

## CONSUMO VIRTUAL DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE CATOLÉ DO ROCHA ESTIMADO PELA PEGADA HÍDRICA

Daniele da Silva Costa (1); Patrícia da Silva Costa (2); Suely de Lima Santos (2); Newcélia Paiva Barreto (2); Rener Luciano de Souza Ferraz (3)\*

(1) Instituto Educacional Tecnológico e Profissionalizante – Instituto Belchior, danijully@outlook.com, (2) Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pathy\_16costa@hotmail.com, suely126@hotmail.com, newcelia.barreto@bol.com.br, (3) Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN da UFCG, ferragroestat@gmail.com \*Orientador

### Introdução

A estimativa da pegada hídrica (PH) é um instrumento que pode auxiliar na concepção sobre como atividades e produtos interagem com a carência e com a poluição da água e seus impactos relacionados, bem como o que pode ser feito para certificar que as atividades e produtos colaborem para o uso sustentável dos recursos hídricos. A análise do consumo hídrico e os índices que compõem esse consumo podem ser realizados para orientar as ações no estabelecimento de planos estratégicos para reduzir o consumo (SCHNEIDER e CARRA, 2016).

O conceito de PH foi evidenciado em uma reunião internacional sobre o comércio de água virtual (HOEKSTRA, 2016). Desde então, houve significativo avanço quantitativo da literatura a respeito de escassez e comércio virtual de H<sub>2</sub>O, revelando progressos metodológicos no tocante à definição das técnicas de análise da PH, seu cômputo, ponderação de sua sustentabilidade e formulação de respostas e pontos levantados acerca da temática (CASTELLANOS et al., 2016; MANZARDO et al., 2016; WANG X et al., 2016; ZHUO et al., 2016).

Considerando a necessidade de efeitos estatísticos para melhor representatividade dos dados alcançados em pesquisas científicas, ressalta-se o emprego de análise de componentes principais (PCA - *Principal Component Analysis*) revela-se eficiente para análise de dados, tornando o esclarecimento do fenômeno analisado mais simples (MUSINGARABWI et al., 2016). Em acepção integrante, a análise de agrupamento (*Cluster Analysis*) auxilia na visualização e explanação dos resultados a partir da composição de grupos (WANG R et al., 2016). Estas técnicas multivariadas foram aplicadas com êxito para pesquisar a opinião pública (SILVA et al., 2015; FULCO et al., 2016), sazonalidade do cultivo de alimentos agroindustriais (FONSECA et al., 2016), seleção de materiais com potencial para melhoramento genético (FERRAZ et al., 2016) e debates sobre os melhores métodos de análise de dados (FIGUEIREDO FILHO et al., 2016). Estudando pegada hídrica, Costa et al. (2016a) constataram ocorrência de elevada dispersão de dados de um mesmo grupo amostral, sugerindo em pesquisa posterior (COSTA et al., 2016b) que o emprego de análises multivariadas é eficiente para tratamento de dados de PH facilitando a compreensão de resultados.

Objetivou-se com este trabalho, mapear parcialmente a finalidade do consumo virtual de água e suas frações nas esferas domiciliar, industrial e alimentar no município de Catolé do Rocha, sendo esse consumo estimado pela pegada hídrica dos cidadãos, permitindo planejamento estratégico e eficácia na tomada de decisões acerca do gerenciamento dos recursos hídricos.

### Metodologia

O estudo foi realizado entre os dias 12 e 30 de setembro de 2016, no município de Catolé do Rocha - PB, inserido na mesorregião do Sertão do estado da Paraíba, no bioma Caatinga, geograficamente localizado nas coordenadas 6°20' 38" latitude Sul e 37°44' 84" longitude Oeste. O município possui população de 30.360 habitantes, com área territorial de 552,112 km<sup>2</sup> (IBGE, 2016). A pesquisa exploratória (GIL, 2010) consistiu na aplicação de 120 questionários com

perguntas estruturadas para estimativa da pegada hídrica, conforme metodologia adaptada de Hoekstra et al. (2011). Foram avaliados oito grupos amostrais representados pelos bairros Catolé de Baixo, Picos, Rancho do Povo e Mapirunga da zona rural e Centro, Luzia Maia, Tabajara e Várzea da zona urbana do Município.

Em cada grupo, foi tomada amostra de tamanho  $n=15$ . As variáveis consideradas neste estudo foram representadas pelos componentes da pegada hídrica total (PH Tot), fracionados em pegada hídrica doméstica (PH Dom), industrial (PH Ind) e de alimentos (PH Ali), sendo esta última fracionada em pegada hídrica de cereais (PH Cer), carnes (PH Car), vegetais (PH Veg), frutas (PH Fru), laticínios (PH Lat), bebidas (PH Beb), gorduras (PH Gor), açúcares (PH Açú), ovos (PH Ovo) e outros (PH Out).

As respostas do questionário foram processadas na calculadora estendida da pegada hídrica pessoal (HOEKSTRA et al., 2005). Visando facilitar a explicação e visualização dos resultados em uma perspectiva multivariada, os dados foram submetidos à padronização, de modo a tornar a média nula e variância unitária. A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio de análise de componentes principais (ACP), de modo a condensar a quantidade de informação relevante contida no conjunto de dados originais em um menor número de dimensões (componentes principais), resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores mais elevados na matriz de covariância. Para cada componente principal (CP), procedeu-se análise de *cluster* por método hierárquico, *Ward's minimum variance*, considerando-se para tanto as variáveis relevantes na composição de cada CP (HAIR et al., 2009).

## Resultados e Discussão

A partir da Análise de Componentes Principais (ACP), adotando-se o critério de Kaiser (1960), foram extraídos os Componentes Principais (CP) com valor maior que a unidade ( $\lambda > 1$ ) na matriz de correlação. Foi possível explicar 89,29% da variância, sendo este total retido em quatro variáveis latentes (CP<sub>1</sub>, CP<sub>2</sub>, CP<sub>3</sub> e CP<sub>4</sub>). A expressividade das cargas das variáveis foi baseada na classificação de Dancey e Reidy (2013), sendo adotadas correlações no mínimo moderada entre as cargas e os CPs (Tabela 1).

**Tabela 1.** Autovalores, variância relativa e cargas das variáveis associadas aos quatro primeiros componentes principais formados a partir de 12 variáveis estimadas em oito bairros do município Catolé do Rocha - PB, 2016.

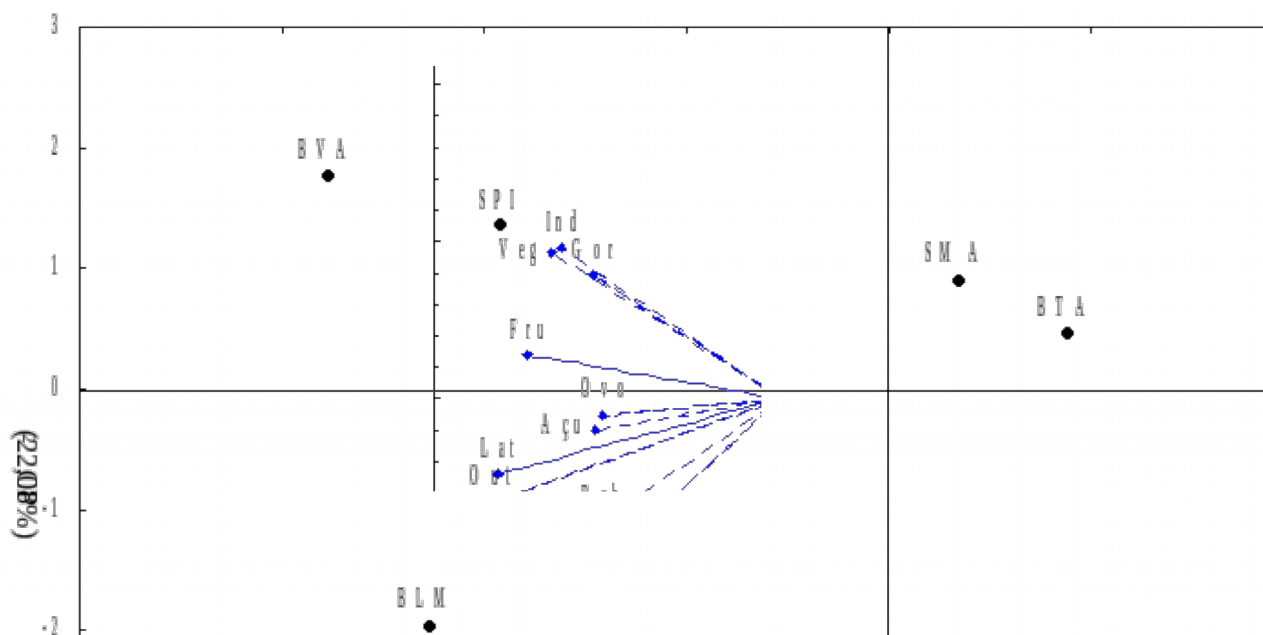
CPs	$\lambda$	$\sigma^2$	Cargas das variáveis de Pegada Hídrica											
			Dom	Ind	Cer	Car	Veg	Fru	Lat	Beb	Gor	Açú	Ovo	Out
CP <sub>1</sub>	5,16	43,00	0,09	-0,69	0,32	-0,62	-0,73	-0,80	-0,90	-0,57	-0,60	-0,59	-0,56	-0,92
CP <sub>2</sub>	2,65	22,08	0,83	0,48	-0,81	-0,58	0,47	0,14	-0,24	-0,39	0,39	-0,10	-0,05	-0,33
CP <sub>3</sub>	1,71	14,24	-0,37	0,47	-0,32	-0,21	-0,10	-0,06	-0,31	0,58	-0,36	-0,49	0,62	-0,12
CP <sub>4</sub>	1,20	9,98	-0,08	-0,06	-0,02	-0,23	0,32	0,56	-0,10	0,28	-0,58	0,16	-0,51	-0,06

CP: componente principal;  $\lambda$ : autovalor;  $\sigma^2$ : variância relativa; Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açú: açúcares e Out: outros componentes da pegada hídrica.

No primeiro Componente Principal (CP<sub>1</sub>) foram retidas 43% da informação relevante para separação dos bairros do município de Catolé do Rocha, sendo este CP formado pela associação das Pegadas Hídricas (PH) industrial e de carnes, vegetais, frutas, laticínios, gorduras, açúcares e outros. Verifica-se pela projeção bidimensional destas variáveis (Figura 1), que os moradores dos

bairros, Várzea (BVA), Luzia Maia (BLM) e Sítio Picos (SPI), possuem maior consumo de água, expresso pelas componentes da PH retidas nesta primeira dimensão, quando comparados com os residentes nos Sítios Catolé de Baixo (SCB) e Rancho do Povo (SRP), enquanto que no Centro da cidade (BCE), bairro Tabajara e Sítio Mapirunga o consumo foi intermediário.

O segundo Componente Principal (CP<sub>2</sub>) foi formado a partir da associação entre a PH doméstica e cereais, sendo retidas 22,1% da variância total. A projeção destas frações da PH nesta dimensão evidencia que as amostras populacionais dos bairros Luzia Maia e Centro de Catolé do Rocha demandam maior quantidade de água para preparo e consumo de cereais, enquanto que a maior demanda hídrica dos bairros Várzea, Tabajara e Sítio Mapirunga está associada ao consumo doméstico (Figura 1).



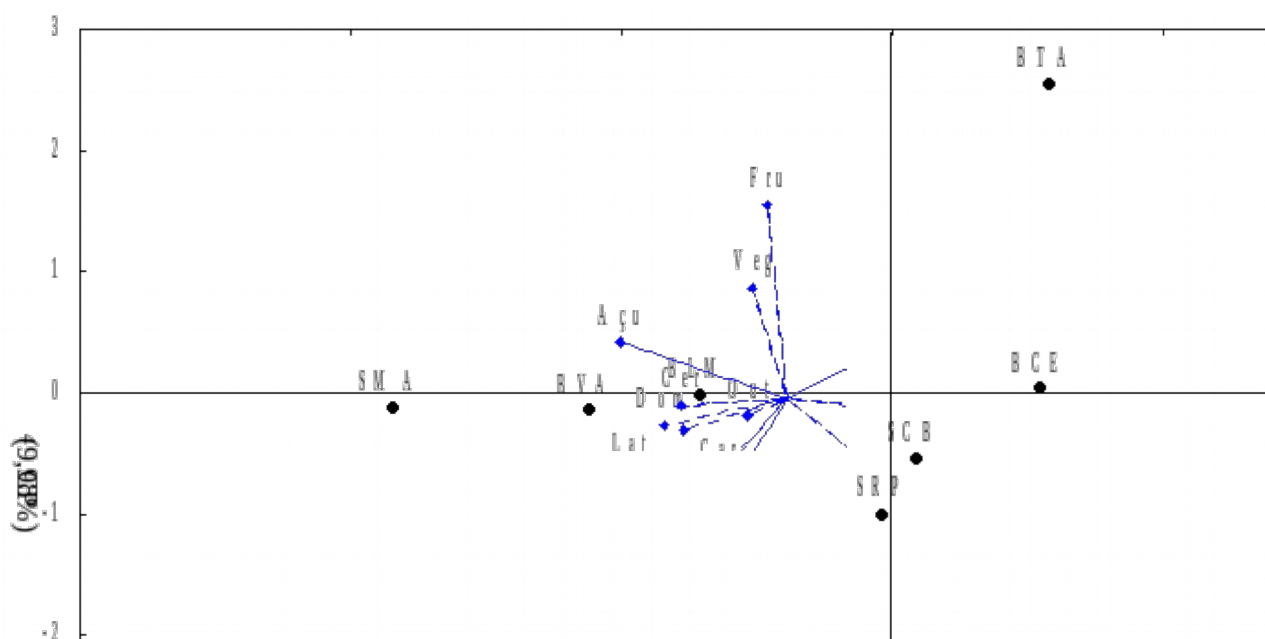
**Figura 1.** Projeção bidimensional (Biplot) da posição relativa dos grupos amostrais e as respectivas variáveis nos dois primeiros Componentes Principais (CP<sub>1</sub> e CP<sub>2</sub>). BCE: bairro Centro; BLM: Luzia Maia; BTA: Tabajara; BVA: Várzea; SCB: Sítio Catolé de Baixo; SPI: Picos; SRP: Rancho do Povo; SMA: Mapirunga; Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açúcar e Out: outros componentes da PH parcial de Catolé do Rocha - PB, 2016.

De acordo com Silva et al. (2013), a demanda hídrica tende a aumentar, notadamente em virtude do maior consumo impulsionado pela rápida expansão econômica, bem como pela urbanização, migração e mudanças de estilo de vida. Com base nessa informação, o mapeamento do perfil de consumo de água virtual realizado neste trabalho pode ser percebido como ferramenta importante para as equipes de gerenciamento de recursos hídricos dos municípios, notadamente por possibilitar a identificação dos bairros com maior consumo e permitir agilidade na tomada de decisões quanto aos grupos prioritários passivos de receberem ações pontuais para incentivo do uso sustentável da água.

A estimativa da pegada hídrica total revela um índice de sustentabilidade importantes para inferências acerca do qual consuntivo é o hábito de uma comunidade, no entanto, o fracionamento deste índice em componentes de PH de produtos específicos pode auxiliar os pesquisadores na tarefa de tornar evidente as diferenças entre grupos amostrais com maior gasto de água para realização de tarefas específicas, como por exemplo nas atividades domésticas em geral. A esse

respeito, Hoekstra (2016) reporta que um erro expressivo de parte dos estudiosos nesta área é a omissão do volume hídrico demandado para geração de determinados produtos, pois, tal omissão encobre produtos de elevada pegada hídrica, por exemplo, a carne, os vegetais e outros que aumentam a escassez do recurso natural água.

O terceiro Componente Principal (CP<sub>3</sub>) acumulou 14,2% do total da variância, sendo formado pelos componentes da pegada hídrica de bebidas e ovos. Maior gasto de água relacionado ao consumo de ovos foi registrado no Sítio Picos, divergindo do Sítio Mapirunga e bairro Várzea, onde pouco são consumidos ovos e bebidas. As PH de frutas e gorduras, embora contidas no CP<sub>1</sub>, contribuem na formação do quarto Componente Principal (PC<sub>4</sub>), respondendo por 10% da variância total. Neste CP, é possível observar na projeção das variáveis que os residentes do bairro Tabajara demandam maior quantidade de água por meio do consumo de frutas, em detrimento ao consumo de gorduras (Figura 2).

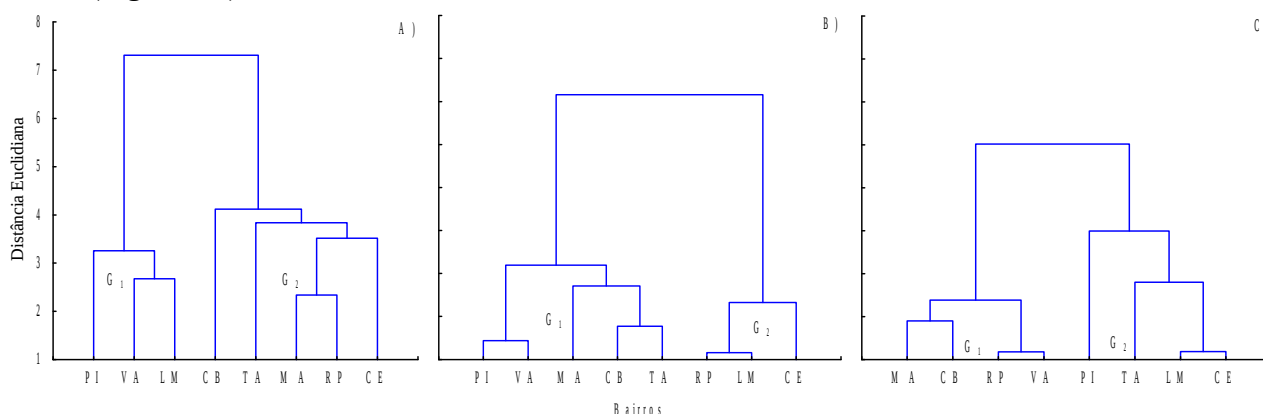


**Figura 2.** Projeção bidimensional (Biplot) da posição relativa dos grupos amostrais e as respectivas variáveis no terceiro e quarto Componentes Principais (CP<sub>3</sub> e CP<sub>4</sub>). BCE: bairro Centro; BLM: Luzia Maia; BTA: Tabajara; BVA: Várzea; SCB: Sítio Catolé de Baixo; SPI: Picos; SRP: Rancho do Povo; SMA: Mapirunga; Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açú: açúcares e Out: outros componentes da PH parcial de Catolé do Rocha - PB, 2016.

A demanda de água para consumo direto e fabricação de bebidas, além do uso deste recurso para produção e preparo de alimentos, como ovos, estão diretamente relacionadas aos hábitos alimentares e ao poder aquisitivo das pessoas (MOREIRA e BARROS, 2015). A adoção de hábitos de consumo sustentáveis pode reduzir a pegada hídrica, ocorrendo o inverso na medida em que a renda familiar aumenta. De fato, o poder de compra influencia no comportamento e aquisição de bens diversos, sendo o reflexo destas mudanças percebido no aumento do consumo virtual de água (MARACAJÁ et al., 2013).

A partir dos Componentes Principais formados, foi possível agrupar os bairros da cidade de Catolé do Rocha com base no perfil de consumo de água específico para cada seguimento. Em cada CP, foi possível a divisão em dois grandes grupos. No CP<sub>1</sub>, o Sítio Picos e os bairros Várzea e Luzia Maia formam o primeiro grupo (G<sub>1</sub>) e possuem estrutura semelhante quanto à PH, divergindo do

segundo grupos ( $G_2$ ) formado pelos Sítios Catolé de Baixo, Mapirunga, Rancho do Povo, bairro Tabajara e Centro (Figura 3A). No  $CP_2$ , o primeiro grupo formado engloba os sítios Picos, Mapirunga, Catolé de Baixo e bairros Várzea e Tabajara, com PH distinta daquela verificada no  $G_2$ , o qual foi formado pelo Sítio Rancho do Povo e bairros Luzia Maia e Centro (Figura 3B). Para o  $CP_3$ , a estrutura de grupos evidencia que os moradores dos sítios Mapirunga, Catolé de Baixo, Rancho do Povo e bairro Várzea possuem semelhança quanto à PH formando o  $G_1$ , que por sua vez é divergente do  $G_2$ , formado pelo Sítio Picos, bairro Tabajara, Luzia Maia e Centro de Catolé do Rocha (Figura 3C).



**Figura 3.** Dendrograma de agrupamento dos bairros, construído a partir das variáveis com contribuição relevante nos três primeiros Componentes Principais  $CP_1$  (A),  $CP_2$  (B) e  $CP_3$  (C). CE: bairro Centro; LM: Luzia Maia; TA: Tabajara; VA: Várzea; CB: Sítio Catolé de Baixo; PI: Picos; RP: Rancho do Povo; MA: Mapirunga Catolé do Rocha - PB, 2016.

A literatura ainda é insipiente no que tange ao emprego de Análise de Agrupamento (AA) em dados de pegada hídrica obtidos de grupos amostrais diferentes com o objetivo de averiguar a associação destes grupos com base na dissimilaridade. Embora Santos et al. (2014) tenham utilizado a técnica para analisar dados de qualidade de água obtidos de sítios localizados próximos ao Rio Araguari, enfatizando que a AA reduziu a dimensão dos dados originais e facilitou o entendimento sobre como parâmetros de qualidade de água se agrupam. Especificamente para dados de PH, Costa et al. (2016b) verificaram adequabilidade do uso de Análise de Componentes Principais, complementada pela Análise de Agrupamento, para reduzir a dimensão original dos dados e facilitar a explicação da complexa variação contida nas estruturas de grupos amostrais.

## Conclusão

O perfil de consumo virtual de água no município de Catolé do Rocha, PB, é variável entre os bairros, denotando que o planejamento estratégico acerca do gerenciamento dos recursos hídricos locais pode levar em consideração a pegada hídrica para o estabelecimento de grupos prioritários passivos de ações de conscientização e incentivo à adoção de hábitos de consumo sustentáveis.

## Referências Bibliográficas

- CASTELLANOS, M. T.; CARTAGENA, M. C.; REQUEJO, M. I.; ARCE, A.; CABELHO, M. J.; RIBAS, F.; TARQUIS, A. M. Agronomic concepts in water footprint assessment: A case of study in a fertirrigated melon crop under semiarid conditions. **Journal Agricultural Water Management**, v. 170, p. 81-90, 2016.
- COSTA, P. da S.; COSTA, D. da S.; SANTOS, S. de L.; BARRETO, N. P. Horta vertical: conscientização ambiental na Escola Estadual de Ensino Fundamental de Catolé de Baixo,

- Catolé do Rocha-PB. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 1., 2016, Campina Grande, PB. **Anais...** Campina Grande: CONAPESC, 2016. v.1. a
- COSTA, P. da S.; FERRAZ, R. L. de S.; BARRETO, N. P.; SANTOS, S. de L.; DANTAS NETO, J. Adequabilidade de análises multivariadas para a avaliação de dados de pegada hídrica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1., 2016, Campina Grande, PB. **Anais...** Campina Grande: CONIDIS, 2016. v. 1. No prelo. b
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia**. Porto Alegre: Artmed, 2013, 608 p.
- FERRAZ, R. L. de S.; BATISTA, J. L.; BARBOSA, M. de A.; MELO, A. S. de; MAGALHÃES, I. D.; FERRAUDO, A. S. Screening of spontaneous castorbean accesses for genetic improvement programs. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, p. 2209-2214, 2016.
- FONSECA, G.; FERRAZ, R. L. de S.; BATISTA, J. L.; JARDIM, C. A.; BARBOSA, M. de A. Acompanhamento da produção de mamona nos municípios paulistas entre os anos de 2005 e 2012. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 14, p. 6-13, 2016.
- FULCO, R. J.; FERRAZ, R. L. de S.; BATISTA, J. L.; BARBOSA, M. de A.; SANTOS, D. M. M. dos. Potencialidades da mamoneira sob a ótica dos populares do município de Matão SP. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 14, p. 1-5, 2016.
- HOEKSTRA, A. Y. A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA. **Journal Ecological Indicators**, v. 66, p. 564-573, 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Paraíba, Catolé do Rocha. **Informações completas**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250430&search=paraiba|catole-do-rocha>>. Acesso em 12 de out. 2016.
- KAISER, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, p. 141-151, 1960.
- MANZARDO, A.; LOSS, A.; FIALKIEWICZ, W.; SCIPIONI, A. Methodological proposal to assess the water footprint accounting of direct water use at an urban level: A case study of the Municipality of Vicenza. **Journal Ecological Indicators**, v. 69, p. 165-175, 2016.
- MUSINGARABWI, D. M.; NIEUWOUDT, H. H.; YOUNG, P. R.; EYÉGHÉ-BICKONG, H. A.; VIVIER, M. A. A rapid qualitative and quantitative evaluation of grape berries at various stages of development using Fourier-transform infrared spectroscopy and multivariate data analysis. **Journal Food Chemistry**, v. 190, n. 1, p. 253-262, 2016.
- SANTOS, E. S. dos; CUNHA, A. C. da; CUNHA, E. D. de S. Análise Espaço-sazonal da Qualidade da Água na Zona Flúvio-Marinha do Rio Araguari-Amazônia Oriental-Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 215-226, 2014.
- SCHNEIDER, V. E.; CARRA, S. H. Z. Pegada hídrica dos suínos abatidos na região do Corede Serra, RS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 211-224, 2016.
- SILVA, S. C. da; FERRAZ, R. L. de S.; ACRE, F. G.; TEIXEIRA NETO, J.; BARBOSA, M. de A. Embalagens ecologicamente corretas: Estratégias de marketing e responsabilidade socioambiental nas empresas. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 14, p. 1-12, 2015.
- WANG, R.; ZHOU, Y. Q.; QIAO, S.; HUANG, K. Flower Pollination Algorithm with Bee Pollinator for cluster analysis. **Journal Information Processing Letters**, v. 116, n. 1, p. 1-14, 2016.
- WANG, X.; HUANG, K.; YU, Y.; HU, T.; XU, Y. An input–output structural decomposition analysis of changes in sectoral water footprint in China. **Journal Ecological Indicators**, v. 69, p. 26-34, 2016.
- ZHUO, L.; MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Consumptive water footprint and virtual water trade scenarios for China — With a focus on crop production, consumption and trade. **Journal Environment International**, v. 94, p. 211-223, 2016.

