

I-271 - ESTUDO DA PEGADA HÍDRICA NAS MICRORREGIÕES DO ALTO CAPIBARIBE, MÉDIO CAPIBARIBE E VALE DO IPOJUCA NO AGRESTE PERNAMBUCANO

Marcelo Carlos de Oliveira Silva⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/CAA). Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/CAA). Pós-graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE/Campus Caruaru).

Márcia Maria da Silva

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/CAA).

Ana Paula A. Feitosa

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/CAA).

Simone Machado Santos

Engenheira Civil pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora Associada 1 da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/CAA).

Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves

Bióloga pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora Adjunta da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/CAA).

Endereço⁽¹⁾: Av. Campina Grande, s/n - Km 59 - Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55014-900 - e-mail: marcelo.carlosoliveira@ufpe.br

RESUMO

Sabe-se que água é um recurso natural essencial ao planeta e para a qualidade de vida dos seres humanos. Nesse cenário, a pegada hídrica aparece como um indicador ambiental do volume total anual de água necessário para produzir os bens e serviços consumidos em todo planeta. O objetivo deste trabalho é determinar a pegada hídrica média dos habitantes das regiões do Agreste Setentrional e Vale do Ipojuca no estado de Pernambuco. A metodologia deste trabalho consiste em aplicar a calculadora de pegada hídrica do indivíduo, proposta por Hoekstra, Chapagain e Mekonnen (2005) podendo ser acessada no site da Water Footprint Network, usando questionários individuais online, para uma amostra da população em estudo. Os resultados mostraram que o valor da pegada hídrica média é de 1121 m³/ano por pessoa, que resulta um valor abaixo da pegada hídrica média global de 1385 m³/ano por pessoa e da média brasileira, de 2027 m³/ano por pessoa. Conclui-se que a pegada hídrica da população varia de acordo com o uso doméstico da água e a renda familiar, mas principalmente com os hábitos alimentares dos indivíduos. Esse resultado serve como base para o uso mais responsável da água e consumo consciente dos bens e serviços disponíveis, reduzindo, assim, a pegada hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo de Água, Recursos Hídricos, Agreste, Indicadores.

INTRODUÇÃO

O homem, desde a sua origem, convive com as condições naturais do planeta, tanto no seu uso como na sua sobrevivência (TUCCI, 2009). A preocupação com o meio ambiente e com os recursos naturais do planeta tem aumentado significativamente nas últimas décadas. Isso se deve a uma maior conscientização por parte da população, que enfrenta problemas com poluição do ar, do solo e a crise hídrica em diversas regiões do Brasil.

Diante da situação atual dos recursos hídricos, um dos instrumentos que vem adquirindo destaque no cenário científico é a Pegada Hídrica, desdobramento do conceito de “água virtual”, que diz respeito ao comércio indireto da água que está embutida em certos produtos, especialmente as commodities agrícolas, enquanto matéria prima desses produtos. A inovação do conceito de Pegada Hídrica em relação a métodos de contabilidade hídrica, é que este mede a utilização de água na produção de bens e serviços, considerando o uso da água e sua contaminação na cadeia produtiva. Trata-se de um método que observa os usos diretos e indiretos da água de um consumidor ou produtor (EMPINOTTI; JACOBI, 2012).

Dessa maneira a Pegada Hídrica traz uma nova visão, uma nova discussão, para os estudos sobre o consumo de água, ampliando seus horizontes e dando novos rumos para práticas de gestão dos recursos hídricos, uma vez que há alguns anos havia poucas abordagens nessa prática sobre o consumo ao longo da cadeia de produção e abastecimento, seja de um bem ou serviço.

Como resultado, ainda há pouca conscientização sobre o fato de que a organização e as características de uma produção e sua cadeia de abastecimento influenciam fortemente os volumes (e as distribuições temporal e espacial) de consumo e poluição da água, que podem ser associados com um produto final de consumo. Visualizar o uso oculto da água em produtos pode ajudar no entendimento do caráter global da água doce e na quantificação dos efeitos do consumo e do comércio na utilização dos recursos hídricos (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

OBJETIVO

Realizar um estudo sobre a pegada hídrica da população das Microrregiões do Alto Capibaribe, Médio Capibaribe e Vale do Ipojuca, correlacionando com outros indicadores sociais.

METODOLOGIA

O Estado de Pernambuco é dividido em 5 (cinco) mesorregiões (Agreste, São Francisco, Sertão, Zona da Mata e Metropolitana) e 19 (dezenove) microrregiões geográficas, de acordo com o IBGE. O Agreste Pernambucano possui um clima seco e quente com diminuição de chuvas no verão e temperatura média sempre superior a 25°C, a mínima no verão geralmente fica entre 20 e 25°C, e a máxima entre 30 e 35°C. O índice pluviométrico é sempre inferior a 600 mm. O estudo feito neste trabalho tem como limites geográficos as microrregiões do Vale do Ipojuca, Médio e Alto Capibaribe, do Agreste Pernambucano, como mostra a Figura 1.



Figura 1 - Microrregiões do agreste de Pernambuco Área da pesquisa.

De acordo com a base de dados do Estado de Pernambuco, as divisões regionais do território Pernambucano possui finalidade básica de viabilizar a agregação e a divulgação de dados estatísticos. Os municípios com foco na pesquisa foram os mais expressivos das microrregiões em estudo, com base no critério de índice populacional e pelo histórico político-geográfico. As perguntas do questionário aplicado na pesquisa foram baseadas no questionário proposto por Hoekstra, Mekonnen e Chapagain, com as seguintes modificações: foram introduzidos os valores das porções médias dos alimentos para servirem de parâmetro para os entrevistados. A plataforma utilizada para a pesquisa foi a Formulários Google.

A partir dos dados obtidos no questionário, a pegada hídrica foi mensurada por meio da calculadora eletrônica *Water Footprint Network* (disponível em <http://waterfootprint.org>, acessado em fevereiro de 2018). Os coeficientes de estimativa da pegada hídrica multiplicam cada item do questionário pelos valores de cálculo baseados nas necessidades de água por unidade de cada item referente no país de origem, no caso desta pesquisa, o Brasil. Depois de aplicado o questionário, os dados foram colocados em planilha Microsoft Excel e analisados, onde foi possível obter a média per capita de pegada hídrica dos indivíduos, dentre outros indicadores.

Uma vez obtidos os dados através do questionário virtual e aplicados os dados na calculadora online de pegada hídrica é gerado o resultado do indivíduo. Foram obtidos trezentos e oitenta e nove questionários (389) e inseridos os dados, individualmente, dos mesmos na calculadora online de pegada hídrica para encontrar a pegada hídrica de cada indivíduo. A Figura 2 mostra a pegada hídrica total de um indivíduo, 1205 m³/ano, a sua divisão em alimentação, uso doméstico de água e industrial. São mostrados também os componentes que fazem parte da alimentação: cereais; carne vermelha; verduras e legumes; frutas; laticínios; chá e café; gordura; açúcar; ovos e outros. A partir dos resultados gerados (Figura 2), obtiveram-se as pegadas hídricas médias por microrregiões (Vale do Ipojuca, Alto Capibaribe e Médio Capibaribe).

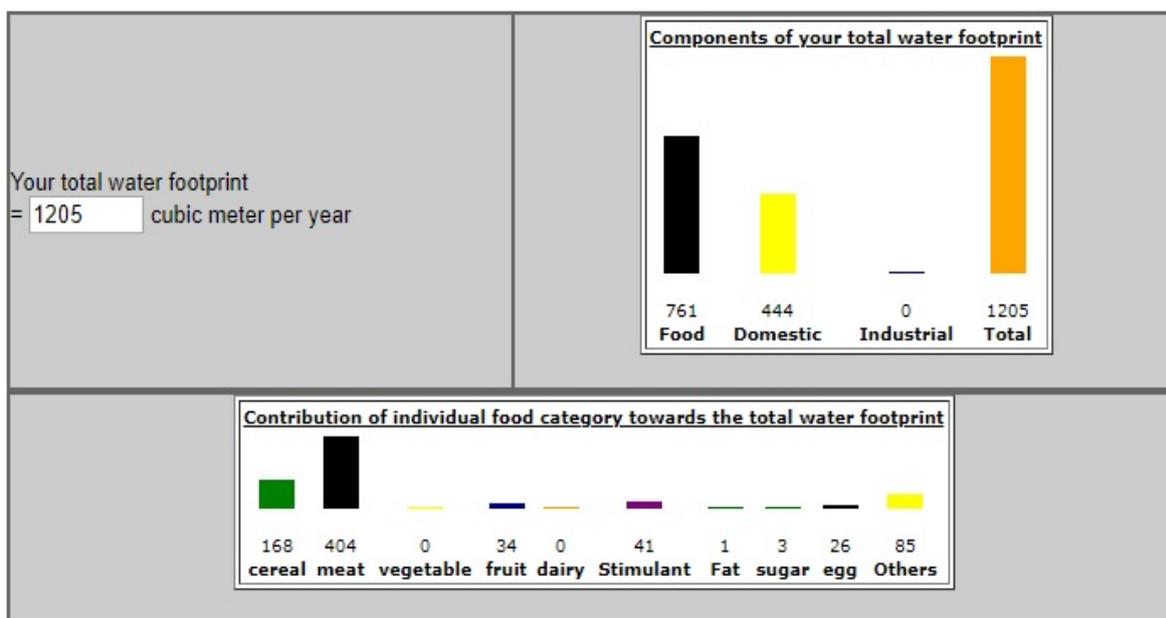


Figura 2 - Resultado da pegada hídrica de um indivíduo.

A Tabela 1, elaborada por Shimakura (2011), mostra os intervalos dos coeficientes de correlação e suas respectivas interpretações, que serão utilizadas para análise e discussão dos resultados obtidos.

Coefficiente de correlação (R)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação muito fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação Moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

RESULTADOS OBTIDOS

Primeiramente, foi avaliado se as microrregiões eram de fato diferentes entre si, de forma que, seria necessário um número de amostras diferentes por microrregião. Para tal análise foi realizada uma análise de variância utilizando o software BioEstat 5.3, proposto por Ayres. Os resultados demonstraram que as microrregiões são semelhantes entre si para o parâmetro valor de Pegada Hídrica. A Figura 3 mostra esse resultado. Embora sendo observado um valor médio de pegada hídrica um pouco inferior para o Alto Capibaribe, as pegadas hídricas médias foram estatisticamente semelhantes.

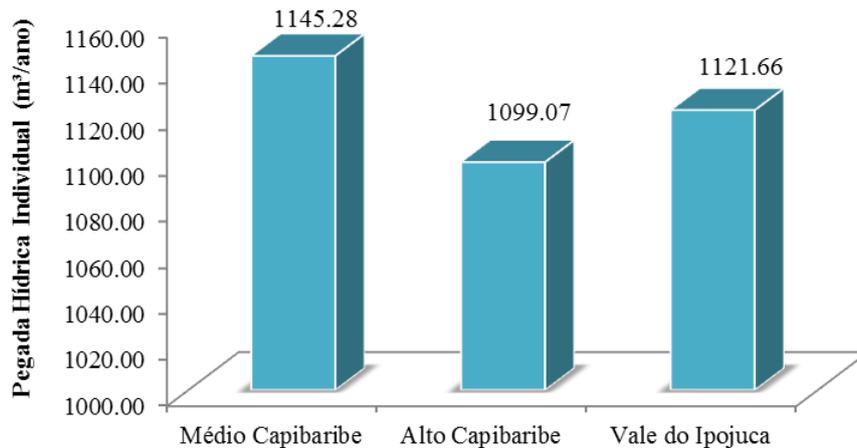


Figura 3 - Pegadas hídricas médias *per capita*.

Porém, como as microrregiões podem ser tratadas como uma única área de estudo tem-se que a pegada hídrica média do Agreste Setentrional (Junção das microrregiões do Alto e Médio Capibaribe, de acordo com a base de dados do estado de Pernambuco) e Vale do Ipojuca é de, de acordo com o resultado de todos os indivíduos, 1121,78 m³/ano.

A Figura 4 apresenta a média da pegada hídrica per capita das pessoas vegetarianas e não-vegetarianas. O total de vegetarianos da pesquisa foi cerca de 7%.

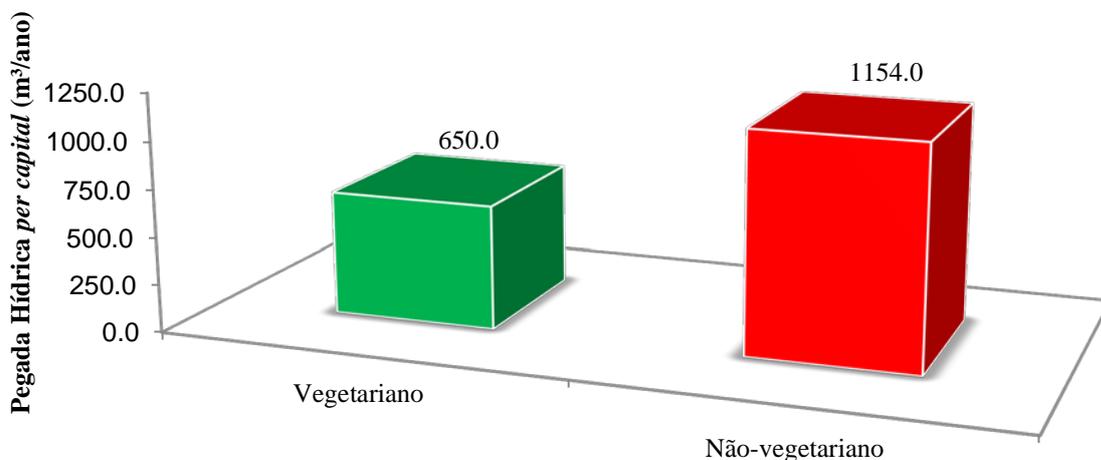


Figura 4 - Comparação da Pegada Hídrica de indivíduos vegetarianos e não-vegetarianos.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a média de 1121,78m³/ano de pegada hídrica *per capita* da área em estudo, o coeficiente de variação encontrado foi de 30,21%. A utilidade imediata do coeficiente de variação é a possibilidade de avaliar o grau de representatividade da média. Um critério de decisão sobre a representatividade ou não da média, pode ser dada pela seguinte linha de corte: se $CV \geq 50\%$, a média não é representativa; se $CV < 50\%$, a média é representativa. Sendo assim, os dados de pegada hídrica da amostra representa a média de toda população da região estudada.

A Figura 4 mostra que a pegada hídrica média dos indivíduos vegetarianos é 650 m³/ano, sendo 43,7% menor que a média de indivíduos não-vegetarianas, que é de 1154 m³/ano. Essa diferença percentual alta ocorre devido ao não consumo de carnes, produto com uma alta pegada hídrica, por pessoas vegetarianas.

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (2014) o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos E.U.A, da China e do Brasil são, respectivamente, 0,915, 0,727 e 0,755. Nos países mais desenvolvidos (com IDH elevado) como os E.U.A., as pessoas em geral consomem mais bens e serviços, o que favorece pegadas hídricas mais elevadas. Porém, é importante destacar que o volume de consumo é apenas uma parcela, o que determina a pegada hídrica total do indivíduo é o conjunto dos componentes de alimentação, uso de água doméstica e industrial, e dentre esses três, o que tem a maior demanda de água é alimentação, principalmente pela contribuição da carne bovina, que exige uma grande quantidade de água em seu processo produtivo.

A Figura 4 mostra a relação entre o IDH e a pegada hídrica média *per capita*. De acordo com o IBGE, o IDH do Agreste Setentrional, do Vale do Ipojuca e da Paraíba são, respectivamente, 0,636, 0,619 e 0,658. Pela análise gráfica foi possível demonstrar que o coeficiente de determinação entre alimentação e pegada hídrica *per capita* é R²=0,858, assim o coeficiente de correlação R=0,926 indica uma correlação considerada muito forte, de acordo com a Tabela 1.

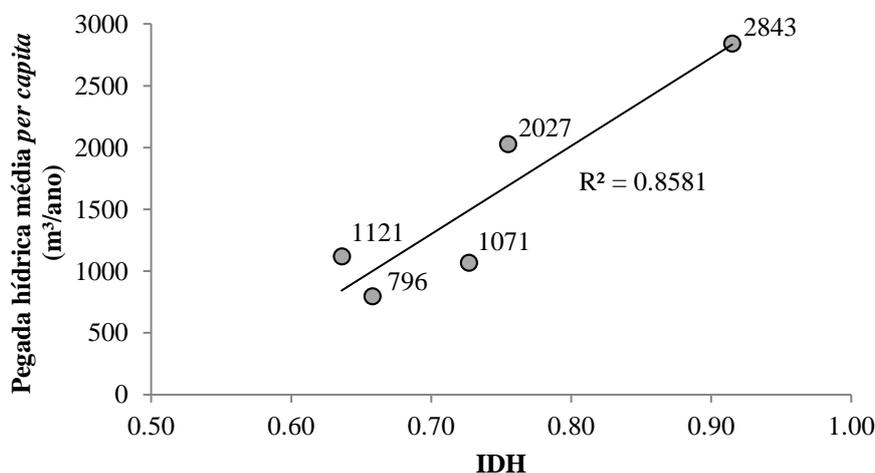


Figura 5 - Relação entre o IDH e a pegada hídrica média *per capita*

A Tabela 2 apresenta dados dos componentes da pegada hídrica da literatura e do presente estudo. Pela análise da tabela, os resultados obtidos na pesquisa, 64,81% (727 m³/ano) da pegada hídrica média individual referem-se ao consumo de alimentos, que está abaixo da média dos E.U.A. de 84,35% (2398 m³/ano), da média chinesa de 91,20%, da média brasileira de 95,02% (1926 m³/ano) e da média mundial de 91,48% (1267 m³/ano *per capita*).

Tabela 2 - Comparação dos componentes da pegada hídrica.

Pegada hídrica	Mundo	E.U.A.	China	Brasil	Paraíba	Agreste N e Vale do Ipojuca
Industrial	53	334	39	45	-	184
Doméstico	65	111	47	56	-	210
Alimentação	1267	2398	985	1926	-	727
Total (PH individual)	1385	2843	1071	2027	796	1121

O mesmo não acontece com a água de uso doméstico que representa 18,73% (210 m³/ano) da pegada hídrica média *per capita*, pois os valores ficaram acima da média mundial de 5,13% (65 m³/ano), da média do Brasil, de 2,76% (56 m³/ano), da média dos E.U.A. de 3,90% (111 m³/ano) e da média da China, de 4,39% (47 m³/ano). Analogamente, o consumo industrial de 16,41% (184 m³/ano) da pegada hídrica média *per capita* no Agreste Setentrional e Vale do Ipojuca ficou acima da média da China de 3,64% (39 m³/ano), do Brasil de 2,22% (45 m³/ano), da média mundial com 3,83% (53 m³/ano) e até da média dos E.U.A., de 11,74% (334 m³/ano).



De acordo com o estudo realizado por Maracajá e Araújo (2014), a pegada hídrica do Estado da Paraíba é de 796 m³/ano, a Pegada hídrica das microrregiões estudadas foi maior que as pegadas hídricas do Estado da Paraíba, o que não era esperado já que o Agreste de Pernambuco convive com uma disponibilidade hídrica e IDH semelhantes ao do estado vizinho.

No estudo de Ohnuma e Giacomini (2017) é mostrado que a pegada hídrica média do mundo por indivíduo é de 1385 m³/ano, dos Estados Unidos é de 2843 m³/ano, da China de 1071 m³/ano, já a do Brasil é de 2027 m³/ano. Dentro desta perspectiva, as médias obtidas dos indivíduos do Agreste Setentrional e Vale do Ipojuca apresentaram médias menores que a dos Estados Unidos e do Brasil e semelhante a PH da China.

A Figura 6 mostra que o coeficiente de determinação entre alimentação e pegada hídrica per capita é R²=0,700, assim o coeficiente de correlação R=0,837 indica uma correlação considerada forte, de acordo com a Tabela 1.

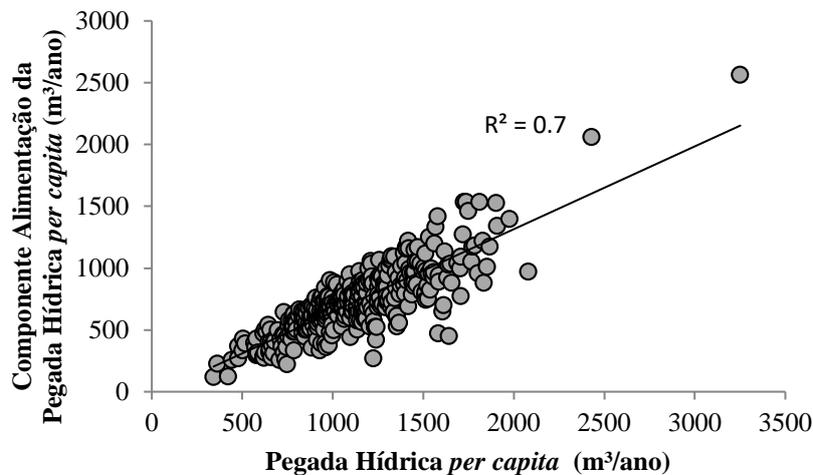


Figura 6 - Correlação entre a alimentação e Pegada Hídrica per capita.

Os coeficientes entre as parcelas de uso doméstico e industrial e a pegada hídrica per capita, como mostram as Figuras 10 e 11 foram, respectivamente, R²=0,128 e R²=0,327 o que resulta em R=0,358, uma correlação fraca para a parcela de uso doméstico, e R=0,572 para a parcela industrial, que é considerada uma correlação moderada.

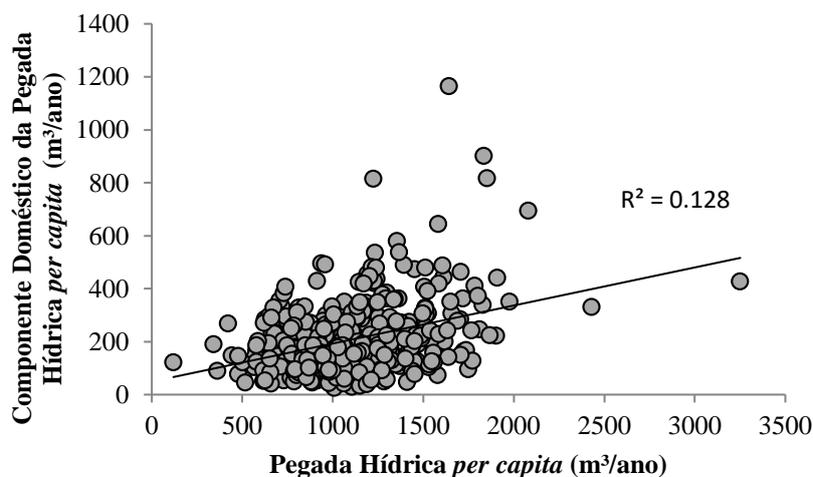


Figura 7 - Correlação entre o uso doméstico de água e Pegada Hídrica per capita.

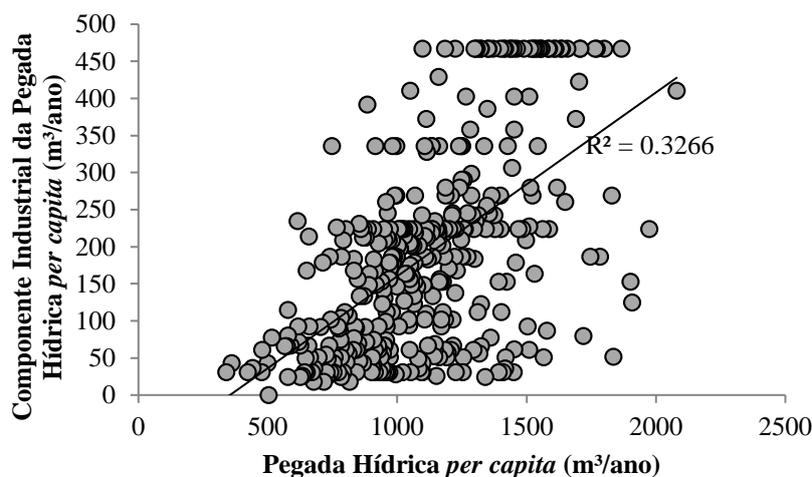


Figura 8 - Correlação entre a parcela industrial e Pegada Hídrica *per capita*.

As Figuras 6, 7 e 8 mostram que, dentre as categorias de consumo, os alimentos apresentam a parcela mais significativa para o consumo de água dos habitantes do Agreste Setentrional pernambucano. Tal fato pode ser explicado pela grande quantidade de água utilizada na irrigação das plantações e pastagens para alimentação de animais, além do gasto hídrico no beneficiamento da carne. Desta forma, referente ao consumo indireto de água, o que mais impacta é o consumo de carne, pois seu consumo específico de água é elevado comparado com outras categorias de alimentos (OHNUMA e GIACOMIN, 2017). Como a alimentação corresponde a cerca de 65% da Pegada Hídrica *per capita*, em termos de desenvolvimento sustentável, políticas direcionadas aos hábitos alimentares podem apresentar resultados mais efetivos na conservação da água.

De acordo com o presente estudo, é plausível que, em relação à quantidade de água, as políticas de conservação dos recursos hídricos devem ser direcionadas principalmente aos hábitos alimentares e a produção agrícola, até mais do que os esforços relacionados às demandas para o consumo doméstico e industrial. No entanto, vale ressaltar que quando se pensa em conservação dos recursos hídricos, há de se pensar também na qualidade da água, e nesta questão algumas atividades industriais podem representar um impacto mais pronunciado, ou a depender da situação local a atividade agrícola ou uso doméstico.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho apresenta o valor da pegada hídrica média da população das microrregiões do Alto Capibaribe, Médio Capibaribe e Vale do Ipojuca, que é de 1121m³/ano per capita, valor que está abaixo da média brasileira e da média mundial, que são 2027m³/ano e 1385 m³/ano, respectivamente.

Viu-se que, através de uma análise estatística, as pegadas hídricas das três microrregiões não diferem significativamente entre si, sendo tratadas como uma única área de estudo e que 65% da pegada hídrica per capita é referente à alimentação do indivíduo, 19% ao seu uso doméstico de água e 16% ao seu consumo de bens industriais.

Para uma região como o Agreste pernambucano, que nos últimos anos vive uma escassez hídrica, a pegada hídrica da população pode ser uma informação valiosa para estudiosos e autoridades da área de recursos hídricos, proporcionando uma estimativa de como o consumo exagerado de produtos e o uso inadequado da água contribuem para esse grande problema do século XXI, a escassez de água.

Para direcionar trabalhos futuros de pegada hídrica populacional recomenda-se que o levantamento de dados seja feito de forma persistente, pois se trata de uma etapa difícil e laboriosa. Em relação às informações coletadas, próximos trabalhos nesta área podem analisar outras características da população tais como: gênero; grau de escolaridade e o consumo de bebida alcoólica dos indivíduos. Assim, cada vez mais os resultados podem ser refinados e analisados os índices que influenciam a pegada hídrica populacional e, assim, contribua para o uso mais racional dos recursos hídricos disponíveis.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AYRES, Manuel. AYRES, Daniel Lima. SANTOS, Alex de Assis Santos dos. BioEstat: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém-PA, 2007.
2. BDE – Base de dados do Estado. Disponível em <<http://www.bde.pe.gov.br/estruturacao geral/mesorregioes.aspx>> Acesso: 28 de Julho de 2018.
3. EMPINOTTI, Vanessa; JACOBI, Pedro Roberto (org.). Pegada Hídrica: Inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação. São Paulo: Annablume, PROCAM-USP, IEE-USP. Brasília: CNPQ, 2012.
4. GIACOMIN, George S.; OHNUMA, Alfredo A. Estimativa da pegada hídrica de um grupo de alunos de uma instituição de ensino superior. Revista Internacional de Ciências. Rio de Janeiro, v. 07, n. 01, p. 49 - 63, 2017.
5. HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK. 2011.
6. MARACAJÁ, KETTRIN F. B.; et al. Regionalização da Pegada Hídrica do Estado da Paraíba. REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade ISSN: 2237-3667 ISSN: 2237-3667 – Vol.4, nº 1, p. 105-122, 2014.
7. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Ranking IDH Global 2014. Disponível em <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idh-global.html>> Acesso em: 28 de Julho de 2018.
8. SHIMAKURA, Silvia Emiko. Interpretação do coeficiente de correlação. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná – UFPR. 2015.
9. TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e aplicação. 4ª Ed. 1ª Reimpressão. Porto Alegre: ABRH; UFRGS, 2009.