os resultados mostraram que há desequilíbrio entre a água disponível na região, uso de terra e os recursos naturais.

Conforme afirmam Aldaya et Al. (2010) após a reforma da Política Agrícola Comum na União Europeia, em 1992, os subsídios começaram a ser pagos por hectare, cujo valor dependia dos rendimentos médios da região. A cultura irrigada, de uma maneira geral, tem rendimentos superiores às mesmas culturas sem irrigação. Assim, os agricultores com terras irrigadas receberam um preço mais elevado por hectare, tendo, de certa forma, um incentivo para irrigar as suas culturas. Esta situação intensificou a agricultura irrigada da região, e segundo o estudo de Aldaya et Al. (2010), causou desequilíbrio entre consumo e demanda

de água na região. O resultado do estudo demonstrou que devem haver mudanças nos padrões de cultivo e grande redução na superfície irrigada.

Da mesma maneira, o estudo realizado por Velázquez (2007) em Andalusia, ao avaliar os fluxos de Água Virtual na região, resultou que deveria haver inversão de alguns produtos importados e exportados. O estudo mostrou que apesar de nesta região haver escassez de água, há também grande produção de batatas e vegetais para exportação, culturas que utilizam grandes volumes de água para seu desenvolvimento. Em contradição, produtos como cereais, que utilizam volumes menores de água para sua produção, são importados em grande quantidade por esta região. A sugestão do autor é que se fossem produzidos cereais, em vez de importá-los, e se fossem importadas batatas e cereais e não exportá-los, a pressão sobre os recursos hídricos da região diminuiria de forma considerável.

Na mesma linha, o estudo de Brown et Al., (2009), nas bacias de Okanagan e Lower Fraser Valley, revelou que aproximadamente 85% da água doce na bacia de Okanagan está sendo utilizada e que a demanda de água na agricultura está competindo com a demanda de água por usuários nas regiões urbanas nas duas bacias. Segundo os autores, os resultados encontrados no estudo podem fornecer informações para tomadas de decisão na bacia, para que os recursos hídricos possam ser utilizados de forma mais eficiente. E que apesar de a agricultura na região movimentar a economia, devem ser tomadas decisões estratégicas de realocação e conservação da água para garantir a segurança hídrica da região.

Estes estudos mostram que em diversas situações, depois de estudada a fundo a utilização da água nas bacias, devem haver alterações na locação de empreendimentos (tanto agrícolas, quanto industriais). Ou seja, a análise da Pegada Hídrica nas bacias pode fornecer informações para alterações nos planos existentes e para a criação de novos planos, que considerem esta ferramenta nas tomadas de decisão e na própria formulação dos planos.

Além disso, os resultados determinados demonstram a importância do estudo de consumo de água relacionado às políticas agrícolas. De maneira que, a adoção de medidas políticas neste setor devem visar o uso racional dos recursos hídricos (SEIXAS, 2011).

Ainda se tratando da aplicação dos conceitos de Pegada Hídrica na gestão de recursos hídricos, para algumas situações, Hoekstra (2006) propõe o estabelecimento de tarifação sobre a água, ou seja, ao “importar” água de outro local, o preço cobrado deve ser suficiente para cobrir os custos de investimento, transporte, operação e de manutenção relacionados à exploração dos recursos hídricos para a produção. Hoekstra (2006) acrescenta que a criação de um imposto sobre a poluição gerada (PH Cinza), possibilitaria um melhor gerenciamento de problemas e conflitos associados à fase de geração de resíduos e poluição dos recursos hídricos. Os valores arrecadados com os impostos seriam utilizados para maiores investimentos em controle e despoluição da água.

A metodologia da PH pode, também, ser aplicada com a finalidade de identificação de pontos de interesse de uma bacia hidrográfica ou represa, permitindo a adaptações de período ou local nos quais a captação e consumo de água se tornam economicamente inviáveis (HOEKSTRA, 2011).

Cabe ressaltar que o resultado fornecido pelo cálculo da PH deve ser analisado com relação ao contexto socioeconômico e escala temporal e espacial, uma vez que apenas o resultado de PH não é capaz de apontar qual o impacto da utilização deste recurso. Devendo ser considerado o contexto geográfico, escassez de água, nível de poluição, efeitos sobre os ecossistemas locais e a geração de conflitos sociais (LEÃO et Al., 2011).

Neste sentido, Leão et Al. (2011) chamam atenção para o aspecto da disponibilidade de informações necessárias para a gestão interbacias, sobre fluxo comercial entre bacias hidrográficas. Ressaltando que devem ser realizados mais estudos, uma vez que nem todas as bacias hidrográficas do Brasil possuem comitês ou aplicam os instrumentos de gestão, que já vêm sendo utilizados em outras regiões do País.

Outra ferramenta que tem papel fundamental na aplicação da metodologia da PH na gestão dos recursos hídricos é a norma sobre os princípios e diretrizes para a Pegada Hídrica de produtos, processos e organizações por parte da Organização Internacional de Padronização (ISO).

Em 2009 foi lançada internacionalmente uma proposta para elaboração de uma nova norma sobre Pegada Hídrica, a ISO 14046, que está sendo discutida e pretende ser consistente e coerente com a ISO 14000, ou seja, dentro de uma abordagem de Avaliação de Ciclo de Vida. Deverá ser reconhecida internacionalmente e atender às necessidades de uma variedade de autoridades locais, regionais e nacionais, ONGs e entidades comerciais similares, visando avaliar impactos causados nos corpos hídricos, como consequência da existência de determinado produto ou organização. Esta norma será uma marca global que permitirá aos gestores, usuários e organizações demonstrarem o seu cumprimento e apoio na gestão dos recursos hídricos. O prazo para publicação desta ISO é até o ano de 2014 (SEIXAS, 2011; MARZULLO e MATAI, 2011b).

A futura ISO 14.046 pretende padronizar internacionalmente a metodologia de avaliação dos impactos sobre os recursos hídricos na mensuração da utilização de água nas atividades humanas e na produção de bens e serviços, considerando o consumo de água e a sua contaminação. A ISO utilizará uma adaptação do conceito da pegada hídrica como vertente de mensuração da Análise do Ciclo de Vida (ACV). Baseada no princípio que a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida é mundialmente reconhecida como uma importante ferramenta muito útil em processos de tomada de decisão.

A abordagem desta metodologia é mais voltada para empresas no contexto da gestão de recursos hídricos. Neste sentido, Marzullo e Matai (2011b) sugerem que haja governança da água através do monitoramento da Pegada Hídrica em cada comitê, é necessário o engajamento das empresas dentro de um processo de evolução sustentável. Ainda segundo as autoras, as entradas (materiais, energia e água) e saídas (produtos, emissões atmosféricas, resíduos sólidos e efluentes) são os elementos que devem ser monitorados na forma de inventários do ciclo de vida por empresa, ou cada entidade que administra uma determinada população demográfica ou unidade de processo.

Após a sistematização do monitoramento de inventários de ciclo de vida, cada aspecto inventariado será associado ao respectivo impacto na bacia hidrográfica em que se encontra a unidade de processo em questão, ou seja, para cada categoria de impacto analisada será possível abstrair um indicador de Pegada Hídrica local para cada produto produzido no âmbito desta bacia.

Supondo que todas as unidades de processo existentes em uma determinada bacia hidrográfica tenham a Pegada Hídrica de seus produtos conhecida através do monitoramento dos inventários, será possível prever o grau de necessidade hídrica desta bacia para que a mesma suporte a produção dos produtos que constam em sua saída, de maneira sustentável.

A bacia hidrográfica passará a ter comportamento de uma unidade de processo em escala ampliada, como sugere a Figura 17.



FIGURA 17 – A CONCEPÇÃO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA COMO UMA UNIDADE DE PROCESSO

Fonte: Adaptado de MARZULLO e MATAI, 2011b).

Outro aspecto da Pegada Hídrica como instrumento da gestão de recursos hídricos é informação aos usuários. Como esta ferramenta é de fácil entendimento ao público não técnico, poderá fornecer informações ao usuário, que consciente da quantidade de água utilizada no processo de fabricação ou cultivo de determinado produto, poderá optar pelo produto que utiliza menos água em seu processamento.

Neste sentido, alguns autores, têm como enfoque da pesquisa a Pegada Hídrica de consumidores com diferentes comportamentos. Como exemplo,

Maracajá et Al. (2013) realizaram uma pesquisa em que analisam a Pegada Hídrica de consumidores vegetarianos e não vegetarianos em diferentes níveis de renda familiar. Os resultados mostraram que em média a Pegada Hídrica do consumidor vegetariano representa 58% do não vegetariano.

Já os estudos de Maia et Al. (2012) revelaram que o tamanho da Pegada Hídrica varia de acordo com a escolha alimentar, hábitos de consumo e da maneira como cada pessoa utiliza a água, nas atividades diárias.

Giacomin e Ohnuma (2012), seguindo a mesma linha, sugerem como forma de redução da Pegada Hídrica, a mudança nos padrões de consumo. Os autores oferecem como exemplo, a redução do consumo de carne bovina. Esta redução se daria através da introdução de incentivos para que as pessoas mudem seus hábitos de consumo.

As informações referentes à Pegada Hídrica poderiam ser indicadas nos rótulos de produtos, conforme afirma Seixas (2011) e Hoekstra (2006). No entender de Seixas (2011), seria útil para os consumidores o acréscimo desta informação nos rótulos, dado que esta exigência da sociedade levaria as empresas a fornecer estes dados e, conseqüentemente, aprimorar o uso de recursos hídricos, de forma a não perder competitividade no mercado.

Seixas (2011) ainda cita uma proposta semelhante implementada em Portugal, na qual através de um símbolo de “Compro o que é nosso” no rótulo das embalagens de produtos, houve incentivo aos consumidores para comprarem produtos de origem nacional.

Ainda, com relação aos fluxos de AV na gestão dos recursos hídricos, cabe ressaltar que o Brasil se insere entre os dez maiores exportadores de Água Virtual do mundo. Conseqüentemente, os conceitos de Pegada Hídrica e Água Virtual precisam ser considerados nas negociações comerciais brasileiras e na gestão dos recursos hídricos (FOLEGATTI et Al., 2010).

No entender de Carmo et Al. (2007), os órgãos World Water Council e do Instituto para a Educação da Água, da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), incentivam o estudo do conceito de Água Virtual para a prática do comércio de Água Virtual como opção política, com o intuito de aliviar a pressão sobre países com pouca oferta de recursos hídricos.

3.3. OUTRAS METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

Conforme aborda Pina (2010) a Pegada Hídrica é, atualmente, a metodologia de quantificação do consumo de água com maior popularidade na comunidade científica e empresarial. No entanto, existem outras metodologias alternativas, descritas na sequência.

3.3.1. Avaliação do Ciclo de Vida

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão ambiental, que permite avaliar o impacto ambiental potencial associado a um produto, ou atividade, durante todo seu ciclo de vida. Esta metodologia é constituída pelas etapas apresentadas na Figura 18 (COLTRO, 2007; MARZULLO e MATAI, 2011b).

Os estudos de ACV tiveram início com a crise do petróleo, na década de 60, em pesquisas sobre limites de extração dos recursos naturais, especialmente combustíveis fósseis e recursos minerais. Os primeiros estudos tinham como objetivo calcular o consumo de energia, sendo denominado “análise de energia” (Energy analysis). A partir da década de 90, os estudos de ACV se expandiram, impulsionados pela normalização ISO 14040 (ISO 14040, 1997; ISO 14041, 1998; ISO 14042, 2000; ISO 14043, 2000), com consequente aumento do número de estudos, publicações, conferências e congressos (COLTRO, 2007).

A metodologia de ACV é uma técnica de gestão para a avaliação do desempenho ambiental de produtos, processos e serviços dentro de uma visão sistêmica sobre toda a cadeia desde a extração das matérias-primas até a disposição final do produto (MARZULLO e MATAI, 2011a).

Esta ferramenta permite identificar quais estágios do ciclo de vida têm contribuição mais significativa para o impacto ambiental do processo. Sendo possível, através da aplicação da ACV avaliar a implementação de melhorias e alternativas para produtos, processos ou serviços (COLTRO, 2007).



FIGURA 18 - ETAPAS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO.

Fonte: Adaptado de MARZULLO e MATAI (2011b)

Quanto à abordagem do estudo de ACV, Andersson et Al. (1998) afirmam que o estudo de ACV ideal, deve incluir a produção agrícola, industrial, armazenamento e distribuição, embalagem, consumo e gestão de resíduos.

Neste sentido, Coltro (2007) citando (ISO 14040, 1997) explica que o estudo de ACV deve ser dividido em quatro etapas, conforme pode ser observado na Figura 19. Primeiramente, devem ser definidos objetivos, escopo, fronteiras e unidade funcional. A segunda fase, trata da Análise de Inventário, na qual informações sobre o sistema do produto são levantadas, e as entradas e saídas consideradas relevantes para o sistema são quantificadas.

Na fase de Avaliação de Impacto, os dados e as informações geradas na Análise de Inventário são associados a impactos ambientais específicos, e os potenciais destes impactos são avaliados. Por fim, na fase de Interpretação, os resultados das demais fases são combinados e interpretados de acordo com os

objetivos definidos previamente no estudo.

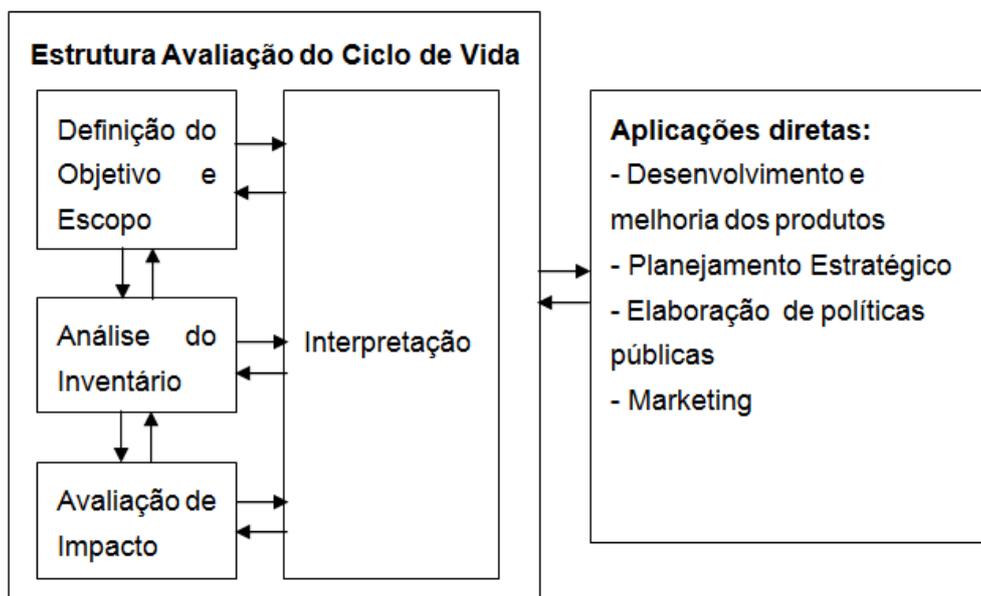


FIGURA 19 - FASES DE UM ESTUDO DE ACV
Fonte: Adaptado de ISO 14040 (ABNT, 2009).

Segundo Cavallet (2008), existem alguns “softwares” utilizados para realizar a ACV, dentre os quais se destacam o SIMAPRO e o GABI. Porém, estes softwares utilizam bancos de dados de sistemas dos Estados Unidos da América e Europa, limitando aplicações de análises em outros países. Levando em conta que, como afirma Monteiro (2011), a avaliação pode resultar em diferentes produtos dependendo do foco avaliado e da fronteira adotada.

Com relação ao uso da água na ACV, Foster et Al. (2006) concluíram que não há uma abordagem padrão para o uso da água nesta metodologia, de maneira que, estes impactos recebem atenções limitadas nestas aplicações e são considerados de forma simplificada. Já que, não possuem enfoque em problemas de ecossistemas de água doce do planeta, onde os aspectos chave são a extração de água, poluição da água e modificação física dos corpos hídricos.

Segundo HOEKSTRA et Al. (2009), a Pegada Hídrica pode ser um indicador da ACV de um produto, isto é, deve ser vista como complemento aos estudos de ACV. No tocante, reduzir a pegada sobre o ciclo de vida é uma forma importante de promover a produção e consumo sustentáveis (UNEP, 2009).

3.3.2. Outras metodologias

O Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) lançou, em 2007, a Ferramenta de Água Global. Trata-se de uma ferramenta de livre acesso e de fácil utilização para empresas e organizações que queiram mapear o seu uso da água e avaliar os riscos relativos às suas operações e cadeias de fornecimento. É uma ferramenta que quantifica a água retirada a partir de fontes de água doce (águas subterrâneas, superficiais e água da chuva) e salgada (m^3/ano), e a descarga de água doce e salgada para os meios receptores (m^3/ano). O método de cálculo consiste em subtrair a quantidade de água de descarga à quantidade de água consumida. Os resultados desta ferramenta são indicadores de retirada de água, água reutilizada, descarte total de água, gráficos com informações de quantidades de instalações, trabalhadores e fornecedores para a empresa em diversas regiões e situações de disponibilidade de água. O diferencial desta metodologia é a inclusão de água salgada na quantificação do consumo de água (WBCSD, 2007; PINA, 2010; Corporate Water Accounting, 2010).

Em adição, lançadas pela Iniciativa da Gestão Ambiental Global (GEMI) existem duas ferramentas: Ferramenta da Sustentabilidade da Água e GEMI Planejador de Sustentabilidade da Água. São ferramentas “online” que permitem aos administradores criarem estratégias relacionadas à água identificando riscos, através do fornecimento de informações iniciais de identificação de impactos e efeitos sobre a qualidade dos corpos hídricos. Todavia, esta ferramenta não resulta em informações quantitativas (Corporate Water Accounting, 2010).

Da mesma maneira, Gerbens-Leenes et Al. (2003), desenvolveram uma metodologia considerando três indicadores de problemas ambientais à escala global: Uso da água, do solo e de energia. O uso de água é dividido em duas partes: Uso de água doce direto por ano e uso de água doce indireto. A limitação do método é que para o cálculo do uso de água, o método não inclui o volume de precipitação, nem o volume de água poluída que é descarregada no meio receptor.

Resumidamente, na Tabela 7 é apresentado um comparativo das metodologias mais utilizadas de mensuração de uso da água. Dentre as metodologias apresentadas, a metodologia de Pegada Hídrica, proposta por Hoekstra et Al. (2011) pode ser considerada mais adequada para utilização na gestão de recursos hídricos, pois, apesar de apresentar algumas limitações, é uma metodologia eficaz por contemplar a utilização de água da chuva e a poluição gerada nos corpos hídricos na quantificação, além de ter potencial para utilização na sensibilização do público.

TABELA 7 - COMPARAÇÃO ENTRE AS PRINCIPAIS METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

METODOLOGIA	Pegada Hídrica	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	WBCSD Global Water Tool	GEMI Water Sustainability Tools
Pontos Fortes	-Boa ferramenta para fins de planejamento estratégico; -De fácil entendimento para público não técnico; -Avalia o uso da água.	-Adequada para avaliações ambientais	-Barato, rápido e não requer conhecimentos técnicos -Inventário simples para empresas compilarem seus dados de água.	-Barato, rápido, não requer conhecimentos técnicos
Pontos Fracos	-Metodologia genérica;	-Os resultados são de difícil entendimento para público não técnico	-Não aborda a qualidade da água -As avaliações fornecem apenas estimativas aproximadas de risco	-Avaliação ineficiente de riscos relativos
Utilização da água e impactos na qualidade	-A distinção entre Pegada Hídrica Verde e Azul ilustra uma comparação geral e o tipo de impacto; -Foca no principal poluente e calcula o volume teórico de água de diluição necessário para cumprir as normas reguladoras.	-Situa impactos de água dentro de um amplo entendimento -Utiliza medidas individuais de cargas de contaminantes -Normalmente não quantifica o impacto para corpos receptores específicos locais	-Não caracteriza o uso da água -Não avalia as questões de qualidade da água	-Fornece uma compilação de informações que podem ajudar a identificar os impactos, mas não quantificá-los -Fornece questões que ajudam as empresas a entender os seus efeitos sobre a qualidade dos corpos hídricos
Transmissão de informação sobre a água	-Ferramenta eficaz para sensibilização do público	-Tem ampla utilização em empresas	-Calcula automaticamente os indicadores relacionados à água	-Não se destina a utilização como uma ferramenta de comunicação.

Fonte: Adaptado de CORPORATE WATER ACCOUNTING, (2010).

4. AGROINDÚSTRIA DA SOJA

4.1. SOJA

A soja é uma planta da família das leguminosas, com nome científico de *Glycine Híspida*, é originária do sudoeste asiático e cerca de 90% de seu peso é constituído por água. Esta oleaginosa obteve expressão econômica a partir de meados do Século XX, graças às vastas aplicações industriais. Pois, é empregada pela agroindústria, indústria química e de alimentos (DEMARCHI, 2011; SILVA, 2005; FENDRICH, 2003).

Os produtos obtidos a partir do grão de soja são o farelo (ou torta), a lecitina e o óleo refinado. O farelo (ou a torta) obtido na fase de esmagamento, é muito utilizado na confecção de ração para alimentação animal. A lecitina é um agente emulsificante, usado na fabricação de diversos produtos alimentícios. E o óleo refinado é usado em produtos alimentícios, farmacêuticos e medicinais, temperos e também como fonte alternativa de combustível. (EMBRAPA, 2012a; MULLER, 2012).

Devido a esta grande versatilidade, atualmente, a soja pode ser considerada a principal oleaginosa no comércio mundial (DEMARCHI, 2011).

Dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA, 2012) confirmam que a soja é a cultura que mais cresceu em área e importância econômica durante as últimas décadas, participando com cerca de 60% da produção média mundial de grãos fornecedores de óleos.

Em se tratando dos produtores de soja, segundo FaoStat (2013) os principais países produtores são os Estados Unidos da América (USA), o Brasil, a Argentina, a China e a Índia. A produção da soja no mundo e as médias de produção anual estão apresentadas na Figura 20 e na Figura 21.



FIGURA 20 - PRODUÇÃO DE SOJA POR PAÍSES (TONELADAS)

Fonte: FAOSTAT (2013)

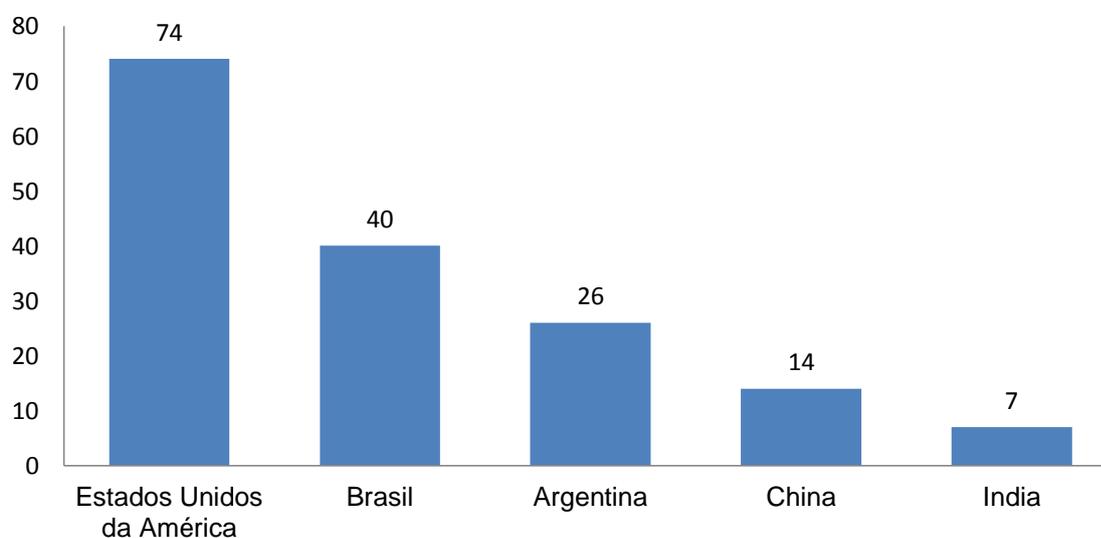


FIGURA 21 - MÉDIA DA PRODUÇÃO ANUAL DE 1992 A 2010 DOS CINCO MAIORES PRODUTORES MUNDIAIS DE SOJA (MILHÕES DE TONELADAS)

Fonte: FAOSTAT (2013)

Não obstante, Hirakuri e Lazzarotto (2011) constataram que comparando as produções mundiais de soja, milho, trigo e arroz, observa-se que a exploração sojícola é a atividade que apresentou a maior expansão, com um incremento de produção de 517%. A evolução da produção de soja dos cinco maiores produtores, no período de 1992 a 2010, é apresentado na Figura 22.

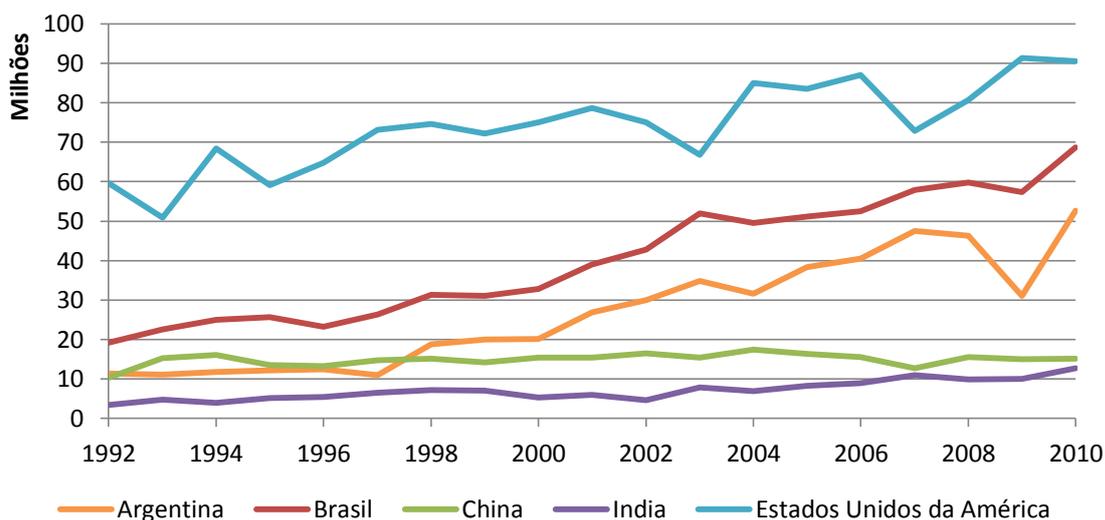


FIGURA 22 -PRODUÇÃO ANUAL DOS CINCO MAIORES PRODUTORES MUNDIAIS DE SOJA NO PERÍODO DE 1992 A 2010 (MILHÕES DE TONELADAS)

Fonte: FAOSTAT (2013)

A cultura da soja ocupa um papel fundamental no agronegócio da América do Sul. Juntos, o Brasil, a Argentina e o Paraguai totalizam 50% da produção mundial dos grãos de soja (MOREIRA, 2012).

Neste cenário, os negócios resultantes da agroindústria tornaram-se o principal suporte da economia brasileira. O agronegócio representa grande parcela das exportações brasileiras e dos empregos gerados (CAVALLET, 2008).

Sob este aspecto, os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) confirmam a importância da cultura da soja no Brasil, mostrando que o arroz, o milho e a soja são os três principais produtos, que somados representam 91,3% da estimativa da produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas, e respondem por 85,2% da área plantada.

No que confere à produção de soja no Brasil, segundo a CONAB (2012) e WAOB (2013), em 2013 o aumento na área plantada no âmbito brasileiro, poderá atingir um incremento de 8,8%, saindo do patamar de 25 milhões para 27 milhões hectares, constituindo-se no maior recorde de área plantada com a oleaginosa. Esta situação favorável, é possível devido ao quadro atual do clima nas principais regiões produtoras, aumento na área plantada e melhoria na produtividade dos grãos. Assim, a produção nacional apresenta características que permitem que se obtenha um incremento de 24,5%, comparativamente ao

ano anterior, atingindo o recorde de 82 milhões toneladas. No Anexo 1 podem ser observadas a área colhida de soja, a produção e produtividade no período de 1980 a 2011 no Brasil.

No País, a região Centro-Oeste concentra 46% da produção total, seguida pela região Sul com parcela de 37% da produção. Juntas as regiões Norte, Nordeste e Sudeste representam 17% da produção de soja brasileira, conforme pode ser observada na Figura 23 (IBGE, 2012).

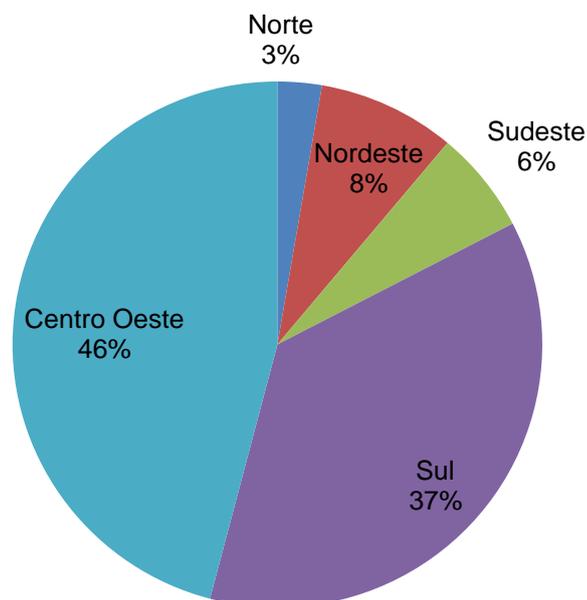


FIGURA 23 - PARTICIPAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SOJA POR REGIÃO BRASILEIRA
Fonte: IBGE (2012)

Cabe ressaltar que apenas o Estado do Paraná é o segundo principal estado produtor de soja, sendo o estado do Mato Grosso o maior produtor. Os produtores paranaenses colheram cerca de 10,84 milhões de toneladas na safra 2011/12. E na comparação das últimas cinco safras, o volume produzido aumentou cerca de 60%. Na Figura 24 podem ser observadas as áreas plantadas de soja no ano de 2011 no Estado do Paraná (MOREIRA, 2012; IBGE, 2012).

O agronegócio participa com 74% das exportações do Paraná, e o complexo soja (grão, farelo e óleo) responde por 46% das exportações do agronegócio. Dentro do estado, a região Norte é a maior produtora paranaense, e foi responsável, na última safra, por cerca de 30% da produção

estadual (BOZZA, 2011)

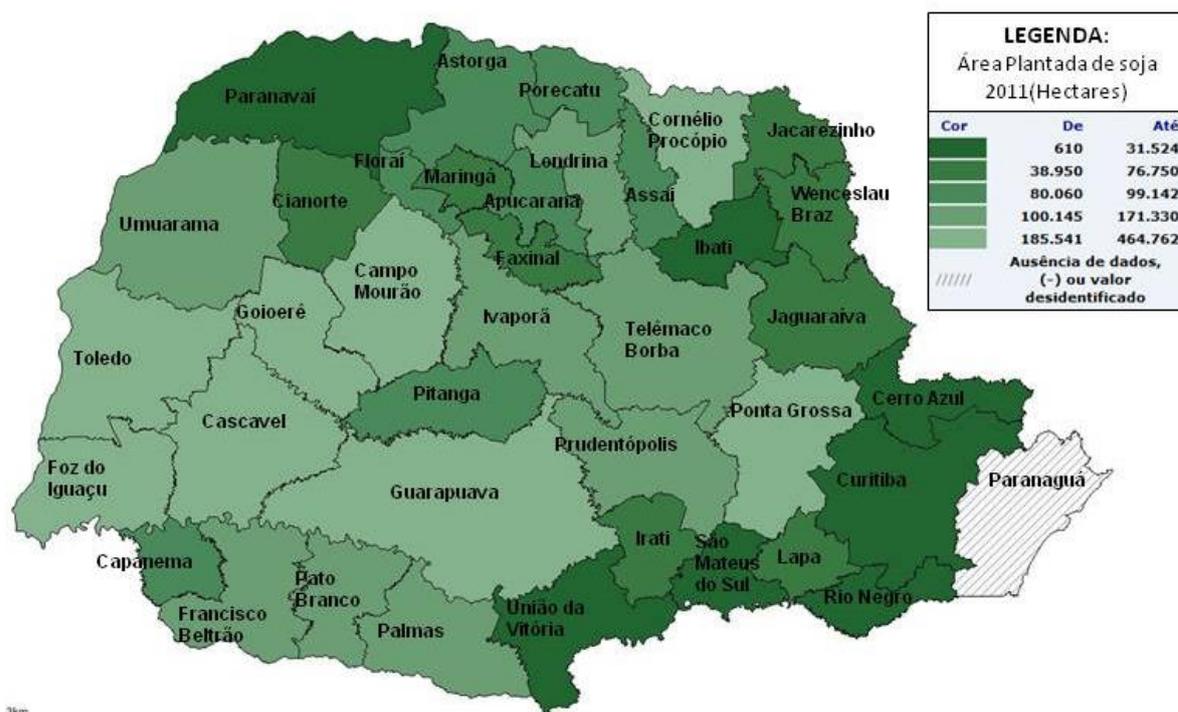


FIGURA 24 - MAPA REPRESENTATIVO DA ÁREA PLANTADA DE SOJA NO PARANÁ NO ANO DE 2011

Fonte: Adaptado de IBGE (2012)

Dados divulgados pela Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio (SRI), do Ministério da Agricultura (MAPA), mostram que o Paraná é responsável por 14% (US\$ 43,1 bilhões) das exportações do agronegócio brasileiro, ocupando o segundo lugar, depois, apenas de São Paulo (BOZZA, 2011).

Em se tratando da produtividade da soja no estado do Paraná, na Tabela 8 são apresentados resultados do estudo de Fendrich (2003), com valores de produtividade da soja para os anos de 1993 a 2001, a partir do estudo da chuva e produtividade da soja na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR.

TABELA 8 - VALORES DE PRODUTIVIDADE DA SOJA
NA FAZENDA EXPERIMENTAL GRALHA
AZUL DA PUCPR

Ano	Produtividade (kg/ha)
1993/94	2.716
1994/95	2.949
1995/96	2.134
1996/97	2.159
1997/98	2.271
1998/99	2.813
1999/00	2.439
2000/01	2.977

Fonte: Adaptado de FENDRICH (2003)

4.2. ÓLEO DE SOJA

Um dos principais segmentos da cadeia agroindustrial da soja é a indústria de esmagamento da soja. Este segmento extrai, refina e processa derivados do óleo vegetal: óleo bruto, óleo refinado e farelo de soja (GOLLO et Al., 2010).

Segundo o Fundo Mundial para a Natureza (WWF-Brasil, 2012a), a indústria brasileira transforma em torno de 31 milhões de toneladas de soja por ano, produzindo 5,8 milhões de toneladas de óleo comestível e 23,5 milhões de toneladas de farelo, destinados em parte à produção nacional de carnes, ovos e leite. Da produção anual brasileira de soja e derivados, são exportados mais de 40% dos grãos, metade do farelo e 30% do óleo.

Apesar de representar a menor parcela de exportação, a importância da indústria de óleo de soja é devido ao fato que, quando comparado com o farelo e o grão de soja, segundo Lopes (2008), o maior valor pago por tonelada é atribuído ao óleo, que por ser o mais industrializado, movimenta mais a economia do nosso País. Ainda segundo a autora, trata-se de uma fonte potencial de aplicação e geração de emprego na indústria.

O óleo de soja é utilizado na indústria química e alimentícia, na qual compete com outros óleos como do girassol, do milho e da canola. Também é utilizado para uso como combustível, puro ou em mistura com derivados de

petróleo (DEMARCHI, 2011).

Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2012b), a relação entre consumo e produção de óleo de soja prevista para os próximos anos é em torno de 78%. Dos quais, a maior parte do óleo é para o consumo humano e outra parte tem sido destinada à produção de biodiesel. Da produção total de óleo de soja, estima-se que 27,0% sejam para a produção de biodiesel. E 22% da produção total de óleo de soja deverá ser destinada à exportação.

Desta forma, considerando a capacidade de esmagamento interna e o crescimento industrial, o esmagamento de grão para óleo e farelo deverá girar próximo de 38,25 milhões de toneladas em 2013, conforme pode ser observado na Figura 25, que demonstra a exportação da soja, farelo e óleo nos últimos 11 anos, bem como a previsão para o ano de 2013.

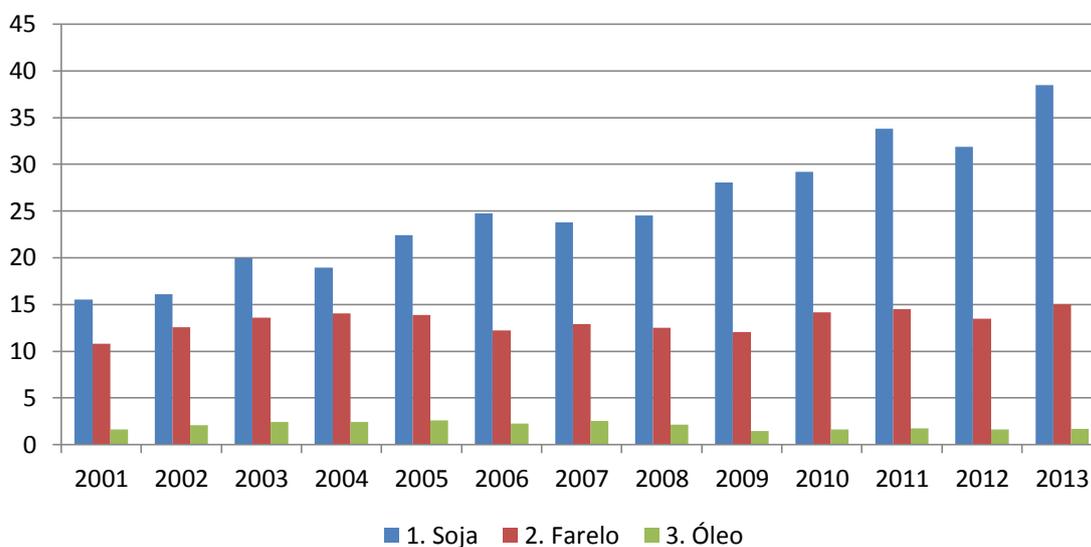


FIGURA 25 - EXPORTAÇÃO DE SOJA, FARELO E ÓLEO NO BRASIL NO PERÍODO DE 2001 A 2013 (MILHÕES DE TONELADAS)

Fonte: IBGE (2012)

Neste contexto a capacidade instalada das indústrias de óleos vegetais do Brasil no ano de 2012 pode ser observada na Tabela 9. É possível observar que o estado do Paraná destaca-se com relação à capacidade de processamento de óleos vegetais, representando 21% do total.

TABELA 9 - CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO, REFINO E ENVASE DE ÓLEO DE SOJA POR ESTADO

Estado	Total 2012					
	Capacidade de Processamento		Capacidade de Refino		Capacidade de Envase	
	T/dia	%	T/dia	%	T/dia	%
Paraná	35745	21%	4080	17%	2032	12%
Mato Grosso	35486	20%	3313	14%	2536	15%
Rio Grande do Sul	30560	18%	2420	10%	1973	11%
Goiás	21285	12%	3090	13%	2512	14%
São Paulo	13950	8%	6215	25%	4650	27%
Mato Grosso do Sul	10790	6%	1278	5%	520	3%
Minas Gerais	9100	5%	1330	5%	990	6%
Maranhão	1525	1%	300	1%	300	2%
Bahia	6600	4%	1093	4%	946	5%
Santa Catarina	2750	2%	674	3%	349	2%
Piauí	2800	2%	120	0%	180	1%
Amazonas	2000	1%	0	0%	0	0%
Pernambuco	400	0%	450	2%	222	1%
Rondônia	350	0%	0	0%	40	0%
Ceará	100	0%	100	0%	100	1%
Total	173441		24463		17350	

Fonte: Adaptado de ABIOVE (2013a)

5. ESTUDO DE CASO

A metodologia utilizada no projeto respeitou a ordem de quatro etapas. Primeiramente, foi realizado um amplo levantamento bibliográfico, para possibilitar a execução da segunda etapa do projeto, que consta na aplicação das ferramentas de gestão (Água Virtual e Pegada Hídrica) para o cálculo da PH de um produto agrícola (soja) e, na sequência de um produto industrializado (óleo de soja). Em função destes cálculos, como terceira etapa do projeto, foi calculado o balanço hídrico dos dois produtos para uma região brasileira. Por fim, na quarta e última etapa, através dos resultados obtidos das etapas anteriores, foi realizada a análise da utilização da Pegada Hídrica na gestão dos recursos hídricos.

5.1. COMPILAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS

Com o objetivo amplo de explorar e mapear o estado da arte dos indicadores Água Virtual e Pegada Hídrica foram pesquisados, a partir de artigos localizados através de bases de dados Science Direct e SciELO, os termos “Water Footprint”, “Virtual Water” e “Water Security” e seus equivalentes em Português, sem limitação da busca por data. Estes conceitos se encontram, atualmente, somente em publicações recentes, ainda com restrito número de aplicações dos conceitos.

A busca de informações foi realizada em diversas áreas do conhecimento, dentre as quais Agronomia, Industrial, Engenharia De Recursos Hídricos, Engenharia De Produção e Economia.

Através do estudo do tema, foi verificado que a metodologia Pegada Hídrica foi considerada apropriada para o estudo em questão, que engloba o cálculo da Pegada Hídrica de um produto agrícola e um produto industrializado. Bem como, a análise dos resultados destes cálculos para verificação dos conceitos de Pegada Hídrica e Água Virtual na gestão dos recursos hídricos.

5.2. PEGADA HÍDRICA DA SOJA E DO ÓLEO DE SOJA

Com o intuito de verificar a utilização do instrumento da Pegada Hídrica na gestão dos recursos hídricos, foi realizada a quantificação da Pegada Hídrica da cultura de soja na região de Maringá, localizada no Estado do Paraná, e do óleo de soja, para uma indústria localizada em Araucária, Região Metropolitana de Curitiba.

Optou-se pela cultura da soja, devido à forte e crescente presença da produção desta cultura em nosso País. E, a partir da definição da cultura a ser estudada, foram pesquisadas diversas indústrias que utilizam a soja como matéria-prima, a fim de se determinar a Pegada Hídrica de um produto agrícola e um produto industrializado.

Em contato com uma indústria produtora de soja, a Imcopa - Importação, Exportação e Indústria de Óleos S.A., foram indicadas as principais cooperativas fornecedoras de soja para indústria no Estado do Paraná. A partir destas informações, foi efetuado contato com a Cocamar Cooperativa Agroindustrial de Maringá, que atende a região do Município de Maringá, determinando a região do estudo de caso para o cálculo da PH da soja.

Desta forma, as informações utilizadas para a realização do Estudo de Caso são oriundas de pesquisas bibliográfica, de informações fornecidas pela Cooperativa Cocamar e pela Indústria de Óleos Imcopa.

As Pegadas Hídricas foram mensuradas seguindo a estrutura recomendada pela organização *Water Footprint Network* (WFN), descrita na publicação *The Water Footprint Assessment Manual* (HOEKSTRA et Al., 2011).

Neste sentido, cabe colocar que este estudo contemplou as Fases 01 e 02 da metodologia de Pegada Hídrica, conforme destacado em vermelho na Figura 26. Não incluindo as fases de Análise de Sustentabilidade e Formulação da Resposta aos Resultados.

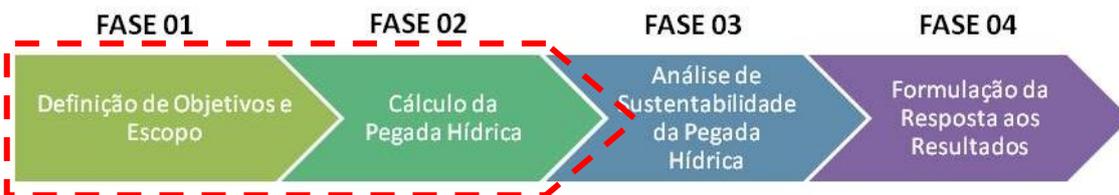


FIGURA 26 - FASES DA METODOLOGIA PEGADA HÍDRICA CONTEMPLADAS NO ESTUDO DE CASO

Para a mensuração das Pegadas Hídricas Verde, Azul e Cinza do óleo de soja foram utilizados dados fornecidos pela indústria Imcopa - Importação, Exportação e Indústria de Óleos S.A. Além disso, foi consultada a literatura para complementar os dados necessários para os cálculos.

5.2.1. Pegada Hídrica da soja

Conforme afirma Muller (2012), durante a fase de cultivo, os procedimentos empregados podem variar dependendo de fatores como: Condições climáticas, tecnologias disponíveis, presença de praga, doenças na cultura, dentre outros.

Desta forma, para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas informações fornecidas pela Cocamar Cooperativa Agroindustrial, dos procedimentos genéricos empregados na região de Maringá,

Face a isto, o sistema de cultivo da soja considerado, foi o plantio direto, sem utilização da irrigação, com a consideração do plantio ocorrendo com aproveitamento dos restos do cultivo de milho, trigo e aveia como cobertura verde.

Na região de Maringá, as atividades agrícolas são realizadas em quatro etapas. Na primeira etapa, ocorre o preparo do solo através de operações de calagem (para correção e manutenção da acidez). Da mesma forma ocorre o procedimento de dessecação (utilizado no pré-plantio da cultura), no qual é distribuído herbicida por pulverizadores acoplados a tratores ou através da aplicação aérea. Na segunda etapa, na fase do plantio, as sementes são previamente tratadas com inseticidas e fungicidas, seguidas da semeadura da soja em conjunto com a fertilização.

Após a semeadura, na terceira etapa, a lavoura é acompanhada por técnicos e agrônomos, que tomam as decisões sobre aplicações de fungicidas,

inseticidas e herbicidas, conforme índices de ocorrência de doenças, pragas e ervas daninhas. Na média, na região de Maringá, ocorrem 2 aplicações de fungicidas, de 3 a 4 de inseticidas, 1 de herbicida em pré-emergência e 1 de pós-emergência.

Por fim, na última etapa, são recolhidos os grãos através de colheitadeiras, com um picador de palhas acoplado, que deixa os restos da cultura no próprio solo para o próximo cultivo.

Segundo Muller (2012), por indicações técnicas, a aplicação do nitrogênio não é recomendada, devido à capacidade da soja em fixá-lo naturalmente. Todavia, a aplicação deste nutriente foi considerada neste estudo, por ser considerada uma prática comumente adotada.

A produtividade adotada para o cálculo da Pegada Hídrica Verde foi de 2.460 kg/ha, média de produtividade de soja no Brasil nos últimos 30 anos, conforme Anexo 1. Foi adotada a média de produtividade brasileira e não da região específica de Maringá, pois não foram encontrados dados de produtividade de soja confiáveis e com duração suficiente para que fosse feita a média. Além disso, esta informação condiz com os dados determinados por Fendrich (2003), na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR, no município de Fazenda Rio Grande, Região Metropolitana de Curitiba, no Estado do Paraná.

5.2.1.1 Pegada Hídrica Verde da soja

Com relação à Pegada Hídrica Verde para a cultura de soja, na estimativa de consumo de Água Verde no cultivo de soja, foram realizadas simulações, através do software CROPWAT v.8.0, desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). A interface do programa pode ser observada na Figura 27.

Com relação aos dados de entrada referentes a clima e precipitação, primeiramente foram utilizadas informações de médias mensais do município de Maringá oriundas do Software ClimWat 2.0 da FAO. Esta simulação resultou nos valores de 3,65 mm/dia para a média de ET_0 , e 351,8 mm para

evapotranspiração da cultura, considerando o ciclo da soja de 120 dias.

Em seguida, foi feita a simulação com dados médios mensais de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação, oriundos da Estação Meteorológica de Maringá no período de Outubro de 1998 a janeiro de 2013, obtidos junto ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Na ausência de dados de insolação na estação do SIMEPAR de Maringá, necessários como dados de entrada no Software CROPWAT 8.0, foram utilizados dados médios mensais de insolação do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR, 2013), da estação meteorológica de Londrina (devido à proximidade com o município de estudo e inexistência de estação com dados de insolação em Maringá). Assim, a entrada dos dados fornecidos pelo SIMEPAR e IAPAR (2013) no software, resultou nos valores de 4,89 mm/dia para média de ET_0 , e 441,0 mm para evapotranspiração da cultura, considerando o ciclo da soja de 120 dias.

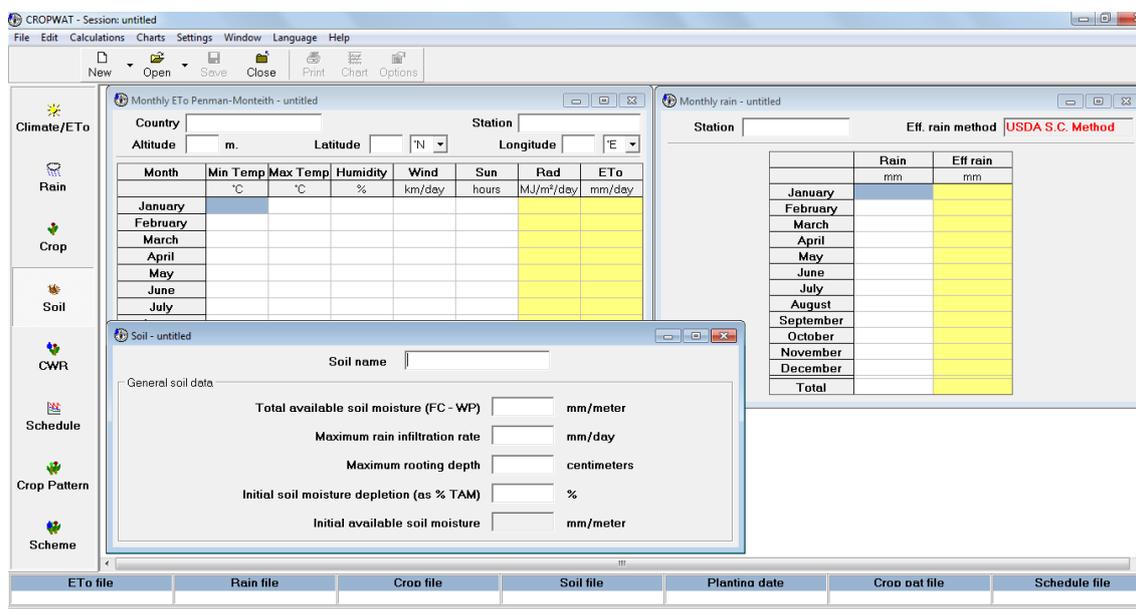


FIGURA 27 - INTERFACE DO SOFTWARE CROPWAT 8.0

Os dados agrometeorológicos utilizados em ambas as simulações podem ser observados nos Apêndices 1 e 2.

No que se refere aos dados de entrada do solo, primeiramente foram coletadas informações sobre o tipo de solo predominante na região de estudo. O solo na região do Município de Maringá foi determinado através da nova versão do Mapa De Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do

Paraná (Bhering e Santos, 2008), com legenda atualizada para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

Através da Figura 28, foi identificado que na Região de Maringá há presença de dois tipos de solos: Nitossolos Vermelho Distroféricos e Latossolos Vermelho Distróficos, além de afloramentos rochosos. Com predominância de Latossolo Vermelho.

Segundo IBGE (2007), os Latossolos Vermelhos, representam mais de 50% do Território Brasileiro, sendo a ordem mais importante em termos agrícolas, por ter elevado potencial para esta finalidade. Tem boa drenagem e baixa fertilidade natural, necessitando de correções químicas para aproveitamento agrícola.

Neste sentido, Muller (2012), citando Genro Junior et Al. (2009), Marcolin (2009), Serafim et Al. (2008) e Gomes (1997), consideram que para este tipo de solo a Capacidade de Água Disponível (CAD), geralmente, varia de 130 mm/m a 180 mm/m, e a taxa de infiltração máxima é de 84 mm/dia. Assim, nas simulações no CROPWAT foram adotados os valores de CAD de 180 mm/m e como taxa de infiltração máxima utilizou-se o valor de 84 mm/dia.

No que se refere às características do cultivo de soja, foram utilizados dados fornecidos pela Cooperativa Agropecuária Cocamar: Com ciclo de soja de 120 dias. Já os valores dos coeficientes de cultivo (K_c), para os estágios de desenvolvimento da soja, foram obtidos a partir de dados da ANA (2009), que sugere valores de 1,15 e 0,5 para coeficientes de cultura para fase média e final, respectivamente.

Em se tratando das características da cultura, a profundidade máxima da raiz adotada foi de 99 cm, conforme sugere o trabalho de Raij (2010). E, os dados de fator de depleção inseridos no Software CROPWAT foram de 0,5 para a fase inicial, 0,6 para fase média e 0,9 para fase final, seguindo os valores sugeridos pela FAO (2010) e os utilizados no estudo de Muller (2012).

Após a introdução dos dados de entrada no modelo CROPWAT 8.0, obteve-se os resultados das duas simulações realizadas, apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 – RESULTADOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DA SOJA NA REGIÃO DE MARINGÁ PARA SIMULAÇÕES 1 E 2.

	ET₀ (mm/dia)	Evapotranspiração da cultura (mm)
Simulação 1 – Dados ClimWat	3,65	351,8
Simulação 2 – Dados SIMEPAR e IAPAR	4,89	441,0

O consumo de Água Verde foi determinado através da Equação 3.3, com valores resultantes da evapotranspiração da cultura. Na sequência, em função do valor de consumo de Água Verde, a Pegada Hídrica Verde foi determinada através da Equação 3.2.

5.2.1.2 Pegada Hídrica Azul da soja

Como na região de Maringá o cultivo da soja não é realizado com irrigação da cultura, a componente PH_{Azul} foi considerada como sendo igual à zero.

5.2.1.3 Pegada Hídrica Cinza da soja

A Pegada Hídrica Cinza dos grãos de soja foi determinada através da Equação 3.6. Esta componente foi calculada para o nitrogênio, pois se trata do poluente mais crítico para esta cultura, segundo Hoekstra et Al. (2009).

O valor assumido para a fração de lixiviação foi de 0,10 com base na recomendação de Chapagain et Al.(2006) e o valor de taxa de aplicação adotado foi de 50 kg N/ha, seguindo dados da EMBRAPA SOJA (2000).

No que se refere à concentração máxima de nitrogênio, foi assumido o valor de 10 mg/L, conforme limite máximo permitido para rios de Classe II pela

Resolução 357 do CONAMA. E, levando-se em conta a recomendação de Hoekstra et Al.(2009), assumiu-se o valor de concentração natural de nitrogênio no corpo hídrico igual a zero.

5.2.2. Pegada Hídrica do óleo de soja

5.2.2.1 Pegada Hídrica do processo de produção do óleo de soja

Seguindo a metodologia da Pegada Hídrica, a fim de determinar a Pegada Hídrica de um determinado produto, deve-se, primeiramente, mensurar a Pegada Hídrica do processo de fabricação do produto, para posteriormente somar esta Pegada Hídrica aos valores de Pegada Hídrica dos produtos de entrada no processo.

Face a isto, para a quantificação da Pegada Hídrica do processo de fabricação do óleo de soja, foram utilizadas informações fornecidas pela indústria Imcopa - Importação, Exportação e Indústria de Óleos S.A., cujo processo de industrialização segue as seguintes etapas: A primeira etapa do processo para produção do óleo de soja é o recebimento dos grãos. São recebidas 3.200 toneladas de grãos de soja por dia na Imcopa. A soja recebida pela indústria, usualmente, apresenta teor de umidade inferior aos da colheita, por ser oriunda das cooperativas, que secam os grãos a espera de preços melhores entre as safras. A soja recebida passa por processos de pré-limpeza, secagem e armazenamento.

Em seguida, os grãos de soja passam pelo processamento, no qual são quebrados, descascados, peneirados, aspirados, laminados e expandidos. Na sequência, ocorre o processo de extração, através do uso de solvente orgânico, que resulta em farelo e óleo. Das 2.400 toneladas de soja processadas por dia na Imcopa, 470 toneladas por dia resultam em óleo bruto (com umidade de 0,08%), 1.680 toneladas por dia resultam em farelo (com umidade de 12,5%) e 198 toneladas por dia são cascas dos grãos (com umidade de 10,54%) extraídas no processo.

A seguir a miscela de saída do extrator é submetida ao processo de destilação para separação do solvente. Na etapa seguinte o óleo destilado

passa pela degomagem, que resulta em goma (32 toneladas por dia), e óleo degomado (440 toneladas por dia). Na degomagem é adicionado 1% de água na corrente de óleo bruto, hidratando assim os fosfolipídios (lipídeos que contém fósforo) e separando-os por centrifugação, para formar a goma. A partir da goma pode ser obtido o produto comercial conhecido como lecitina de soja (23,2 t/dia) utilizada comercialmente como emulsionante e lubrificante nas indústrias farmacêuticas e alimentícias.

O óleo degomado é refinado, através de etapas de neutralização (aplicação de hidróxido de sódio), clarificação (filtração em terra clarificante) e desodorização (destilação sob vácuo). Resultando, assim, no óleo refinado (400 toneladas por dia).

É válido ressaltar que no processo de Neutralização do óleo degomado, a adição de soda 50% permite a remoção dos ácidos graxos livres e demais impurezas, totalizadas em um subproduto chamado de borra. A borra é constituída por fosfolipídios, pigmentos, óleo bruto, metais e outros constituintes de característica hidrofílica.

Na Figura 29 é apresentado o fluxograma que representa os produtos de entrada, intermediários e de saída da Imcopa, bem como a umidade de cada produto envolvido.



FIGURA 29 - FLUXOGRAMA QUE REPRESENTA OS PRODUTOS DE ENTRADA, INTERMEDIÁRIOS E DE SAÍDA DA IMCOPA

Resumindo, na Figura 30 estão representados os produtos de entrada e saída da indústria, considerados no cálculo da Pegada Hídrica do óleo de soja.

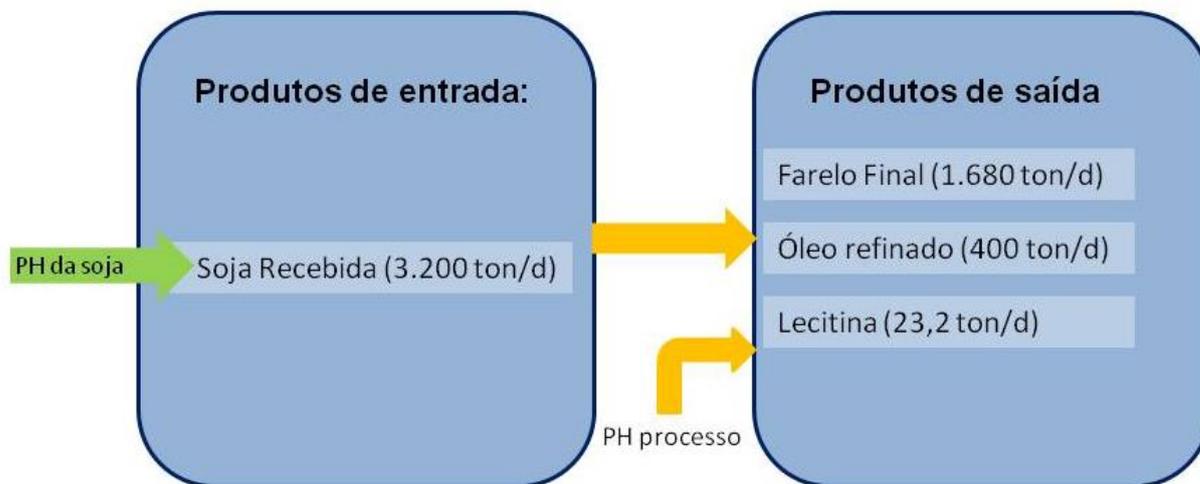


FIGURA 30 - PRODUTOS DE ENTRADA E SAÍDA DA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE SOJA NA IMCOPA

5.2.2.2 Pegada Hídrica Verde do processo de produção do óleo de soja

No cálculo da Pegada Hídrica Verde para óleo de soja utilizou-se dados de umidade fornecidos pela indústria. A umidade dos produtos de entrada, intermediários de saída pôde ser observada na Figura 29.

Assim, através de informações de umidade dos produtos em cada processo, foi calculada a evaporação total que ocorre no processo. Nos cálculos foi utilizada a umidade do produto de entrada (soja) de 11,60% reduzindo-se da umidade do produto final (óleo de soja) de 0,02%. Foi considerado, também, que a quantidade de soja recebida é de 3.200 toneladas por dia e que são produzidas 400 toneladas de óleo refinado por dia. Desta forma, o valor total evaporado foi de 29,12 toneladas de água por dia.

5.2.2.3 Pegada Hídrica Azul do processo de produção do óleo de soja

Através de informações fornecidas pela indústria de adição de vapor em diversas etapas da produção de óleo refinado, foi determinada a quantidade total de Água Azul utilizada no processo de fabricação do óleo de soja. Esta quantidade total foi obtida por meio da soma das quantidades de vapor utilizadas (por tonelada de soja) nas etapas de moagem de soja, refinaria e lecitina. Conforme informações presentes da Tabela 11.

TABELA 11 -VAPORES DE ÁGUA AZUL UTILIZADA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA

	Moagem de Soja	Refinaria	Lecitina
VAPOR - kg / t	239,33	130,99	1.618
VAPOR (Desaerador) - kg / t	20,41	11,04	144

Fonte: Adaptado de IMCOPA - IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E INDÚSTRIA DE ÓLEOS S.A.

Assim, obtemos o valor resultante de 2.613,76 quilos de água sendo adicionados por dia na indústria. Ou seja, considerando que são produzidas 400 toneladas de óleo refinado por dia, 2,16 m³ de vapor são adicionados por tonelada de óleo de soja refinado produzido.

5.2.2.4 Pegada Hídrica Cinza do processo de produção do óleo de soja

Para o cálculo da Pegada Hídrica Cinza do processo de produção do óleo de soja, foi utilizada a Equação 3.10. Na ausência de dados da indústria, foram adotados valores sugeridos pela literatura. Assim, para o cálculo da Pegada Hídrica Cinza, o parâmetro considerado como mais crítico no efluente de indústrias de óleo vegetais, segundo Muller (2012) e Olivatto (2009), é a DBO.

No que se refere à concentração máxima de DBO, foi assumido o valor de 5 mg/L, conforme limite máximo permitido para rios de Classe II pela Resolução 357 do CONAMA. Além disso, levando-se em conta a recomendação de Sperling et Al. (2005), assumiu-se o valor de concentração natural de DBO no corpo hídrico igual a 1 mg/L.

Segundo o estudo realizado por Olivatto (2009), na análise da eficiência de Estação de Tratamento de Efluentes em indústria de extração de óleo de soja, a concentração de DBO no efluente é, em média, de 19 mg/L. Para aplicação na equação de cálculo de Pegada Hídrica Cinza do processo (Equação 3.10), deve ser calculada a carga do poluente (massa sobre tempo). Desta maneira, como não foram fornecidos dados de vazão de efluentes pela indústria, foi adotada a vazão de 3 m³/hora, valores sugeridos por Olivatto (2009) e Cecchet (2007) para vazão de efluentes de indústrias de óleos vegetais.

5.2.2.5 Pegada Hídrica Total do processo de produção do óleo de soja

A Pegada Hídrica total do processo de fabricação do óleo refinado foi calculada através da Equação 3.7. Sendo somados os valores de Pegadas Hídricas Verde, Cinza e Azul para o processo de industrialização da soja.

Depois de calculada a Pegada Hídrica do processo de produção do óleo de soja, foi calculada a Pegada Hídrica do óleo de soja através da Equação 3.11.

Como o fluxograma da indústria sugere, há um produto de entrada e três produtos de saída. Desta forma, foi utilizada a abordagem acumulativa, sendo os parâmetros $f_p[p,i]$ e $f_y[p,i]$ considerados para que o cálculo da Pegada Hídrica possa ser específico para o produto final óleo de soja refinado, levando em conta que há mais dois produtos de saída no processo (lecitina e farelo de soja).

O parâmetro $f_p[p,i]$, referente à comparação entre as massas dos produtos finais produzidos com a massa do produto de entrada foi determinado através da Equação 3.12. Considerando que são produzidas 400 toneladas por dia de óleo de soja refinado, a partir da entrada de 3.200 toneladas diárias de soja. O parâmetro $f_p[p,i]$ resultou no valor de 0,125.

O parâmetro $f_y[p,i]$, definido como a razão entre o valor de mercado deste produto e o valor de mercado total de todas as saídas de produtos, foi determinado através da Equação 3.13.

Segundo a Associação Brasileira de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2013b) os

valores de mercado da tonelada dos produtos óleo de soja refinado, lecitina e farelo de soja são U\$1085,19, U\$1910,51 e U\$490,77, respectivamente. Resultando no valor de 0,333 para o parâmetro $f_y[p,i]$.

5.2.2.6 Pegada Hídrica Total do óleo de soja, considerando importações de soja

Para o cálculo da Pegada Hídrica do óleo de soja, foi considerada como importação a soja transportada de outros estados para o Paraná, estado onde fica localizada a indústria. Por simplificação não foram utilizados dados por bacias, devido à dificuldade em encontrar informações com delimitação por esta unidade.

Para consideração da soja importada de outros estados, foi adotada a proporção de 60% de soja oriunda do Mato Grosso, 35% do Paraná e 5% de São Paulo, conforme informações fornecidas pela Imcopa - Importação, Exportação e Indústria de Óleos S.A. A soja é importada de outros estados, porque a indústria utiliza apenas soja que não seja transgênica, cuja disponibilidade é limitada no Paraná.

No tocante, dado a ausência de dados de Pegada Hídrica para transporte no Brasil, foi determinada a Pegada Hídrica do transporte rodoviário para este estudo através do resultado encontrado por Gerbens-Leenes e Hoekstra (2010), para transporte rodoviário nos EUA, de valor médio igual a 261 litros por tonelada de material transportado por quilômetro (236 litros de Pegada Hídrica Verde e 25 litros da Pegada Hídrica Azul) .

Assim, foi determinada através do Google Maps, a distância entre as principais cooperativas fornecedoras de soja para a indústria, situada na cidade de Araucária, Região Metropolitana de Curitiba.

Por meio da multiplicação dos valores de distância média pelo valor de Pegada Hídrica do transporte adotado, foram obtidos os valores de Pegada Hídrica para o transporte de soja com origem em Mato Grosso, São Paulo e Maringá para a indústria em Araucária.

As distâncias consideradas, bem como a Pegada Hídrica Total do transporte rodoviário da soja, podem ser observadas na Tabela 12.

. TABELA 12 - PEGADA HÍDRICA TOTAL DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DA SOJA

Local De Destino	Local De Origem	Tipo De Transporte	Distância Média (Km)	Pegada Hídrica (m ³ /t.km)	PH Total de Transporte da Soja (m ³ /t)
Araucária (PR)	Mato Grosso	Rodoviário	1723	0,261	449,7
	São Paulo	Rodoviário	497		129,7
	Maringá (PR)	Rodoviário	422		110,1

Fonte: Adaptado de IMCOPA - IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E INDÚSTRIA DE ÓLEOS S.A.

5.3. FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL PELA SOJA E PELO ÓLEO DE SOJA

A metodologia utilizada para mensuração da Água Virtual importada e exportada, bem como do fluxo de Água Virtual foi a recomendada por Hoekstra e Hung (2003). Foram considerados dados da exportação brasileira, e não paranaense, devido à dificuldade em encontrar dados de exportação e importação a partir de bacias e estados brasileiros.

Foram utilizadas informações de importações e exportações Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013), através das médias de exportações e importações no período de 2009 a 2012, conforme Anexos 2 e 3. Estes valores foram aplicados nas Equações 3.14 e 3.15 para determinação dos valores de Água Virtual de importação e exportação. E a partir da aplicação da Equação 3.16, foram determinados os valores dos fluxos de Água Virtual da soja e do óleo de soja.

Para a estimativa de fluxos de AV entre o Brasil e demais países, por simplificação, foi utilizada como média brasileira a PH da soja cultivada na região de Maringá e a PH do óleo de soja produzido na região de Araucária.

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1. PEGADA HÍDRICA DA SOJA

Conforme apresentado no capítulo anterior, foram realizadas duas simulações no Software CROPWAT. A primeira simulação, que utilizou dados oriundos do Software ClimWat 2.0, resultou em uma Pegada Hídrica Total de 1846,75 m³/t. Já a segunda simulação, na qual foram utilizadas informações do SIMEPAR e do IAPAR resultou em 2.209,35 m³/t de Pegada Hídrica Total. Desta forma, a diferença percentual observada nos valores de Pegada Hídrica Total entre as duas simulações foi de 19,6%.

Foi adotada a Pegada Hídrica Verde resultante da segunda simulação, pois esta simulação considerou dados regionalizados, que podem ser considerados mais precisos.

A partir destas considerações, as Pegadas Hídricas Verde (1.792,7 m³/t), e Cinza (416,67 m³/t) para a cultura de soja na Região de Maringá encontram-se na Figura 31. O valor calculado de Pegada Hídrica Verde corresponde 81% do valor da Pegada Hídrica Total. Já o valor de Pegada Hídrica Cinza corresponde a 19% da Pegada Hídrica Total.

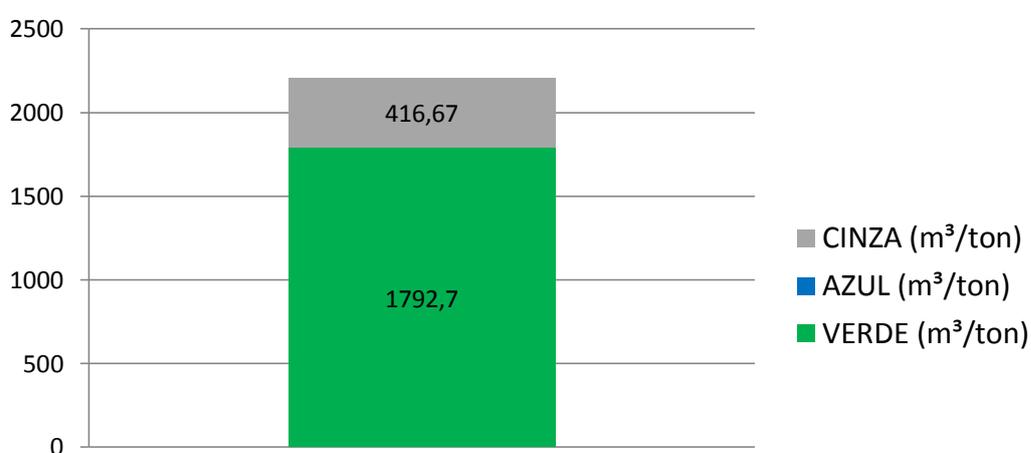


FIGURA 31 - PEGADA HÍDRICA TOTAL DA SOJA NA REGIÃO DE MARINGÁ

Na Figura 32 são apresentados valores de Pegada Hídrica da cultura da soja observados na literatura. Nota-se que o valor resultante deste estudo é coerente com a literatura consultada.

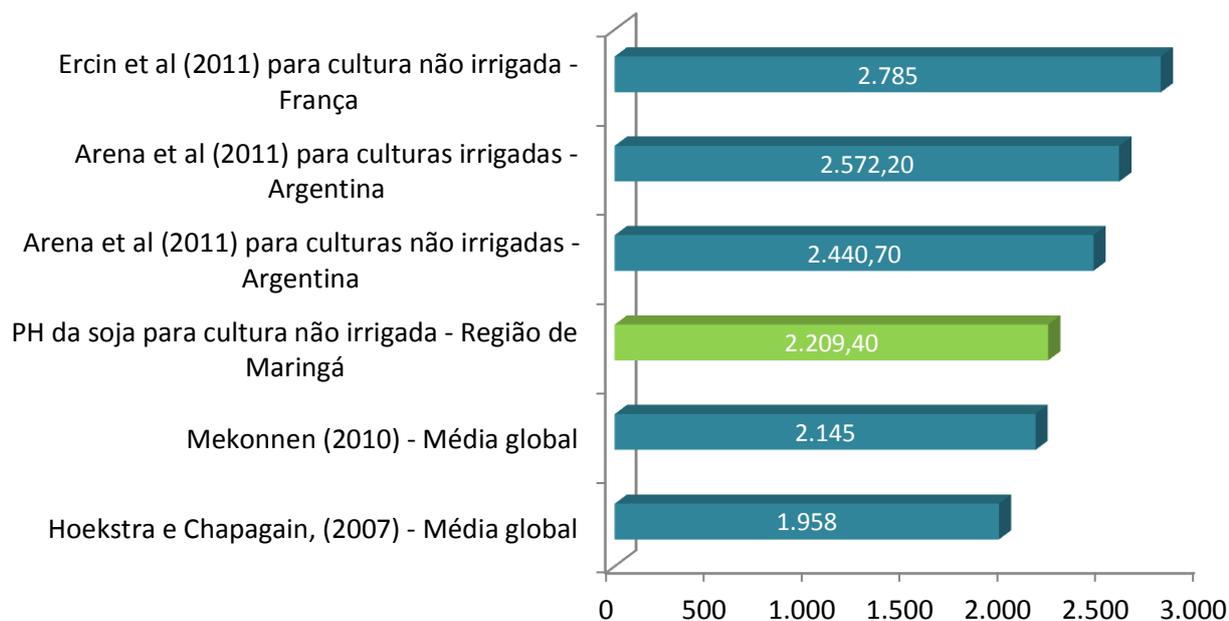


FIGURA 32 - COMPARAÇÃO ENTRE PEGADAS HÍDRICAS DA CULTURA DA SOJA POR DIVERSOS AUTORES (m³/t)

Outro aspecto interessante que pode ser observado com os resultados, se deve à comparação do valor obtido de PH da soja com outras culturas. Neste caso, as diferenças nos valores de Pegada Hídrica são significativas, conforme pode ser observado na Figura 33.

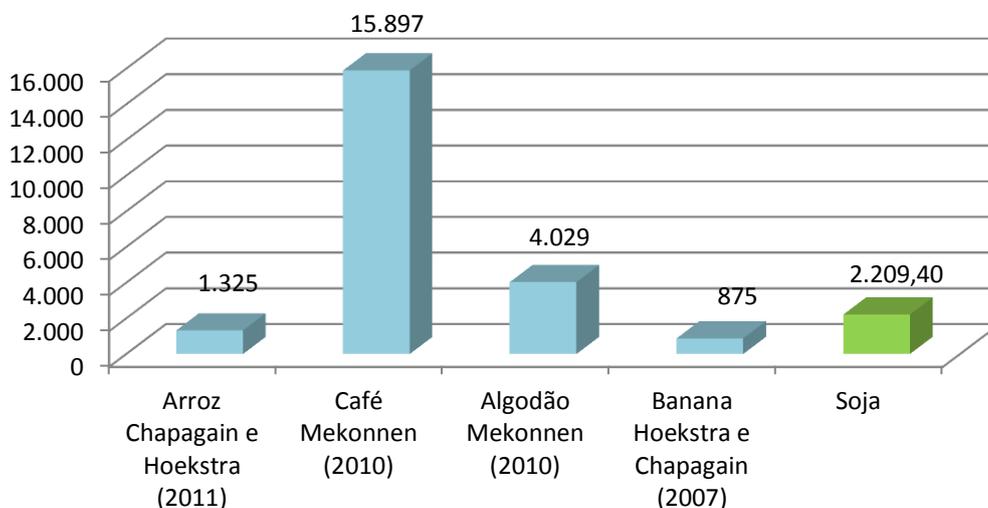


FIGURA 33 - COMPARAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA DA SOJA COM PEGADAS HÍDRICAS DE ARROZ, CAFÉ, ALGODÃO E BANANA (m³/t)

6.2. PEGADA HÍDRICA DO ÓLEO DE SOJA

A Pegada Hídrica do óleo de soja foi determinada através da composição da Pegada Hídrica do processo de fabricação do óleo de soja e através da aplicação dos parâmetros $f_p[p,i]$ e $f_y[p,i]$.

Na Figura 34 estão representados os valores de Pegada Hídrica Cinza (0,0013 m³/t), Azul (2,16 m³/t) e Verde (0,073 m³/t) para o processo de produção do óleo de soja.

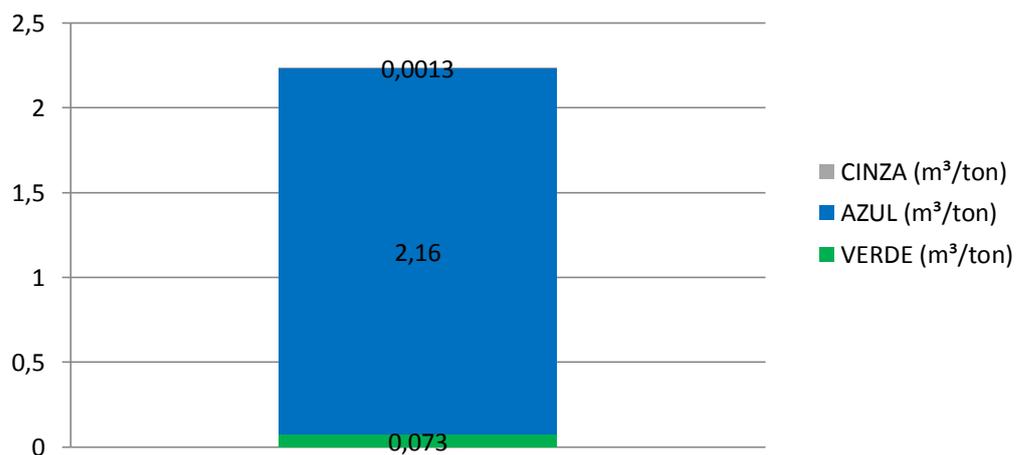


FIGURA 34 – PEGADA HÍDRICA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÓLEO DE SOJA (m³/t)

Cabe salientar que a Pegada Hídrica Azul do processo representa 97% da Pegada Hídrica Total determinada. Ou seja, a utilização do vapor de água é muito significativa para o processo estudado.

Com base nos valores encontrados de Pegada Hídrica para o processo de fabricação do óleo de soja (Figura 34) e a partir da aplicação dos parâmetros $f_p[p,i]$ e $f_y[p,i]$ na Equação 3.11, foi determinada a Pegada Hídrica do óleo de soja produzido na região de Araucária, que resultou em 5.885,8 m³/t.

Este valor corresponde a Pegada Hídrica do óleo de soja, caso não haja necessidade de importar a matéria-prima de outras regiões. Como esta situação não é condizente com a realidade do estudo de caso, foi considerada a Pegada Hídrica do transporte da soja dos estados de origem até a indústria, localizada em Araucária.

Os resultados para a PH com 100% de soja oriunda de Maringá e com a

consideração de transporte de matéria prima a partir de outros estados podem ser observados na Tabela 13.

TABELA 13 -PEGADA HÍDRICA DO ÓLEO DE SOJA COM E SEM IMPORTAÇÃO DE SOJA (m³/t)

Soja Oriunda		Diferença Percentual (%)
100% de Maringá	60% do Mato Grosso, 35% de São Paulo e 5% de Maringá	
5.996	6.201	3,41

Desta forma, o valor da Pegada Hídrica do óleo de soja produzido na região de Araucária, cuja soja é oriunda 60% do Mato Grosso, 35% de São Paulo e 5% de Maringá, é de 6.201 m³/t.

Cabe acrescentar que para este estudo foi calculada apenas a Pegada Hídrica da soja cultivada na região de Maringá. Assim, por simplificação foi adotada a PH da soja cultivada em Maringá como sendo a mesma da soja cultivada nos estados de Mato Grosso e São Paulo.

Em estudo realizado por Mekkonen e Hoekstra (2010), também foi determinada a PH para o óleo de soja. Os autores encontraram o valor de 4.200 m³/t, resultando em uma diferença de 47% com o resultado determinado por este estudo.

Esta diferença pode ser justificada pelo fato de que o valor determinado por Mekkonen e Hoekstra (2010) representa uma média mundial, não sendo considerados valores de uma região específica. Além disso, como 37% do valor da PH do óleo de soja é oriunda da PH da soja, dependendo da maneira como é realizado o cultivo da planta, o valor da Pegada Hídrica do óleo de soja é altamente influenciado.

Na comparação de valores da Pegada Hídrica do óleo de soja refinado com outros óleos vegetais (Figura 35), também foi notada grande diferença percentual entre as Pegadas Hídricas, variando de 8,7% a 640,1%. O óleo vegetal com Pegada Hídrica que mais se aproximou do valor de Pegada Hídrica do óleo de soja foi o óleo de milho.

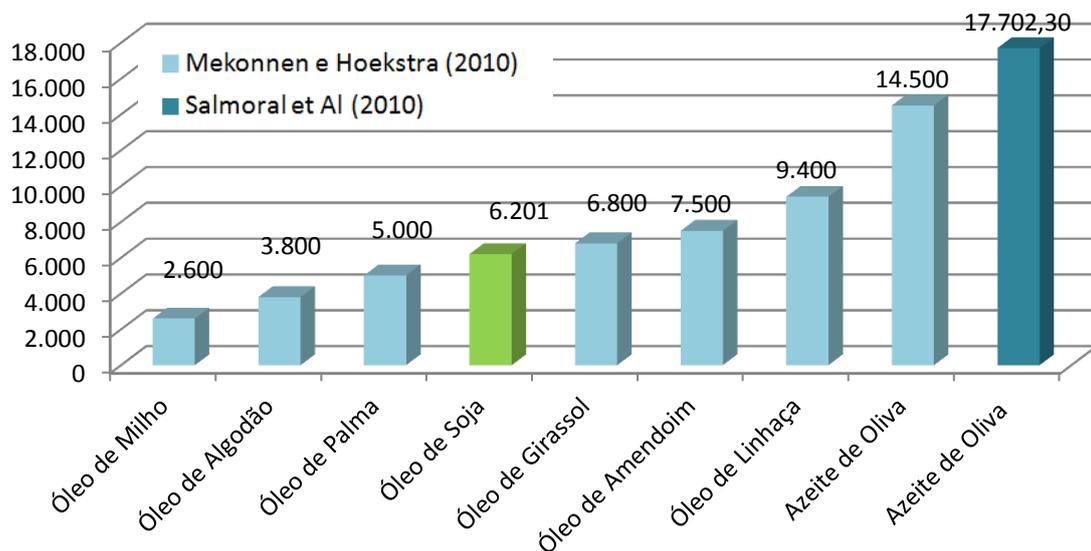


FIGURA 35 – PEGADAS HÍDRICAS DE DIVERSOS TIPOS DE ÓLEOS VEGETAIS (m³/t)

6.3. FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL PELA SOJA E PELO ÓLEO DE SOJA

Na consideração do fluxo de soja no Brasil, cabe colocar que o Brasil é autossuficiente em soja, de maneira que a relação entre o consumo e exportação de soja, pode ser observada na Figura 36.

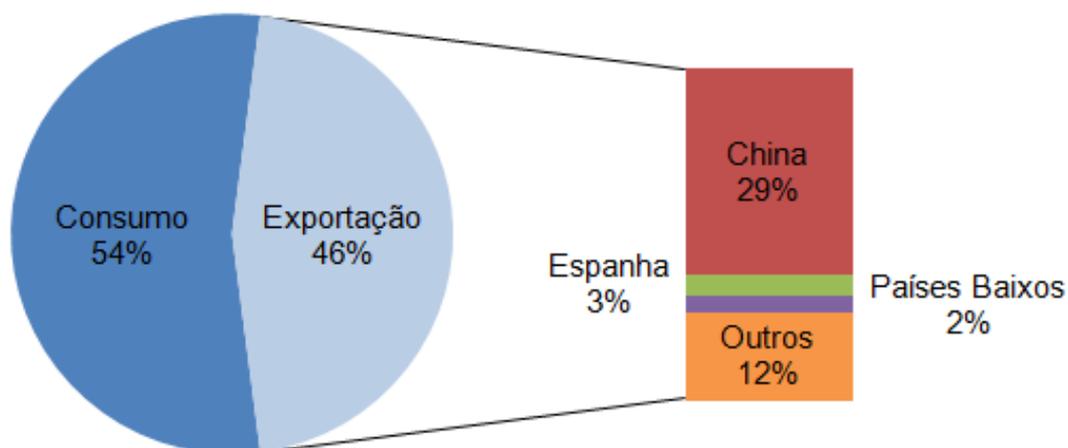


FIGURA 36 - RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO E EXPORTAÇÃO DE SOJA NO BRASIL

FONTE: CONAB (2012)

Os fluxos de Água Virtual de soja entre o Brasil e demais países estão representados na Tabela 14. Logicamente, para os países que importam soja do Brasil, Alemanha, China, Espanha, França, Itália, Japão e Países Baixos, o

resultado do fluxo foram valores positivos. Já para os países que exportam soja para o Brasil, Paraguai e Uruguai, os fluxos de Água Virtual da soja resultaram em valores negativos.

Cabe salientar que houve importação de soja do Uruguai, dentre os anos analisados, apenas no ano de 2012, no qual foram importadas 75.743 toneladas de óleo de soja, conforme Anexo 2. Todavia, para determinação do fluxo de Água Virtual, foi feita a média dos valores de importação no período de 2009 a 2012. Resultando, assim, na média de 18.936 toneladas.

Por meio da análise dos resultados, pode ser observado que a China é o maior importador de soja. Além disso, pode se constatar que o Brasil, é predominantemente exportador de Água Virtual por meio da soja.

TABELA 14 – FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL DA SOJA PRODUZIDA PELO BRASIL

Países	Exportações (t)	Importações (t)	Av_e (10⁶ m³)	Av_i (10⁶ m³)	Fluxo_{av} (10⁶ m³)
Alemanha	591.131	-	1.306	-	1.306
China	19.998.758	-	44.185	-	44.185
Espanha	2.128.679	-	4.703	-	4.703
França	304.670	-	673	-	673
Itália	395.787	-	874	-	874
Japão	544.641	-	1.203	-	1.203
Países Baixos	1.590.461	-	3.514	-	3.514
Outros	5.330.333	-	11.777	-	11.777
Paraguai	-	108.631	-	240	-240
Uruguai	-	18.936	-	42	-42
Outros	-	3.983	-	9	-9

A partir dos resultados obtidos no fluxo de Água Virtual da soja, foi desenvolvido o mapa apresentado na Figura 37. Nesta figura, podem ser observados os fluxos de Água Virtual da soja produzida no Brasil.

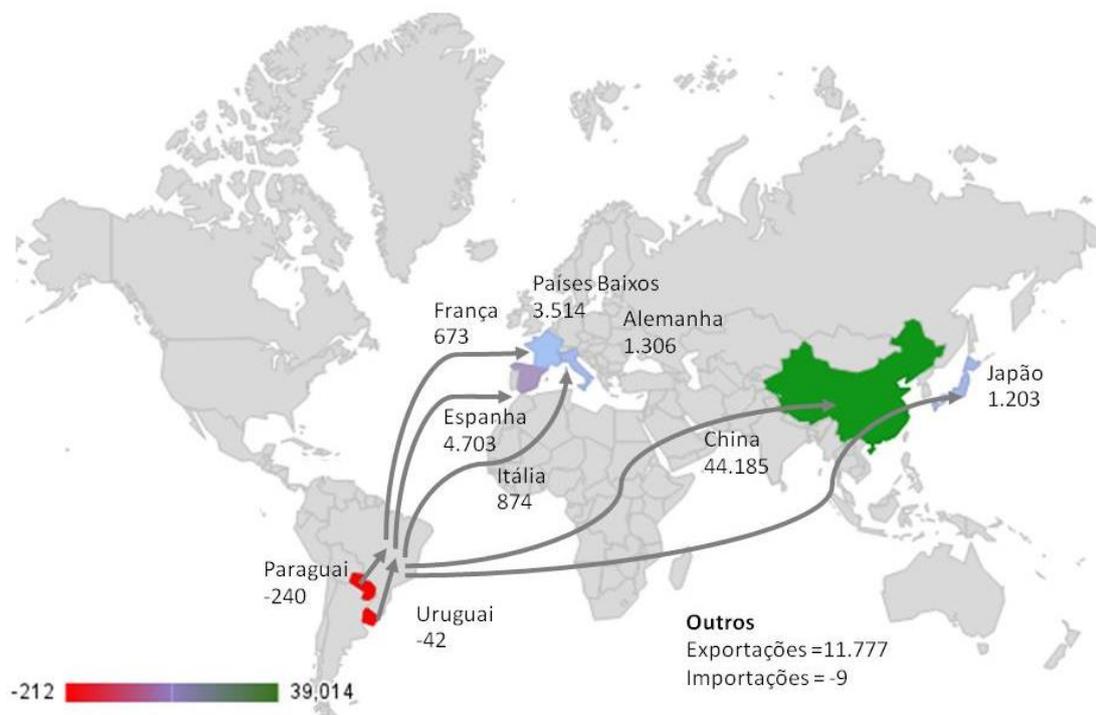


FIGURA 37 - MAPA DO FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL DA SOJA PRODUZIDA PELO BRASIL (MILHÕES DE m³)

Na consideração do fluxo de óleo de soja do Brasil, cabe salientar que o Brasil é autossuficiente em soja, de maneira que a relação entre o consumo e exportação de óleo de soja, pode ser observada na Figura 38.

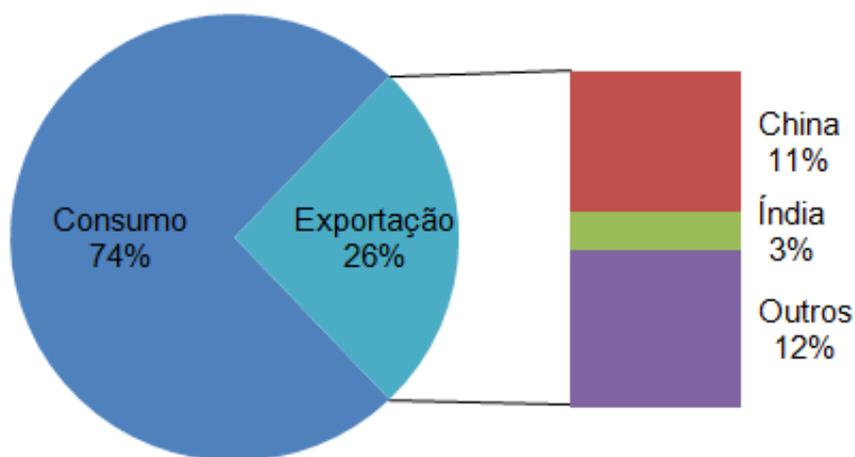


FIGURA 38 -RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO E EXPORTAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA NO BRASIL

FONTE: CONAB (2012)

No que se refere ao fluxo de Água Virtual do óleo de soja entre o Brasil e demais países, os resultados estão representados na TABELA 15. Os países:

Bangladesh, China, Hong Kong, Índia, Irã e Países Baixos representam os países importadores de óleo de soja. E os países: Argentina, Paraguai e Uruguai são os países que exportam óleo de soja para o Brasil, mesmo que em pequena quantidade.

Cabe salientar que houve importação de óleo de soja do Uruguai, dentre os anos analisados, apenas no ano de 2009, no qual foram importadas 143 toneladas de óleo de soja, conforme Anexo 2.

Outro aspecto que deve ser considerado na avaliação dos dados é que apesar de ter sido importada grande quantidade de óleo de soja da Argentina, (total de 43.000 toneladas) no período analisado ocorreu a importação de soja apenas nos anos de 2009 e 2010.

TABELA 15 – FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL DE ÓLEO DE SOJA PRODUZIDO PELO BRASIL

Países	Exportações (t)	Importações (t)	Av_e (10⁶ m³)	Av_i (10⁶ m³)	Fluxo_{av} (10⁶ m³)
Bangladesh	90.552	-	561,51	-	561,51
China	723.945	-	4.489,2	-	4.489,2
Hong Kong	20.029	-	124,2	-	124,2
Índia	177.914	-	1.103,2	-	1.103,2
Irã	85.096	-	527,68	-	527,68
Países Baixos	2.267	-	14,06	-	14,06
Outros	564.188	-	3.498,5	-	3.498,5
Argentina	-	10.750	-	66,6	-66,6
Paraguai	-	344	-	2,13	-2,13
Uruguai	-	36	-	0,22	-0,22
Outros	-	75	-	0,46	-0,46

A partir dos resultados obtidos no fluxo de Água Virtual da soja, foi desenvolvido o mapa apresentado na Figura 39. Nesta figura podem ser observados os fluxos de Água Virtual do óleo de soja produzido no Brasil.

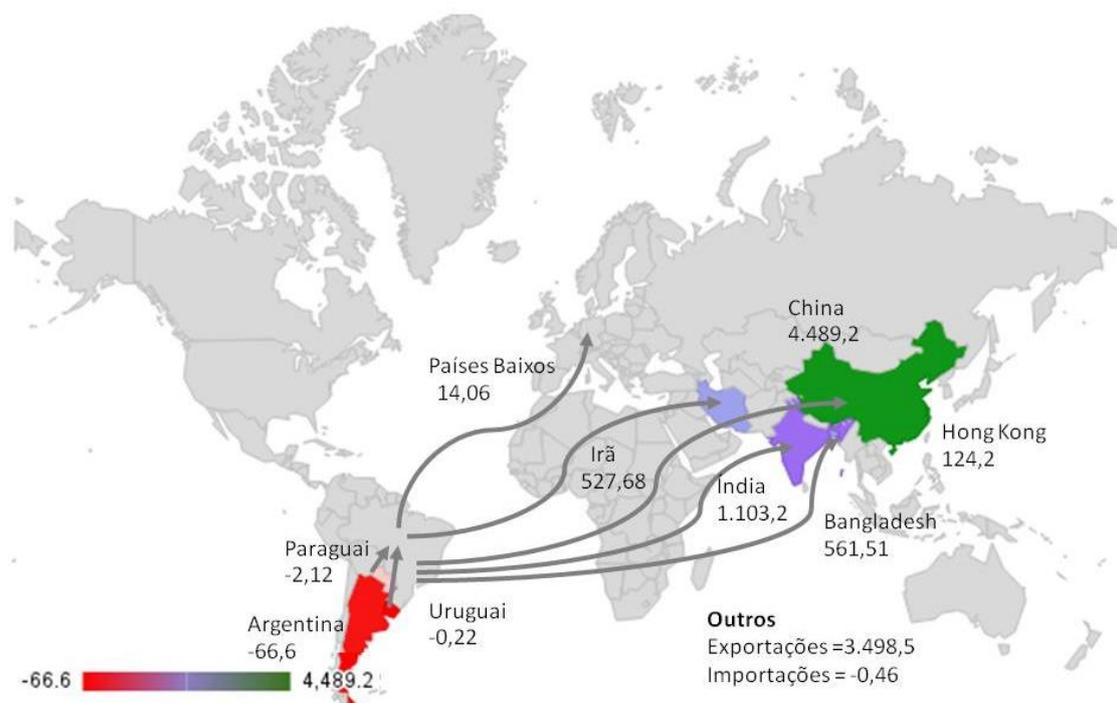


FIGURA 39 -MAPA DO FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL DO ÓLEO DE SOJA PRODUZIDO PELO BRASIL (MILHÕES DE m³)

Os totais de fluxos de Água Virtual da soja e óleo de soja estão apresentados na Tabela 16. Tanto o fluxo de Água Virtual da soja, quanto do óleo de soja resultaram em valores positivos, significando que as exportações de ambos os produtos são superiores as importações.

TABELA 16 – RESUMO DOS FLUXOS DE ÁGUA VIRTUAL DA SOJA E ÓLEO DE SOJA PRODUZIDOS PELO BRASIL

	Exportações (t)	Importações (t)	AV_E (10⁶ m³)	AV_I (10⁶ m³)	FLUXO_{AV} (10⁶ m³)
SOJA	30.884.460	131.549	68.236	291	67.945
ÓLEO DE SOJA	1.663.992	11.205	10.318	69,5	10.249

Através da Tabela 16 observamos que o fluxo de água virtual da produção de soja e óleo de soja brasileiros transporta (importa e exporta) cerca de 80 bilhões de metros cúbicos de Água Virtual.

6.4. ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE PEGADA HÍDRICA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

A análise da Pegada Hídrica nas bacias hidrográficas pode fornecer informações para alterações nos planos existentes e para a criação de novos planos, que considerem esta ferramenta nas tomadas de decisão e na própria formulação dos planos, conforme demonstrado nos trabalhos publicados por Velázquez (2007) e Brown et Al. (2009).

Ao analisar os documentos existentes de gestão de recursos hídricos no Brasil algumas considerações foram observadas.

Com relação ao instrumento de gestão de plano de recursos hídricos, recomenda-se, que no desenvolvimento do plano da bacia sejam analisadas quais indústrias e culturas são de interesse, ou seja, que representam grande parcela na economia da bacia. Caso perceba-se que a cultura ou indústria em questão é importante e não interferiram negativamente no ambiente em que estão inseridas, pode ser incentivada, por exemplo, a implantação de indústrias próximas às culturas de interesse ou a produção da cultura, matéria-prima da indústria, dentro da bacia hidrográfica.

Por outro lado, caso a bacia em que a indústria está localizada não possa suportar a implantação da cultura para produção da matéria-prima, pode ser incentivada a situação oposta. Ou seja, a importação de matéria-prima de outras bacias.

Em regiões onde ocorre a escassez de água, deve ser evitada a produção de produtos com grandes Pegadas Hídricas para evitar situações de estresse hídrico. Ou seja, produtos que demandam grande quantidade de água na sua produção devem ser produzidos em regiões com disponibilidade de água. De maneira que, a água disponível, em regiões de escassez, deve ser priorizada para consumo pela população.

Analisando a situação do estudo de caso, o Estado do Paraná pertence, quase totalmente, a região hidrográfica do Rio Paraná. O Estado do Mato Grosso pertence a três regiões hidrográficas: Amazônica, Tocantins-Araguaia e Paraguai. Os valores de capacidade hídrica per capita para estas 4 regiões pode ser observado na Figura 40.

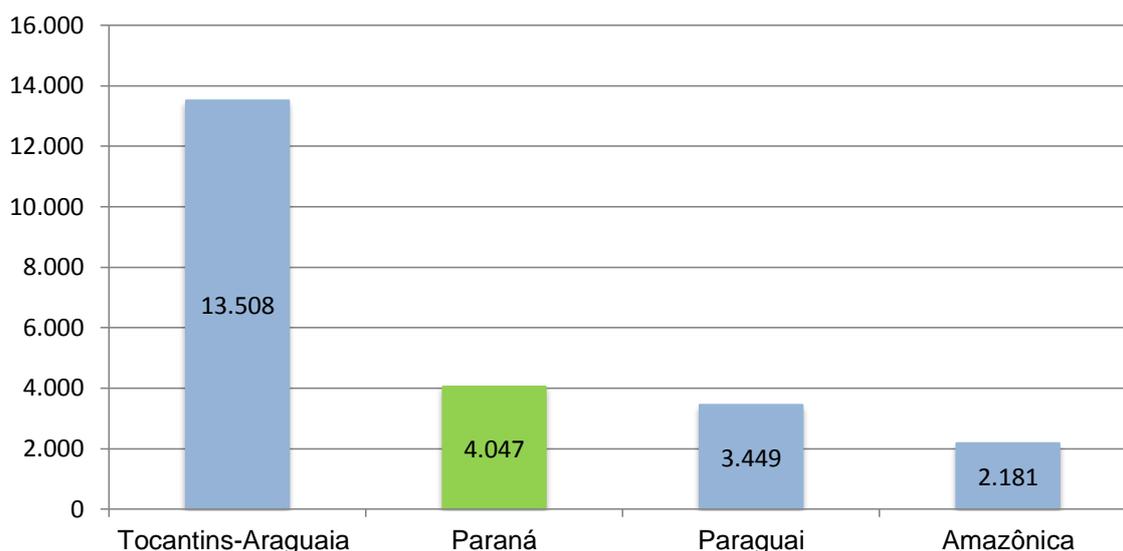


FIGURA 40 - CAPACIDADE HÍDRICA PER CAPITA DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS TOCANTINS-ARAGUAIA, PARANÁ, PARAGUAI E AMAZÔNICA.

FONTE: ANA (2012A)

Analisando os valores apresentados, se a região onde os produtores de soja estão localizados estiverem dentro das regiões hidrográficas Amazônica ou Paraguai, a região do Paraná seria a mais aconselhável para locação do cultivo de soja. Dado que a capacidade hídrica per capita na região hidrográfica do Paraná é maior que nas duas regiões citadas.

A situação ideal para uma bacia hidrográfica é que exista equilíbrio entre a Água Virtual exportada e os recursos hídricos disponíveis na região, garantindo a segurança hídrica. Pois, caso ocorra exportação de Água Virtual maior que a disponibilidade de água na região, pode ocorrer estresse hídrico.

Assim, os conceitos de Pegada Hídrica e Água Virtual não se resumem ao consumo de água utilizado na produção de bens, pois também podem ser associados a aspectos econômicos e políticos de exportação e importação de produtos.

Desta forma, através de valores de Pegada Hídrica (de culturas, indústrias e empresas) pode ser definido nos planos das bacias quais itens devem ser priorizados e incentivados na implantação de novos negócios ou na alteração dos existentes. Ou seja, em processos de tomadas de decisão.

Este incentivo pode ser realizado através de menores taxas na cobrança pelo uso da água para produtos com PH menores, ou através de incentivos

fiscais, oriundos de decisões políticas. Desta maneira, a economia, política e os planos das bacias podem ser integrados para melhor gestão de recursos hídricos.

Neste contexto, na gestão dos recursos hídricos de uma dada bacia hidrográfica, após analisados aspectos dos corpos hídricos e da economia local, podem ser feitas análises da situação atual da bacia, a fim de determinar se as práticas que ocorrem na bacia estão em concordância com os recursos disponíveis. Caso a situação da bacia não esteja em bom estado, podem ser previstos no plano de gestão de recursos hídricos da bacia formas de reverter as situações irregulares através de incentivos, controle, dentre outros.

Ao permitir uma comparação entre os usos existentes e os recursos disponíveis, a Pegada Hídrica proporciona conhecimentos úteis em relação ao uso eficaz ou ineficaz de água numa região.

Em adição, com a utilização destes conceitos podem ser controlados novos empreendimentos na bacia. Por exemplo, antes da implantação de uma determinada cultura deve ser observado se o cultivo deste produto pode ser realizado naquela região. Podendo ocorrer situações em que o cultivo de apenas alguns produtos seja permitido, de acordo com seus valores de Pegada Hídrica. Neste sentido, cabe ressaltar que também devem ser considerados fatores políticos, culturais e econômicos.

Assim, como exemplo, em uma bacia pode ser possível o plantio de soja, mas pode ser que o plantio de café não possa ser permitido, devido à Pegada Hídrica do café ser muito superior à da soja, conforme pode ser observado na Figura 41.

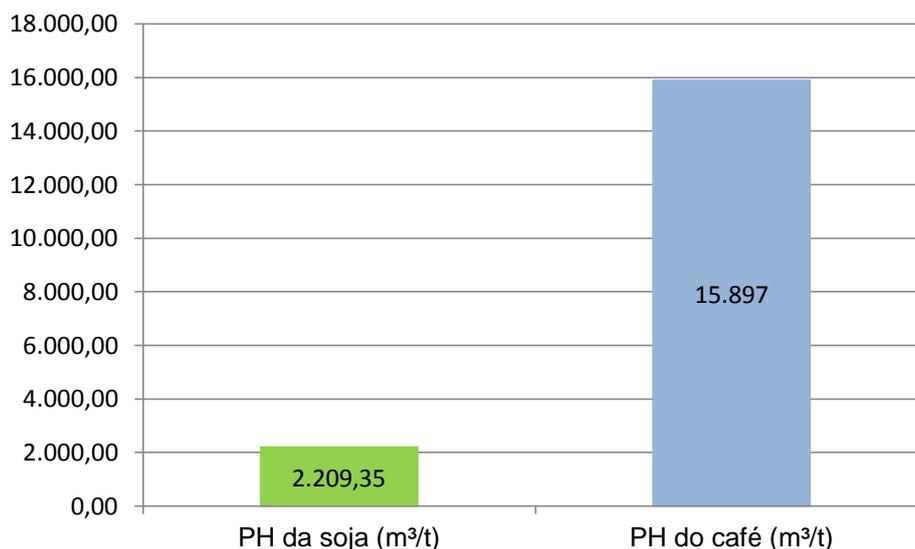


FIGURA 41 - COMPARAÇÃO ENTRE PEGADA HÍDRICA DA SOJA E DO CAFÉ (M³/T)

No que diz respeito ao instrumento de outorga foi observado nas considerações existentes da ANA, (2009) que na concessão de outorga, são consideradas as Pegadas Hídricas Azul, Verde e Cinza, através de indicadores de comprometimento hídrico de qualidade e quantidade.

As Pegadas Hídricas Verde e Azul para produtos agrícolas são consideradas através do cálculo de demandas mensais de água para irrigação. Sendo que, nas estimativas realizadas pela ANA (2009) de quantidade de água necessária para o desenvolvimento das culturas é utilizado o modelo CROPWAT, utilizado também para realização de estudos de PH. Fica, assim, evidente a semelhança entre as duas metodologias.

Já, em se tratando da Pegada Hídrica Cinza, a metodologia existente é coerente com a metodologia sugerida por este trabalho. Pois, para concessão de outorga pela ANA (2009) são consideradas as vazões de diluições (através dos indicadores de qualidade de recursos hídricos) constituindo vazões indisponíveis na bacia.

Cabe citar que no caso da solicitação de outorgas pelas indústrias, recomenda-se que as indústrias ao solicitar a outorga, devem informar valores médios de consumo de matéria-prima e um estudo de mercado que indique a procedência dos produtos de entrada na indústria. Desta maneira, podem ser avaliados os impactos gerados por indústria na bacia em que está locada,

assim como nas outras bacias.

O monitoramento da pegada hídrica pode disciplinar os diversos usos da água se for incorporado nos processos de outorga. A avaliação da PH pode auxiliar no planejamento estratégico por ser uma ferramenta de fácil entendimento e considerar os aspectos principais relacionados ao uso da água.

Da mesma maneira, os conceitos de Pegada Hídrica e Água Virtual também podem ser inseridos na gestão de recursos hídricos no Brasil por meio do instrumento da cobrança.

Neste sentido, analisando planos existentes observou-se que através da cobrança por lançamento de carga orgânica é realizada a cobrança devido a PH Cinza. E através da cobrança pela captação e consumo de água bruta é considerada a cobrança devido a PH Azul. Todavia, a cobrança devido a PH Verde não existe.

Outra situação diz respeito à análise do plano das bacias PCJ, que prevê a cobrança no que se refere à transposição de bacias, mas deve ser aprimorado para incluir a consideração da transposição de Água Virtual. Pois, quando houver fluxo de Água Virtual entre bacias, este fluxo deve ser considerado.

Nos resultados do estudo de caso fica clara a importância desta consideração, pois boa parte da soja utilizada para produção do óleo de soja, da indústria analisada, é importada de outros estados, conforme Figura 42.



FIGURA 42 - PORCENTAGEM DE SOJA IMPORTADA DE OUTROS ESTADOS PELA INDÚSTRIA PRODUTORA DE SOJA E PORCENTAGEM DE SOJA ORIUNDA DO PARANÁ UTILIZADA PELA INDÚSTRIA

Neste sentido, através da consideração do recebimento de soja diária da indústria estudada e considerando que 65% da soja é oriunda do Estado do Mato Grosso, pode-se afirmar que diariamente são recebidos na indústria cerca de 4 milhões de metros cúbicos de água embutidas na soja. Na prática o cálculo dos valores de cobrança são realizados a partir de coeficientes e ponderações, mas simplificadaamente pode ser aproximado o valor de 63.000 reais diários pela transposição do volume de AV presente na soja (partindo do valor de 0,015 reais por metro cúbico praticado no Plano de Bacias PCJ para vazões de transposição de bacia), conforme pode ser observado na Tabela 17.

TABELA 17 - SIMULAÇÃO DE VALORES DE COBRANÇA POR TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUA VIRTUAL PELA INDÚSTRIA DE ÓLEO DE SOJA

Quantidade de soja importada do Mato Grosso pela indústria (t)	PH da soja (m³/t)	AV importada do MT	Cobrança por transposição de água (R\$/m³)	Valor total de cobrança por importação de AV Pela indústria de óleo de soja (R\$/dia)
1.920	2.209,35	4.241.952	0,015	63.629,3

Não há dúvidas de que este valor é alto, considerando que em 2011 a Cobrança em 3 bacias hidrográficas de rios de domínio da União arrecadaram um total de R\$130.540.853,69.

Assim, identifica-se que para a consideração da transposição de água virtual entre bacias, deve-se determinar um novo valor específico para esta situação. Que deve ser acrescentado nas considerações e manuais de cobrança pelo uso de água.

Os valores de cobrança são importantes, pois visam à geração de recursos financeiros para investimentos na recuperação e preservação dos mananciais das bacias. Assim, a logística do fluxo de Água Virtual deve respeitar a disponibilidade hídrica da região hidrográfica que cede a AV, de maneira a garantir a segurança hídrica na localidade.

Outra finalidade da utilização dos instrumentos sugeridos por este trabalho se refere à informação aos usuários. Como os conceitos de AV e PH são de fácil entendimento ao público não técnico, podem ser disponibilizados através do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Neste sentido, autores como Maracajá et Al. (2013), Maia et Al. (2012), Giacomini e Ohnuma

(2012) e Seixas (2011) sugerem que o usuário, consciente da quantidade de água utilizada no processo de fabricação ou cultivo de determinado produto, pode optar pelo produto que utiliza menos água em seu processamento. Ou optar por utilizar produtos produzidos dentro da bacia hidrográfica que reside mantendo o equilíbrio de Água Virtual. As informações referentes à Pegada Hídrica poderiam, também ser indicadas nos rótulos de produtos, conforme sugere Seixas (2011).

Apesar do aumento da produção e exportação de produtos, agrícolas e produtos semimanufaturados, consolidar o Brasil dentro da economia internacional, faz do Brasil também grande exportador de água. A abundância de recursos hídricos no Brasil poderá não suprir ou não sustentar a demanda internacional por produtos que consumem grande quantidade de água. Podendo prejudicar a segurança hídrica de nosso País.

Colocando em um contexto global, o Brasil se insere entre os dez maiores exportadores de Água Virtual do mundo. E conforme foi apresentado nos resultados, 80 bilhões de metros cúbicos de Água Virtual por ano são exportados do Brasil através de apenas dois produtos (soja e óleo de soja).

Neste sentido, é crucial a melhoria na disponibilidade de informações, cada vez mais precisas para garantir mais análises da pegada hídrica de diversos outros produtos importantes para a economia.

Com base nessas observações, pode ser constatado que a gestão de recursos hídricos que ocorre no Brasil é coerente com a proposta de implantação das ferramentas estudadas. Todavia, podem ocorrer melhorias, inclusive no que concerne ao fluxo de Água Virtual, acesso às informações e planejamento incluindo a água incorporada nos produtos.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos no Estudo de Caso, para a estimativa de Pegada Hídrica da cultura de soja na região de Maringá (sul do Brasil), e do óleo de soja industrializado em Araucária na Região Metropolitana de Curitiba (sul do Brasil), constatou-se que os valores encontrados são coerentes com os valores da literatura. De maneira que, a metodologia utilizada foi considerada eficiente, com resultados confiáveis e que mesmo com diferenças culturais e climáticas, os resultados obtidos são próximos aos encontrados por outros autores em outros países.

Pois, apesar da relativa baixa disponibilidade de dados relacionados ao uso da água levar à utilização de alguns valores sugeridos pela literatura, foi possível obter informações relevantes para o estudo mostrando a viabilidade da aplicação dos conceitos propostos.

Além disso, a pressão política mundial em torno dos recursos hídricos tem gerado rigor metodológico e técnico na quantificação do uso da água pelo setor produtivo. Assim, a tendência é que se reduza a carência de dados locais e regionalizados de qualidade ou de quantidade da água no Brasil, garantindo maiores precisões em estudos de consumo de água.

No entanto, cabe comentar que dados econômicos, sobre produção e de fluxo entre bacias hidrográficas ainda é um desafio, uma vez que os planos de bacias não estão completamente implementados no Brasil.

Com relação à análise da implantação dos conceitos de Pegada Hídrica e Água Virtual na gestão hídrica brasileira, de acordo com o que foi observado, a metodologia existente é compatível com os instrumentos propostos por este trabalho. Pois, vários instrumentos instituídos pela Lei das Águas utilizam conceitos semelhante aos adotados pela metodologia da Pegada Hídrica.

Todavia, para consideração mais completa dos conceitos propostos de Pegada Hídrica e Água Virtual devem haver alterações nos instrumentos marcados em vermelho na Figura 43: Cobrança pelo Uso, Plano de Bacias e Sistema de Informações e na concessão de Outorga de Direitos de Uso.

No instrumento de Plano de Bacia devem ser incorporados os conceitos sugeridos por este trabalho na formulação e revisão dos Planos, através da comparação de valores de PH de diversos empreendimentos na bacia em questão. No que se refere ao instrumento de Sistema de Informações, os valores de PH de produtos agrícolas e industrializados devem ser acessíveis ao público.

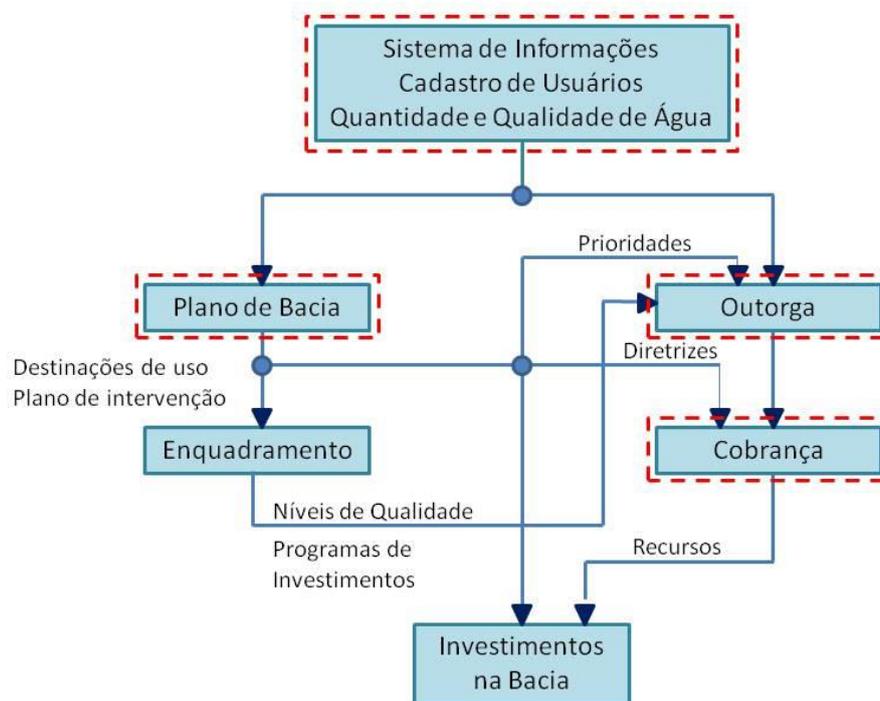


FIGURA 43 - INSTRUMENTOS DO PNRH QUE DEVEM SOFRER ALTERAÇÕES

Em se tratando do instrumento da Outorga, deve haver o aperfeiçoamento do modelo existente para se considerar integralmente os conceitos de AV e PH. Sendo que, para a concessão de outorgas para indústrias devem ser exigidas mais informações sobre os produtos de entrada nos processos, de maneira, a avaliar melhor os impactos nas bacias em que está localizada e de origem dos produtos de entrada.

Concernente a Cobrança, no estudo de caso foi realizada uma simulação considerando valores de cobrança de transposição de bacias atualmente empregados, para mensurar uma estimativa de cobrança para importação de Água Virtual presente na matéria-prima. Na indústria analisada, este valor corresponderia a 63.000 reais diários. Gerando a consideração de que deve ser determinado um valor de cobrança específico para a transposição de Água Virtual entre bacias.

A ferramenta PH mostrou-se ampla na determinação de consumo de água por incluir volumes de utilização referentes à precipitação, consumo de água doce e poluição. Além de ser de fácil utilização e entendimento, pois os cálculos de Pegada Hídrica e Água Virtual são simples, sem muita dificuldade para serem realizados. Tornando a utilização deste conceito como indicador para tomadas de decisão na gestão brasileira de recursos hídricos muito potencial.

Por fim, com relação à análise do fluxo de Água Virtual, os resultados mostraram que a quantidade de água exportada pelo Brasil através dos produtos soja e óleo de soja é substancial. De maneira que, devem ser realizados outros estudos a fim de mensurar a amplitude da água exportada através de outros produtos com altos índices de exportação, como milho, arroz, carne bovina, dentre outros.

Os benefícios da aplicação destes conceitos na gestão hídrica brasileira se referem à atualização do Brasil com novos conceitos de gestão hídrica. Bem como, a consideração de um aspecto desprezado até o momento (água incorporada nos bens de consumo) e que tem se mostrado de grande valia e com valores significativos para não serem considerados.

Estes aspectos fornecem a conclusão de que os conceitos de Pegada Hídrica e Água Virtual são ferramentas úteis para tomadas de decisão na gestão de recursos hídricos no Brasil.

E o aprofundamento de pesquisas e conhecimento nestas áreas específicas é indispensável pois, inevitavelmente, estes conceitos serão incorporados na gestão de recursos hídricos brasileira e internacional.

Com base nas conclusões realizadas, é possível indicar algumas sugestões para realização de trabalhos futuros, não apenas com intuito de complementar as limitações deste trabalho, mas também recomendar algumas considerações para trabalhos mais abrangentes:

- 1) Estimar a PH de outros produtos com altos índices de exportação como cultura de milho, arroz e carne bovina.
- 2) Determinar um valor de cobrança pela transposição de água virtual entre bacias.

- 3) Através da determinação da Pegada Hídrica da soja em outras regiões, comparar valores de Pegadas Hídricas entre regiões brasileiras com diferentes cenários de clima, solo e de disponibilidade de água. Comparando, também, com o resultado gerado neste estudo para a região de Maringá, no Estado do Paraná.
- 4) Com relação às concentrações de poluentes no efluente bruto da indústria, sugere-se a utilização de dados da própria empresa e não apenas dados sugeridos pela bibliografia. Neste estudo não foi possível ter acesso a estes dados e não foi realizada a análise de amostras deste efluente.
- 5) Ao calcular Pegada Hídrica de produtos agrícolas, considerar fatores como Pegada Hídrica de matérias-primas utilizadas para produção de agrotóxicos, pesticidas e herbicidas, mão de obra utilizada na lavoura e combustível utilizado pelas máquinas no cultivo de soja.
- 6) Ao calcular Pegada Hídrica de produtos industrializados, considerar a energia elétrica consumida pela fábrica, mão de obra e consumo de água de operários.
- 7) Estimar a Pegada Hídrica de modais de transporte brasileiros.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Capacidade Instalada da Indústria de Óleos Vegetais**. São Paulo: ABIOVE, 2013a. Disponível em: <http://www.abiove.com.br>. Acesso em: Março de 2013.

ABIOVE. **Estatística Mensal do Complexo Soja - Janeiro de 2013**. São Paulo: ABIOVE, 2013b. Disponível em: <http://www.abiove.com.br>. Acesso em: Março de 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ALDAYA, M.M. MARTINEZ-SANTOS, P. AND LLAMAS, M.R. **Incorporating the Water Footprint and virtual water into policy: Reflections from the Mancha Occidental Region**, Espanha, Water Resources Management 24(5): 941-958, 2010.

ALLAN, J.A. **Virtual water: a strategic resource. Global solutions to regional deficits**. Groundwater, 36(4), pp 545-546, 1998.

ALLAN, J.A. **Virtual Water – tackling the threat to our planet’s most precious resource**. Ed. I.B.Tauris. Nova York, NY. 2011. 368 p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **GEO Brasil: recursos hídricos : resumo executivo**. / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; 2007. p.60.

ANA. **Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas**. Brasília-DF, 2009.

ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil: 2012**. 264 p, Brasília, 2012a.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. Brasília, DF. 2012b. 215 p

ANA. **Acesso à informação ANA**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: Março de 2013.

ANDERSSON, K., OHLSSON, T., OLSSON, P., **Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: a case study**. Journal of Cleaner Production 6 (3–4), 277–288, 1998.

ARENA, AP, PIASTRELLINI, R e CIVIT, B . **Water Footprint of soybean production in Argentina**. Life Cycle Management Conference 2011, Berlim, Alemanha, 2011.

ARRUDA, L.G.C, **Valorização das Pegadas ambientais: a pegada ecológica, a pegada de carbono e a pegada d'água como indicadores de consumo na perda de valor do ecossistema modificado pelo homem**. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de Solos do Estado do Paraná. Legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná, 2008. 74p.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
Acesso em: Fevereiro de 2013

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, Brasília, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República.

BORSOI, Z.M.F.; e TORRES, S.D.A. **A política de recursos hídricos no Brasil**. Revista do BNDES, v.4, n.8, p.143-166. 1997.

BOZZA, G. **Exportações do agronegócio paranaense cresceram 35% em 2011**. Disponível em: www.sistemafaep.org.br/noticia.aspx?id=728 . Acesso em: Março de 2013

BROWN, S., SCHREIER, H., LAVKULICH, M. **Incorporating Virtual Water into Water Management: A British Columbia Example.** Water Resources Management, 23:2681–2696, 2009

CARMO, R. L., OJIMA, A.L.R.O., OJIMA, R., NASCIMENTO, T.T.. **Água Virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande exportador de água.** Ambiente & Sociedade, v. X, n, I, p. 83-96, 2007.

CARVALHO, O., RODRIGUES, F.. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável (escala de necessidades humanas e manejo ambiental integrado)** GEOgraphia, América do Norte, Ano 6, nº12, 2004

CASTRO, L.C., **A Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu -PR.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. 105p.

CAVALETT, O., **Análise do Ciclo de Vida da Soja.** Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. 245 p.

CERVI, J.L.; CARVALHO, P.G.M. **A pegada ecológica: breve panorama do estado das artes do indicador de sustentabilidade no Brasil.** In: VII Encontro Nacional da Ecoeco – Fortaleza (CE), Fortaleza. Publicações, 2007.

CHAPAGAIN, A. K., HOEKSTRA, A. Y., SAVENIJE, H. H. G., GAUTAM, R. **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. Vol. 60, n.º 1, p. 186-203, 2006

CHAPAGAIN, A.K. AND HOEKSTRA, A.Y. **The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives,** Ecological Economics, 70(4): 749-758, 2011.

CHECCHET, J. **Avaliação do Desempenho de Flotação por Ar Dissolvido no Tratamento de Efluente de Refinaria de Óleo de Soja.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007. 122p.

COBRAPE, **Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá para o período de 2010 a 2020, com propostas de atualização de Enquadramento dos corpos d'água e de Programa para Efetivação do**

Enquadramento dos corpos d'água até o ano de 2035. Contrato Agência PCJ nº 11/07, Revisão 8, 2010.

COLLADO B. e SAAVEDRA I. P., **Água virtual en los países em desarrollo.** Universidade de Zaragoza, 2010.

COLTRO, L. **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão.** CETEA/ITAL, 75 p. , Campinas, 2007.

COMITÊ PCJ. **Fundamentos da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos nas Bacias PCJ.** Comitês das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2006. 98 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.
Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos. Safra 2012/2013 - Terceiro Levantamento, Dezembro/2012

CONAB. **Conab 2013.** Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1044&t=1> . Acesso em: Março de 2013

Corporate Water Accounting, UNEP, UN CEO Mandate, Pacific Institute, 2010.

DEMARCHI, M. **Análise da conjuntura agropecuária. Safra 2011/12, Paraná. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento – Departamento de Economia Rural**, 2011

DUARTE, N.S. e MARÇAL, M.S. **As perspectivas e desafios de implementação do Plano de Bacia da Região Hidrográfica VIII.** Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 4, n. 2, p. 95-115, jul. / dez. 2010

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA SOJA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil.** Embrapa Soja. - Londrina: Embrapa Soja/Fundação MT, 2000.

EMBRAPA. **Soja: Diferentes usos do grão.** Distrito de Warta: Embrapa Soja, 2012a. Disponível em:
http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=25&cod_pai=29
Acesso em: 22 de Janeiro de 2012.

EMBRAPA, **Brasil Projeções do Agronegócio 2011/2012 a 2021/2022.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria De Gestão Estratégica. Brasília, 2012b.

ERCIN, A. E., HOEKSTRA, A.Y. **Carbon and Water Footprints: Concepts, methodologies and policy responses.** Unitec Nations World Water Assesment Programme, Side Publications Series No.4, UNESCO, Paris, 2012.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **CROPWAT 8.0 model**, Food and Agriculture Organization. Roma, Itália, 2010. Disponível em:
www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html. Acesso em Fevereiro de 2013

FAO. **Faostat – Statistics Database.** Disponível em: < <http://faostat.fao.org> >
Acesso em Janeiro de 2013.

FENDRICH, R. **Chuva e Produtividade da Soja na Fazenda Experimental Gralha Azul da PUCPR.** Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais, Curitiba, v.1, n.2, p. 37-46, abr./jun. 2003.

FOLEGATTI, MARCOS V. ; ROMAN, R. M. S. ; COELHO, R. D. ; FRIZZONE, J.A. **Gestão dos recursos hídricos e agricultura irrigada no Brasil.** In: Carlos E.de M. Bicudo; José Galizia Tundisi; Marcos C. Barnsley Scheuenstuhl. (Org.). Águas do Brasil Análises Estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, v. , p. 15-23, 2010.

FOSTER, C., GREEN, K., BLEDA, M., DEWICK, P., EVANS, B., FLYNN, A., MYLAN, J., 2006. **Environmental impacts of food production and consumption. A Final Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs,** Manchester Business School, Defra, London, 2006.

GERBENS-LEENES, P. W., MOLL, H. C., SCHOOT UITERKAMP, A. J. M. **Design and development of a measuring method for environmental sustainability in food production systems.** Ecological Economics. Vol. 46, n.º 2, p. 231-248, 2003.

GERBENS-LEENES, P.W. AND HOEKSTRA, A.Y. **Burning water: The water footprint of biofuel-based transport,** Value of Water Research Report Series No.44, UNESCO-IHE. 2010

GIACOMIN, G.S. e OHNUMA, **Análise de Resultados de Pegada Hídrica por Países e Produtos Específicos.** Nº 8, p. 1562-1572, Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170), SET-DEZ, 2012.

GLOBAL WATER SECURITY – **An engineering perspective.** London: The Royal Academy of Engineering 3 Carlton House Terrace. The Royal Academy of Engineering. ISBN 1-903496-55-, 2010.

GREY, D. e SADOFF C. W. **Sink or Swim? Water security for growth and development,** Water Policy 9, p. 545–571, 2007.

GOLLO, S.S., MEDEIROS, J. F., CRUZ, C. M.L., CASTRO, A.W.V, PAZZINATTO, A.P. **Configuração da Cadeia Produtiva do Biodiesel: A partir da matéria-prima soja, no Rio Grande do Sul/Brasil,** Apresentação Oral-Estrutura, Evolução e Dinâmica dos Sistemas Agroalimentares e Cadeias Agroindustriais, 1,2,3,5.UPF, Passo Fundo, Embrapa, Belém, 2010.

GROBICKI, A. **Water Security: Time to Talk Across Sectors.** Stockholm Waterfront – A Forum for Global Issues. Published in Water Front Magazine No.1, 2009, Disponível em: <http://www.siwi.org/publicationspages>

GUIMARÃES, P.B.V; XAVIER, Y.M.A. **A regulamentação da Água Virtual nos sistemas ambientais.** Conselho nacional de pesquisa e pós-graduação em Direito. ISBN: 978-85-87995-80-3. Anais. Manaus, 2006.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro.** Londrina: Embrapa-Soja,. 68p. Documentos, 319, 2011.

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, No. 11, UNESCO-IHE, Delft, Holanda, 2002.

HOEKSTRA, A.Y., HUNG, P.Q., **Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Virtual water trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual water Trade.** Value of Water Research Report Series, vol. 12. IHE, Delft, Holanda, 2003.

HOEKSTRA, A.Y. AND HUNG, P.Q. **Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade,** *Global Environmental Change*,15(1): 45-56, 2005.

HOEKSTRA, A.Y. **The global dimension of water governance: Nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems.** Value of Water Research Report Series No.12, UNESCO-IHE, Delft, Holanda, 2006.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K.,. **Water Footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern.** *Water Resources Management* 21 (1), 35–48, 2007.

HOEKSTRA, A.Y. **Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and Water Footprint analysis,** *Ecological Economics* 68(7); 2009.

HOEKSTRA, A. Y.,CHAPAGAIN, A. K.,ALDAYA, M.M.,MEKONNEN, M.M. **Water Footprint Manual: State of the Art .** Water Footprint Network, Ensched, The Netherlands, 2009.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M.M. AND MEKONNEN, M.M. **The Water Footprint assessment manual: Setting the global standard,** Earthscan, London, UK. 2011.

HOEKSTRA, A.Y. **The global dimension of water governance: Why the river basin approach is no longer sufficient and why cooperative action at global level is needed,** *Water*, 3(1):21-46, 2011.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Médias Históricas na Estação de Londrina.** Disponível em:
http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm. Acesso em Fevereiro de 2013

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Pedologia** 2.ed. Rio de Janeiro, 2007 (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

IBGE. **Indicadores IBGE – Estatística da Produção Agrícola** - Dezembro de 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

LEAL, M. S. **Gestão ambiental dos recursos hídricos: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998.

LEÃO, R. S., TADEU, R., EMPONOTTI, N.D., SINISGALI, V.L., JÚNIOR, S., JACOBI. **PEGADA HÍDRICA E A GESTÃO DA ÁGUA: Aplicações e limitações do método**. III Encontro Internacional de Governança da Água, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/97705345/Pegada-Hidrica-e-Gestao-da-Agua>. Acesso em: Fevereiro de 2013

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 46 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 33). Disponível em: http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2001/doc/doc_33.shtml Acesso em: Fevereiro de 2013

LOPES, K. S. **Avaliação da Etapa de Clarificação do Óleo de Soja através de Planejamento Composto Central e Investigação do Potencial de Melhoria Energética no Processamento do Óleo de Soja**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia de Processos Térmicos e Químicos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. 157 p.

MAIA, H.J.L., HORA, S.C., FREITAS, J.P., VIEIRA, A.A.P, FREITAS, F.E., **A Pegada Hídrica e sua Relação com os Hábitos Domésticos, Alimentares e Consumistas dos Indivíduos**. Polêm!ca, v. 11, n. 4 , Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Outubro/dezembro 2012

MARACAJÁ, K.F.B., SILVA, V.P.R., NETO, J.D. **Pegada Hídrica dos Consumidores Vegetarianos e não Vegetarianos**. Qualit@s Revista Eletrônica ISSN 1677 4280 Vol.14. No 1, 2013.

MARZULLO, R. C. M.; e MATAI, P.H.L.S. ; FRANCKE, I.C.M. **Pegada Hídrica da água tratada: necessidade de água para a obtenção de água**. In: 2º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida de Produtos e Serviços - Colaborando com decisões sustentáveis. Florianópolis, Novembro de 2010.

MARZULLO, R.C.M., e MATAI, P.H.L.S. **Pegada Hídrica: A ISO 14046 e a Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ISO 14040/14044)**. Seminário Internacional sobre metodologias de Contabilidade Hídrica - ANA – Agência Nacional de Águas; Brasília-DF; 2011a

MARZULLO, R.C.M., MATAI, P.H.L.S. **Desafios Metodológicos para a Governança da Água Através do Monitoramento da Pegada Hídrica**. III GOVÁGUA – Congresso Internacional de Governança da Água – USP; Novembro, 2011b

MEKONNEN, M.M. e HOEKSTRA, A.Y. **The green, blue and grey Water Footprint of crops and derived crop products**, Value of Water Research Report Series No.47, UNESCO-IHE, 2010.

MONTEIRO, R. **A “Pegada Hídrica” em uma visão sistêmica de ciclo de vida**. Apresentação - Seminário sobre PEGADA HÍDRICA - CNA – 19 de outubro de 2011

MOREIRA, M.G., **Soja – Análise da Conjuntura Agropecuária**. Departamento de Economia Rural, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, 2012.

MORENO JÚNIOR, I. **Uma experiência de gestão de recursos hídricos: A implantação de uma proposta para o Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006. 226p.

MULLER, G.T. **Emprego da Pegada Hídrica e da Análise de Ciclo de Vida para a Avaliação do Uso da Água na Cadeia Produtiva do Biodiesel de Soja**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 188 págs, 2012.

NESTLÉ **Creating Shared Value Report 2009**. Disponível em: http://www.nestle.com/asset-library/Documents/Reports/CSV%20reports/Global%20report%202009/Global_report_2009_GB.pdf
Acesso em: Fevereiro de 2013

NDWAC – NATIONAL DRINKING WATER ADVISORY COUNCIL. **Draft Report**, 2005. Disponível em: www.epa.gov. Acesso em Março de 2013

NETO, A.R., **Sustentabilidade, Água Virtual e Pegada Hídrica: um estudo exploratório no setor bioenergético**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

NORMAN E, BAKKER K, COOK C, DUNN G, ALLEN D. **Water security: a primer**. A Policy Report–Fostering Water Security in Canada, 2010.

OLIVATTO, L.M. **Análise da eficiência de Estação de Tratamento de Efluentes em indústria de extração de óleo de soja e proposições de novas metodologias de análises e tratamentos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Carlos, Sorocaba, 2009.

PEPSICO'S WATER REPORT. **Water Stewardship: Good for Business. Good for Society**. Disponível em:
<http://www.pepsico.com/purpose/environmental-sustainability.html>
Acesso em Março de 2013

PEREIRA, D. S. P. (org). **Governabilidade dos Recursos Hídricos no Brasil: a implementação dos instrumentos de gestão na Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Brasília: ANA, 2003.

PINA, L.A.B, **Pegada de água associada à produção do vinho Verde branco**, Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, 2010. 92p.

PIRES do RIO, G. A. *et. al.* **Gestão de Recursos Hídricos: Aspectos Metodológicos**. In: *Anais do II Encontro Nacional da ANPPAS*. Indaiatuba, 2004, s/p. Disponível em:
<<http://www.anppas.org.br>>. Acesso em: fevereiro de 2013

PLANETA SUSTENTÁVEL. **Infográficos**. Disponível em:
<http://planetasustentavel.abril.com.br/infograficos/popup.shtml?file=/download/stand2-painel4-agua-virtual.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2012.

RAES, D., STEDUTO, P., HSIAO, T.C., FERERES, E. AND HENG, L. **AquaCrop Calculation Procedure, Prototype Version 2.4**. FAO, Roma, Itália, 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html>. Acesso em Fevereiro de 2013

RAIJ, Bernardo van . **Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície**. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R.. (Org.). Boas práticas para

uso eficiente de fertilizantes: Volume 1 - Contexto mundial e práticas de suporte. 1ed. Piracicaba: PINI, v. 1, p. 351-382, 2010.

RAMOS, M. O. **Gestão de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2007.

ROORDA, M.S. **A Construção da Lei de Recursos Hídricos do Estado do Paraná e sua Implementação**. Monografia de especialização. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SALMORAL G., ALDAYA M. M., CHICO D., GARRIDO A AND LLAMAS MR. **The wáter footprint of olive oil in Spain**. En Papeles de Agua Virtual, Núm. 7, Fundación Marcelino Botín, Santander, ISBN: 978-84-96655-79-9, 70 págs, 2010.

SANTOS, S. C. G.; MENEZES, J. F. S.; BENITTES, V. M. **Lixiviação de nitrogênio em um Latossolo Vermelho cultivado com soja após aplicação de dejetos líquidos de suínos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ANIMAIS, 1., 2009, Florianópolis. Anais. Florianópolis: SIGERA, p. 338-344, 2009.

SEIXAS, V.S.C., **Análise da Pegada Hídrica de um Conjunto de Produtos Agrícolas**. Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011. 110p

SILVA, O. C., **Análise da Competitividade do Complexo Soja Brasileiro perante o Comércio Internacional**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. 99p.

SILVA, C.I.S., **Desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo para determinação da pegada de água**. Dissertação de Mestrado – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2009. 119p.

SILVA M.B. e HERREROS, M.M.A.G. **A Gestão Integrada dos Recursos Hídricos como Política de Gerenciamento Hídrico No Brasil**. IX Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Outubro de 2011 Brasília - DF – Brasil

SIMEPAR – SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ. **Série Histórica de dados climáticos da Estação Climatológica de Maringá (PR)**, 1998 a 2013.

Thai Rice Foundation, Disponível em:

http://www.thairice.org/eng/aboutRice/future_thaiRice_2.htm
Acesso em Fevereiro de 2013

TURTON, A.R. **Precipitation, People, Pipelines and Power in Southern Africa: Towards A 'Virtual Water' Based Political Ecology Discourse**, in Philip Stott and Sian Sullivan (eds.), *Political Ecology*, Londres, Arnold, 2000.

UNDP Human Development Report. **Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis**, 2006. Disponível em:
<http://hdr.undp.org/en/media/HDR06-complete.pdf> p. 33 . Acesso em Fevereiro de 2013

UNEP/SETAC. **Life Cycle Management: How business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable**, 2009.

UNILEVER & **Sustainable Agriculture Water**, 2009. Disponível em:
http://www.unilever.com/images/sd_Unilever_and_Sustainable_Agriculture%20-%20Water_tcm13-179363.pdf . Acesso em Fevereiro de 2013

USDA. **Briefing on Rice**, Disponível em:
<http://www.ers.usda.gov/briefing/rice/background.htm>. Acesso em: Março de 2013

USDA: Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Soybeans: world supply and distribution**. 2012. Disponível em:
<<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=706&hidReportRetrievalTemplateID=8>>. Acesso em: 07 de março de 2012.

VELÁZQUEZ, E., **Water trade in Andalusia. Virtual water: An alternative way to manage water use**. ECOLOGICAL ECONOMICS, 201–208, 2007.

VELÁZQUEZ, E., MADRID, C., BELTRÁN, M.J. **Rethinking concepts of virtual water and Water Footprint in relation to the production consumption binomial and the water energy nexus**. *Water Resources Management* 25, 743-761, 2011.

VON SPERLING, M.; BASTOS, R.K.X.; KATO, M.T. **Removal of E.coli and helminth eggs in UASB – polishing pond systems**. *Water Science and Technology*, v. 51, n. 12. 2005. p. 91-97.

WAOB - **World Agricultural Supply and Demand Estimate**. United States Department of Agriculture, Approved by the World Agricultural Outlook Board, 2013.

WBCSD. **Global Water Tool, World Business Council for Sustainable Development**. Conches-Geneva, Suíça, 2007. Disponível em: www.wbcsd.org. Acesso em: Setembro de 2012

WICHELNS, D. **Virtual Water: A Helpful Perspective but not a Sufficient Policy Criterion**. Water Resource Management, v. 24, p. 2203-2219, 2010.

WILLIAMS, J.R., JONES, C.A.;DYKE, P.T. **EPIC – Erosion/productivity impact calculator. The EPIC Model**. USDA-ARS, 1989.

WORLD WATER COUNCIL. **E-Conference Synthesis: Virtual Water Trade - Conscious Choices**. Marseille: World Water Council, WWC Publications, n. 2, 31 p., Mar. 2004.

WWF-BRASIL, **Produção e Exportação de Soja Brasileira e o Cerrado 2001– 2010**. Brasília (DF), 2012a

WWF-BRASIL, **A Pegada Ecológica de Campo Grande e a Família das Pegadas**. Brasília (DF), 2012b

ZYGMUNT, J. **Hidden waters Waterwise**, Londres, 2007.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Dados agrometereológicos utilizados nas simulações com o software cropwat – Simulação 1	137
Apêndice 2 - Dados agrometereológicos utilizados nas simulações com o software cropwat – Simulação 2	138

APÊNDICE 1 – DADOS AGROMETEREOLÓGICOS UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES COM O SOFTWARE CROPWAT – SIMULAÇÃO 1

MÊS	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Umidade Relativa do Ar %	Velocidade do Vento m/s	INSOLAÇÃO DIÁRIA horas	RADIAÇÃO SOLAR(**) MJ/m ² /dia	ET ₀ (**) mm/dia	Precipitação mm	Precipitação Efetiva(**) mm
Janeiro	18,4	29,9	59	1,5	5,2	18,8	4,61	82,0	65,6
Fevereiro	20,2	31,7	59	1,6	5,1	18,0	4,70	87,0	69,6
Março	17,6	29,9	54	1,5	5,2	16,5	4,37	112,0	89,6
Abril	12,0	22,2	56	1,9	5,5	14,7	3,43	95,8	76,6
Mai	9,1	18,4	51	1,4	5,3	12,3	2,48	89,7	71,8
Junho	7,0	16,5	52	1,5	4,4	10,3	2,09	76,2	61,0
Julho	6,8	17,7	48	1,3	5,4	11,8	2,18	48,5	38,8
Agosto	7,9	18,6	45	1,5	5,4	13,6	2,64	38,3	30,6
Setembro	14,9	28,7	48	1,6	4,1	14,1	3,74	30,0	24,0
Outubro	16,4	28,7	68	1,6	4,4	16,4	3,86	245,0	196,0
Novembro	16,8	28,9	48	1,5	5,5	19,1	4,73	144,0	115,2
Dezembro	19,1	31,2	57	1,5	5,7	19,7	4,91	126,0	100,8

Fonte: Climwat com exceção de (**)

(**) Resultados da simulação no CROPWAT.

APÊNDICE 2 - DADOS AGROMETEREOLÓGICOS UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES COM O SOFTWARE CROPWAT – SIMULAÇÃO 2

MÊS	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Umidade Relativa do Ar %	Velocidade do Vento m/s	INSOLAÇÃO DIÁRIA(*) horas	RADIAÇÃO SOLAR(**) MJ/m ² /dia	ET ₀ (**) mm/dia	Precipitação mm	Precipitação Efetiva(**) mm
Janeiro	16,7	33,2	77,5	2,5	6,5	20,9	5,10	167,0	133,6
Fevereiro	16,8	33,9	69,5	2,3	6,4	20,0	5,22	129,1	103,3
Março	15,9	34,2	70,0	2,3	7,1	19,3	5,04	100,6	80,5
Abril	12,3	32,5	68,2	2,4	7,6	17,4	4,55	71,0	56,8
Mai	6,8	29,9	71,4	2,5	7,0	14,2	3,67	96,8	77,4
Junho	6,4	28,7	70,0	2,6	6,9	12,9	3,31	73,1	58,5
Julho	5,8	29,8	65,6	2,9	7,4	13,9	3,85	76,4	61,1
Agosto	6,6	32,7	55,7	3,0	7,7	16,4	5,08	54,2	43,4
Setembro	6,9	34,9	60,1	3,0	6,7	17,7	5,67	99,1	79,3
Outubro	11,6	35,3	66,3	2,8	7,1	20,4	5,79	143,7	115,0
Novembro	13,1	34,1	67,1	2,7	7,6	22,4	5,89	125,1	100,1
Dezembro	15,2	34,2	71,5	2,4	7,0	21,9	5,56	158,2	126,6

Fonte: SIMEPAR com exceção de (*) e (**)

(*) Fonte: IAPAR (2013) e (**) Resultados da simulação no CROPWAT.

ANEXOS

Anexo 1 - Produção agrícola média da soja.....	140
Anexo 2 - Dados de Importações do Complexo Soja	141
Anexo 3 - Dados de Exportações do Complexo Soja.....	142

ANEXO 1 - PRODUÇÃO AGRÍCOLA MÉDIA DA SOJA

PRODUÇÃO AGRÍCOLA MÉDIA DA SOJA			
ANOS	ÁREA COLHIDA (10 ³ ha)	QUANTIDADE PRODUZIDA (10 ³ t)	RENDIMENTO MÉDIO (kg/ha)
1980	16.200	42.930	2650
1981	15.100	37.750	2.500
1982	15.060	36.144	2.400
1983	15.000	39.000	2.600
1984	15.800	31.600	2.000
1985	15.320	34.470	2.250
1986	12.130	12.373	1.020
1987	15.700	38.555	2.456
1988	20.000	54.000	2.700
1989	21.400	42.800	2.000
1990	21.150	42.300	2.000
1991	21.300	42.262	1.984
1992	21.300	31.940	1.500
1993	21.515	49.468	2.299
1994	22.150	59.805	2.700
1995	22.350	55.875	2.500
1996	22.500	63.000	2.800
1997	22.700	61.290	2.700
1998	23.040	55.240	2.398
1999	23.100	65.835	2.850
2000	23.200	58.000	2.500
2001	22.820	70.514	3.090
2002	23.600	70.800	3.000
2003	24.000	62.400	2.600
2004	24.000	62.400	2.600
2005	25.300	58.190	2.300
2006	23.200	49.880	2.150
2007	22.900	65.265	2.850
2008	23.500	64.625	2.750
2009	23.600	49.560	2.100
2010	23.900	75.763	3.170
2011	24.000	84.000	3.500

Fonte: IPARDES - DADOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA - BASE DE DADOS DO ESTADO DO PARANÁ BDEWEB

ANEXO 2 - DADOS DE IMPORTAÇÕES DO COMPLEXO SOJA

PAÍSES DE ORIGEM	2009		2010		2011		2012	
	QUANT.(T)	VALOR FOB US\$1000	QUANT.(T)	VALOR FOB US\$1000	QUANT.(T)	VALOR FOB US\$1000	QUANT.(T)	VALOR FOB US\$1000
GRÃO								
Paraguai	99.287	37.934	117.406	43.370	40.892	16.217	176.938	96.585
Uruguai							75.743	49.398
Outros	125	152	434	189	89	53	15.283	7.265
Soma	99.412	38.085	117.840	43.559	40.981	16.270	267.964	153.248
ÓLEO DE SOJA								
Argentina	27.000	20.958	16.000	13.440				
Paraguai	250	190	25	25	100	122	1.000	1.061
Uruguai	143	99						
Estados Unidos da América	1	30						
Outros	15	79	230	472	26	140	30	129
Soma	27.409	21.356	16.255	13.937	126	262	1.030	1.190

Fonte: CONAB (2012)

ANEXO 3 - DADOS DE EXPORTAÇÕES DO COMPLEXO SOJA

PAÍSES DE ORIGEM	2009		2010		2011		2012	
	QUANT.(T)	VALOR FOB US\$1000						
GRÃO								
Alemanha	1.116.132	453.783	355.219	134.551	370.819	189.032	522.354	284.638
China	15.939.968	6.342.965	19.064.458	7.133.441	22.104.719	10.957.102	22.885.887	12.028.318
Espanha	2.114.646	791.909	1.874.991	740.227	2.369.270	1.192.918	2.155.811	1.130.224
França	384.243	150.703	105.886	45.026	221.774	107.530	506.775	281.400
Itália	728.165	278.508	568.700	213.133	150.662	73.269	135.621	73.644
Japão	586.781	245.863	507.332	192.576	536.111	253.805	548.339	297.346
Países Baixos	2.366.889	974.310	1.437.354	550.551	1.520.683	710.252	1.036.919	550.154
Outros	5.325.882	2.186.242	5.159.215	2.033.496	5.711.523	2.843.378	5.124.710	2.809.478
Soma	28.562.705	11.424.283	29.073.156	11.043.000	32.985.560	16.327.287	32.916.417	17.455.200
ÓLEO DE SOJA								
Bangladesh	123.526	97.282	37.500	32.851	106.700	129.476	94.484	109.498
China	529.105	406.951	935.965	786.420	643.179	763.682	787.531	924.397
Hong Kong	17.709	13.343	12.500	11.028	20.152	23.420	29.757	35.882
Índia	169.844	132.289	85.372	71.721	141.950	173.573	314.489	363.933
Irã, Rep.	72.100	48.512	85.963	81.870	65.345	79.884	116.978	136.952
Países Baixos	5.732	3.743	232	305	2.961	3.918	144	209
Outros	675.634	531.805	406.229	368.234	761.127	955.317	413.762	500.465
Soma	1.593.649	1.233.925	1.563.761	1.352.429	1.741.413	2.129.270	1.757.144	2.071.337

Fonte: CONAB (2012)