

Pegada hídrica da água de coco verde nas principais regiões produtoras do Nordeste

Pegada hídrica del agua de coco verde en las principales regiones productoras del Nordeste

Green coconut water footprint in the main Northeast production regions

Ana Paula C. Sampaio*

Anne K. P. Silva*

Viviane S. Barros**

Júlio R. A. Amorim***

Fábio R. Miranda****

Maria Clea B. Figueirêdo****

*Universidade Federal do Ceará
anapaulacsampaio@gmail.com

**Universidade Estadual do Ceará

***Embrapa Tabuleiros Costeiros

****Embrapa Agroindústria Tropical

Resumo

Em virtude da industrialização da água de coco, tem-se observado um aumento da demanda de coco verde, cultura irrigada com 76,7% da produção nacional obtida na região Nordeste em 2016, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O objetivo desse trabalho foi comparar o perfil da pegada hídrica de fazendas produtoras de coqueiro anão localizadas nos principais estados produtores do Nordeste: Bahia, Ceará e Sergipe. Considerando como unidade funcional 1L de água de coco produzido em um ano médio, utilizou-se o método AWARE para avaliação da escassez hídrica, ReCiPe midpoint para eutrofização em águas doces e marinhas e USETox para ecotoxicidade em águas doces e toxicidade humana, câncer e não-câncer. Observou-se que o impacto na escassez hídrica obteve maior variação no Ceará, entre 2,34 a 17,77 m³ eq/L de água de coco. Em Sergipe, o impacto variou entre 1,82 a 2,93 m³ eq/L, enquanto na Bahia, entre 0,96 a 2,75 m³ eq/L. A variação da produtividade em um ano médio influencia no impacto, sendo que no Ceará a produtividade média é de 8.682L, enquanto em Sergipe e na Bahia é 11.094L e 15.563L, respectivamente. Os principais processos responsáveis pelos impactos foram: i) a irrigação dos coqueiros

(78,8% da escassez hídrica, 99% da eutrofização marinha, 45,1% da ecotoxicidade em águas doces); ii) a fertilização (86,9% da eutrofização em águas doces, 49,5% da toxicidade humana, câncer, 42,2% da ecotoxicidade em águas doces); iii) aplicação de defensivos agrícolas (35% da toxicidade humana, não-câncer) e iv) energia (49,6% da toxicidade humana, não câncer). Portanto, é necessário melhorias no manejo da cultura visando o uso da água e fertilizantes para promover a mitigação dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Escassez hídrica. Coqueiro anão. Uso da água. Avaliação do ciclo de vida.

Resumen

En virtud de la industrialización del agua de coco, se ha observado un aumento de la demanda de coco verde, cultivo irrigado con el 76,7% de la producción nacional obtenida en la región Nordeste en 2016, de acuerdo con el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística. El objetivo de este trabajo fue comparar el perfil de la huella hídrica de granjas productoras de cocotero enanos ubicadas en los principales estados productores del Nordeste: Bahía, Ceará y Sergipe. En cuanto a la unidad funcional 1L de agua de coco producida en un año medio, se utilizó el método AWARE para evaluar la escasez hídrica, ReCiPe midpoint para eutrofización en aguas dulces y marinas y USETox para ecotoxicidad en aguas dulces y toxicidad humana, cáncer y no cáncer. Se observó que el impacto en la escasez hídrica obtuvo mayor variación en Ceará, entre 2,34 a 17,77 m³ eq / L de agua de coco. En Sergipe, el impacto varió entre 1,82 a 2,93 m³ eq / L, mientras que en Bahía, entre 0,96 a 2,75 m³ eq / L. La variación de la productividad en un año medio influencia en el impacto, siendo que en Ceará la productividad media es de 8.682L, mientras que en Sergipe y en Bahía es 11.094L y 15.563L, respectivamente. Los principales procesos responsables de los impactos fueron: i) el riego de los cocoteros (78,8% de la escasez hídrica, el 99% de la eutrofización marina, el 45,1% de la ecotoxicidad en aguas dulces); ii) la fertilización (86,9% de la eutrofización en aguas dulces, 49,5% de la toxicidad humana, cáncer, 42,2% de la ecotoxicidad en aguas dulces); iii) aplicación de defensivos agrícolas (35% de la toxicidad humana, no cáncer) y iv) energía (49,6% de la toxicidad humana, no cáncer). Por lo tanto, es necesario mejoras en el manejo de la cultura visando el uso del agua y fertilizantes para promover la mitigación de los impactos ambientales.

Palabras clave: Escasez del agua. Coquimbo enano. Uso del agua. Evaluación del ciclo de vida.

Abstract

Due to the industrialization of coconut water, there has been an increase in the demand for green coconut, an irrigated crop with 76.7% of the national production obtained in the Northeast region in 2016, according to the Brazilian Institute of Geography and Statistics. The objective of this work was to compare the water footprint of dwarf coconut farms located in the main producing states of the Northeast: Bahia, Ceará and Sergipe. Considering as a functional unit 1L of coconut water produced in a medium year, the AWARE method was used to evaluate the water scarcity, ReCiPe midpoint for eutrophication in fresh and marine waters and USETox for ecotoxicity in fresh water and human toxicity, cancer and non-cancer. It was observed that the impact on the water scarcity obtained greater variation in Ceará, between 2.34 and 17.77 m³ eq / L of coconut water. In Sergipe, the impact varied between 1.82 and 2.93 m³ eq / L, while in Bahia, between 0.96 and 2.75 m³ eq / L. The productivity variation in a medium year influences the impact, and in Ceará the average productivity is 8,682L, while in Sergipe and Bahia it is 11,094L and 15,563L, respectively. The main processes responsible for the impacts were: i) irrigation of coconut trees (78.8% of water scarcity, 99% of marine eutrophication, 45.1% of ecotoxicity in fresh water); (ii) fertilization (86.9% of freshwater eutrophication, 49.5% of human toxicity, cancer, 42.2% of freshwater ecotoxicity); (iii) the application of agricultural pesticides (35% of human toxicity, non-cancer); and (iv) energy (49.6% of human toxicity, not cancer). Therefore, improvements in crop management are needed to use water and fertilizers to promote the mitigation of environmental impacts.

Key words: *Water scarcity. Dwarf coconut tree. Water use. Life cycle assessment.*

1. Introdução

Devido à industrialização da água de coco, tem-se observado um aumento significativo da demanda de coco verde e das áreas cultivadas de coqueiro anão no Brasil, principalmente na região Nordeste. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2016 a região Nordeste foi responsável por produzir 1 331 245 toneladas de coco, equivalente a 76,7 % da produção total nacional. Com destaque para os estados da Bahia, Ceará e Sergipe, que juntos são responsáveis por 57,9 % desse valor total (IBGE, 2017).

O coqueiro é considerado uma das culturas com maior demanda hídrica,

com um consumo de água estimado de 100 a 240 L/dia/planta, dependendo das condições climáticas locais (Ferreira et al., 1997). Entretanto, há relatos de produtores que aplicam de 50 a 120 L/dia/planta devido à redução da disponibilidade hídrica para a irrigação em várias regiões produtoras.

Dado o cenário atual na região Nordeste, com o aumento da temperatura média e da evapotranspiração, seguido pela redução das precipitações e da oferta de água para a irrigação, se fez necessário a racionalização do uso da água, afetando diretamente a produtividade nas fazendas (FUNCEME, 2017). Assim, é fundamental o desenvolvimento de técnicas de manejo que permitam a sustentabilidade da cultura em meio as condições climáticas adversas.

O objetivo desse trabalho é comparar o perfil da pegada hídrica de fazendas produtoras de coqueiro anão localizadas nos principais estados produtores do Nordeste: Bahia, Ceará e Sergipe. Avaliando os impactos ambientais causados pelo sistema de cultivo nas fazendas e propondo melhorias no processo de produção que visem garantir a produtividade e diminuir os impactos ambientais.

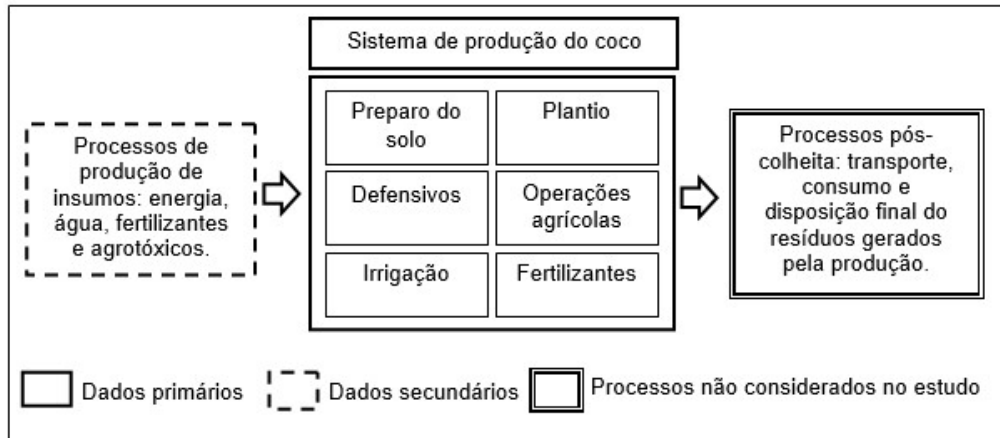
2. Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo para a avaliação da pegada hídrica, adota as etapas de um estudo de avaliação do ciclo de vida (ACV), de acordo com o estabelecido nas normas ISO 14040 (ISO, 2006) e ISO 14046 (ISO, 2014).

A fronteira deste estudo envolve os processos de produção de insumos e a produção agrícola do coco (Figura 1). Sendo consideradas na produção agrícola as atividades de preparo do solo, plantio, manejos culturais, irrigação, fertilização, uso de defensivos agrícolas e colheita. As etapas de distribuição, consumo e disposição final do resíduos gerados pela produção não foram considerados. O inventário do ano médio de produção agrícola abrange as seguintes fases de produção: i) implementação e formação do pomar no primeiro e segundo ano de cultivo; ii) crescimento e desenvolvimento da

planta do terceiro ao quinto ano de cultivo e iii) produção, com a estabilização das plantas a partir do sexto ano até o décimo sétimo ano.

Figura 1: Fronteira do sistema



Fonte: Elaborado pela autora

A unidade funcional adotada foi a produção de 1 litro de água de coco em um ano médio. Os dados primários referentes as quantidades de insumos utilizados no campo foram obtidos por meio de visitas técnicas realizadas as fazendas e os dados secundários foram obtidos da base de dados do *Ecoinvent 3.3* (Frischknecht and Jungbluth, 2007).

As categorias de impacto consideradas neste estudo foram: escassez hídrica, avaliada pelo método AWARE (WULCA, 2015); ecotoxicidade em águas doces, toxicidade humana, câncer e não câncer, avaliadas pelo método USETox (Rosenbaum et al., 2008) e também eutrofização em águas doces e marinha, pelo método ReCiPe *midpoint*, versão hierárquica (Goedkoop et al., 2009).

Para a avaliação da escassez hídrica considerou-se os fatores de caracterização anuais do método AWARE disponibilizados no site - www.wulca-waterlca.org/aware.html - das diferentes bacias hidrográficas (BH) de

cada estado do estudo, afim de se obter a variabilidade do quadro de escassez dentro de cada estado.

Foi realizada a análise de incerteza a partir do método de Monte Carlo, considerando um nível de significância de 95% e 1000 ciclos de geração de valores para as variáveis de consumo e emissão, com relação as fazendas que obtiveram o melhor e pior desempenho ambiental em cada categoria de impacto analisada.

3. Resultados e discussão

Na Tabela 1 consta os valores referentes a quantidade de água utilizada nas fazendas para irrigação do pomar, a produtividade de frutos por hectare e os litros de água de coco produzido por hectare, além das densidades de plantas, considerando um ano médio de produção em um hectare.

Analisando-se a tabela é possível observar uma menor demanda hídrica no estado do Ceará, isso ocorre não somente pela menor densidade de plantas por hectare, mas também em virtude do efeito da escassez hídrica que vem ocorrendo na região nos últimos anos, acarretando na redução da disponibilidade hídrica para a irrigação da cultura. Em Sergipe, os pomares não são irrigados de abril a julho, período considerado chuvoso na região, sendo a cultura irrigada nos meses de agosto a março. O maior volume hídrico disponibilizado para a cultura na Bahia, ocorre devido a irrigação ser realizada durante o ano inteiro, mesmo em período de chuva.

A quantidade e a qualidade da água de coco produzida está diretamente relacionada a eficiência da irrigação nos pomares, desse modo, verifica-se que a produtividade é maior na Bahia, onde cada fruto apresenta em média 450 mL de água de coco. Seguido por Ceará e Sergipe, que apresentam uma média de 400 mL de água de coco por fruto.

Tabela 1: Dados referentes a um ano médio de produção em 1ha em cada Estado

Fazendas	Densidade (pl/ha)	Água (m ³ /ha)	Produtividade (frutos/ha)	Produtividade (l de água de coco/ha)
Bahia	205	9.991,34	34.584,71	15.563,12
Ceará	138	5.018,55	21.374,00	8.682,12
Sergipe	205	6.886,19	27.735,00	11.094,00

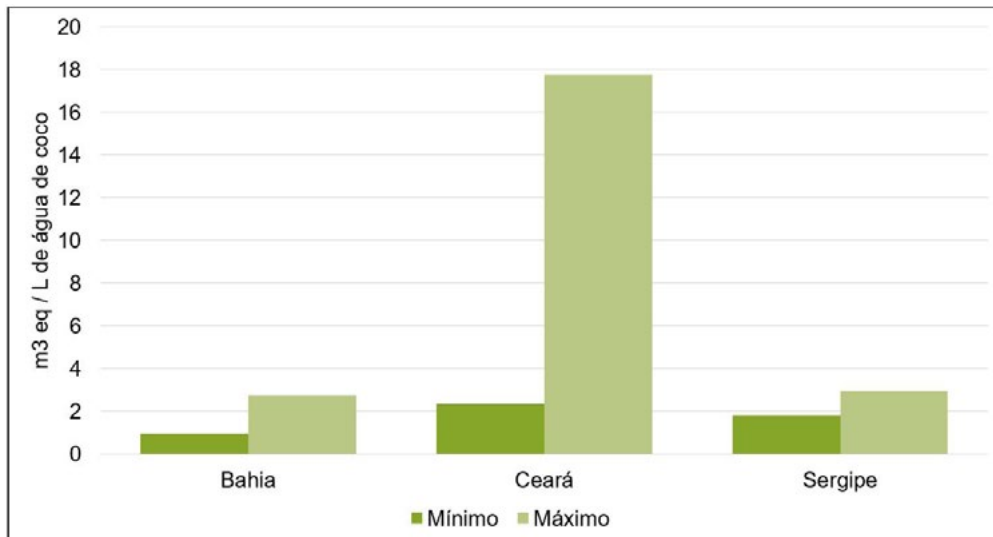
Fonte: Elaborado pela autora

Escassez hídrica

Na categoria escassez hídrica, onde se avalia a disponibilidade de água em relação a sua demanda, o Ceará apresentou o pior desempenho com relação aos demais estados (Gráfico 1). O impacto ambiental causado, considerando os fatores de caracterização anuais das bacias hidrográficas de cada estado, apresentou uma maior variação no Ceará, entre 2,34 a 17,77 m³ eq / L de água de coco. Enquanto em Sergipe, o impacto variou entre 1,82 a 2,93 m³ eq / L e na Bahia a variação foi de 0,96 a 2,75 m³ eq / L.

Essa variação ocorre devido aos valores dos fatores de caracterização anuais, estimados pelo método AWARE serem diferenciados para as BH de cada um dos estados, pois cada BH possui uma determinada disponibilidade de água e demanda característica. Os fatores de caracterização com os valores mais altos são encontrados no estado do Ceará, o que implica que o mesmo é o estado que mais sofre com a escassez hídrica quando comparado a Bahia e Sergipe.

Na categoria escassez hídrica o processo mais impactante, responsável por 78,8% dos impactos nas fazendas, foi a produção em campo, etapa em que ocorre a irrigação do pomar (Gráfico 4). O segundo mais impactante foi o processo de fertilização, com 17,2% dos impactos, devido a produção dos insumos utilizados nesse processo, como esterco e óleo de algodão.

Gráfico 1: Resultado da escassez hídrica

Fonte: Elaborado pela autora

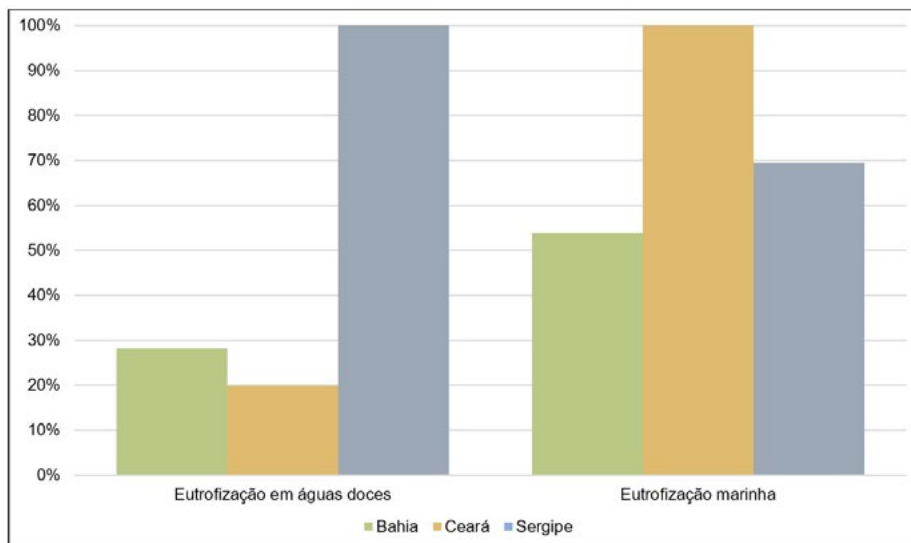
Eutrofização em águas doces e marinha

Na categoria eutrofização em águas doces, o estado do Ceará apresentou o melhor desempenho ambiental, enquanto Sergipe apresentou o pior desempenho (Gráfico 2). O processo que mais impactou nessa categoria foi a fertilização, cerca de 86,9%, devido a produção dos compostos fosfatados e esterco além da produção de micronutrientes, como magnésio e molibdênio utilizados nas fazendas (Gráfico 4). Sergipe utiliza a maior quantidade de esterco de frango e micronutrientes, o que influencia de forma direta seu desempenho nessa categoria.

Na categoria de eutrofização marinha a Bahia apresentou o melhor desempenho ambiental, enquanto que o Ceará apresentou o pior desempenho. A produção em campo foi o processo que mais impactou nessa categoria, com 99% do total. Por causa da irrigação, da precipitação e dependendo do tipo

de solo onde se encontra o pomar, os compostos nitrogenados podem lixiviar no solo ou serem carreados, ocasionado assim a contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Embora o Ceará possua uma menor precipitação e volume de água para irrigação, é o estado que utiliza a maior quantidade de compostos nitrogenados, o que ocasiona em um pior desempenho nessa categoria de impacto.

Gráfico 2: Resultado da eutrofização em águas doces e marinha

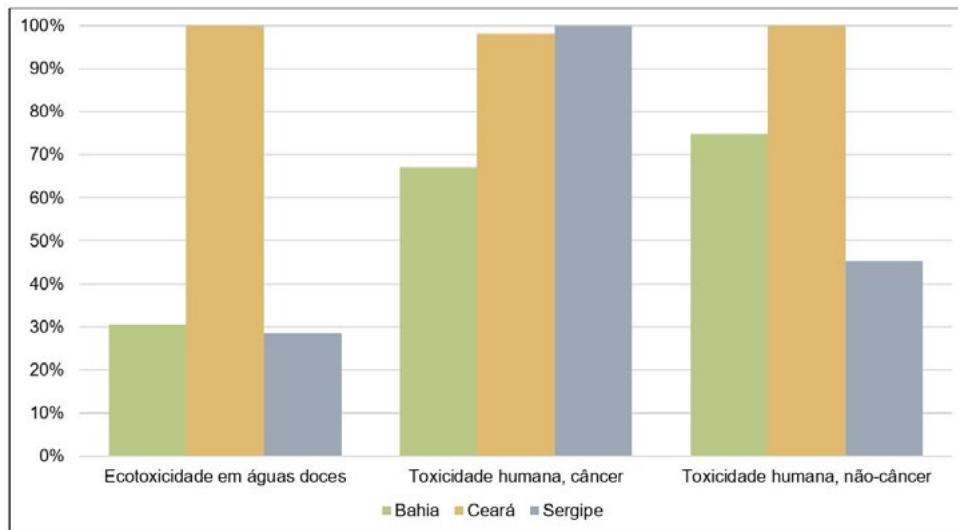


Fonte: Elaborado pela autora

Ecotoxicidade em águas doces e toxicidade humana, câncer e não-câncer

Na categoria de toxicidade humana, câncer a Bahia apresentou o melhor desempenho enquanto que Sergipe obteve o pior desempenho. Nas categorias toxicidade humana, não câncer e ecotoxicidade em água doces o Ceará apresentou o pior desempenho enquanto Sergipe apresentou o melhor desempenho para a categoria toxicidade humana, não câncer (Gráfico 3).

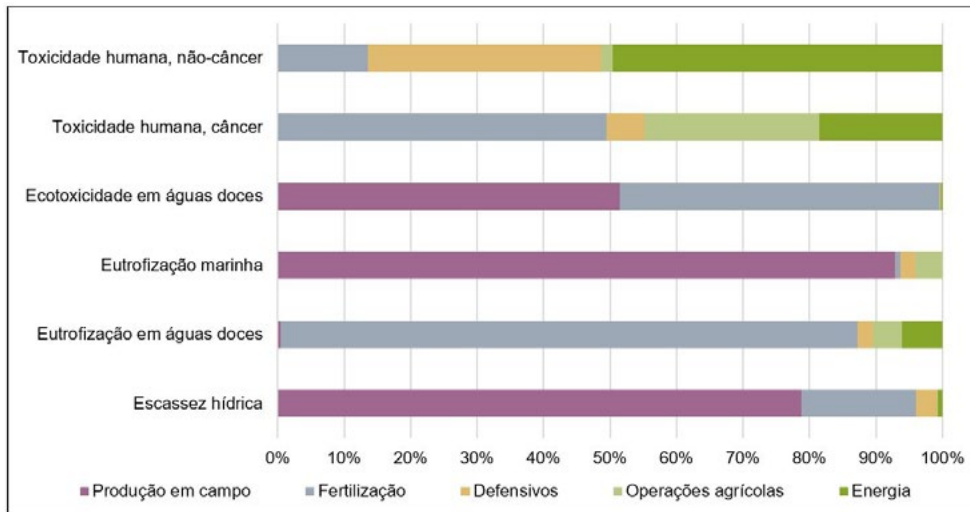
Gráfico 3: Resultado da ecotoxicidade em águas doces e toxicidade humana, câncer e não-câncer



Fonte: Elaborado pela autora

Na categoria ecotoxicidade em águas doces os processos que mais contribuíram para o impacto causado foram os processos de produção em campo, cerca de 45,1% e a fertilização, responsável por 42,2% dos impactos totais, devido a produção dos insumos utilizados, como o esterco de frango, óleo de coco e de algodão (Gráfico 4).

Na categoria toxicidade humana, câncer o processo que mais impactou foi a fertilização, com aproximadamente 49,5%, seguido pelas operações agrícolas e a energia, responsáveis por 26,2% e 18,6% dos impactos respectivamente. Por fim, a categoria toxicidade humana, não-câncer apresentou um impacto de 49,6% por causa da produção do mix de energia utilizada, e 35% devido ao uso de defensivos.

Gráfico 4: Contribuição dos processos em cada categoria de impacto

Fonte: Elaborado pela autora

Gheewala et al., (2014) indicaram o consumo de 5.402 m³/ha de água para a produção de coco na Tailândia, referente a contabilização da pegada hídrica azul, ou seja, o volume total de água presente em reservatórios superficiais e subterrâneos. Comparando esse valor as pegadas hídricas azul dos estados da Bahia, Ceará e Sergipe; sendo 9.991,34, 5.018,57 e 6.886,19 m³/ha de água respectivamente; observa-se que o modelo de produção utilizado na Tailândia se aproxima do modelo praticado no Ceará e Sergipe, e que a Bahia apresenta um valor muito superior ao utilizado nas demais localidades.

Neste estudo, observou-se que a quantidade de água necessária para irrigar uma planta, no decorrer do ciclo produtivo de 17 anos apresentou variação de um estado para o outro: 828,5 m³/planta para a Bahia; 618,2 m³/planta para o Ceará e 571 m³/planta para o Sergipe. A produtividade média da Bahia, Ceará e Sergipe foi de 5.280, 3.840 e 4.320 kg de coco por planta, respectivamente. Freire et al., (2017) apresentou em seu trabalho que era necessário 760 m³ de água para irrigar uma planta, com produção média, por planta, de 4950 kg de

coco. Portanto, as diferenças existentes entre os valores encontrados ocorrem devido a quantidade de água disponibilizada por planta, que influencia diretamente na quantidade de frutos produzidos por planta e na quantidade de água de coco produzida por fruto.

Análise de incerteza

Utilizou-se o método de Monte Carlo para a realização da análise de incerteza, comparando as fazendas nos estados que obtiveram o melhor e o pior desempenho em cada categoria de impacto considerada no estudo.

Na Tabela 2 são apresentadas as categorias impacto, seguido pelas suas unidades, as fazendas com melhor e pior desempenho e a porcentagem de vezes na qual a fazenda A mostrou uma melhor performance que a fazenda B, a um nível de significância de 95 %.

Tabela 2: Comparação entre as fazendas com melhor e pior desempenho ambiental

Categorias de impacto	Unidade	Melhor desempenho (A)	Pior desempenho (B)	A < B
Escassez hídrica	m ³	Bahia	Ceará	92 %
Eutrofização em águas doces	kg P eq	Ceará	Sergipe	99,9 %
Eutrofização marinha	kg N eq	Bahia	Ceará	98,7 %
Ecotoxicidade em águas doces	CTUe	Sergipe	Ceará	100 %
Toxicidade humana, câncer	CTUh	Bahia	Sergipe	100 %
Toxicidade humana, não-câncer	CTUh	Sergipe	Ceará	100 %

Fonte: Elaborado pela autora

A análise de incerteza resultante da comparação feita entre as fazendas com o melhor e pior desempenho ambiental, mostra que para todas as categorias de impacto analisadas, exceto a escassez hídrica, a diferença entre as fazendas A e B foram significativas, com as fazendas A apresentando um melhor desempenho ambiental que as fazendas B.

4. Conclusões

O estado do Ceará apresentou o pior desempenho ambiental em quatro, das seis categorias de impactos consideradas neste estudo, sendo elas: escassez hídrica, eutrofização marinha, ecotoxicidade em águas doces e toxicidade humana não-câncer.

Os principais processos que impactaram dentro do sistema de produção agrícola do coco foram a produção em campo, devido as atividades de irrigação diferenciadas nas fazendas, e a fertilização. Com a finalidade de garantir a produtividade e assim, a sustentabilidade do cultivo, com a diminuição dos impactos ambientais sugere-se investigar se é possível que a irrigação e a aplicação e uso dos fertilizantes ocorra de forma mais eficiente e benéfica para o plantio.

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará e a Embrapa Agroindústria Tropical pela oportunidade de aprendizado e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Referências

FERREIRA, J. M. S., WARWICK, D. R. N. e SIQUEIRA, L. A., 1997. *A cultura do coqueiro no Brasil*. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 1997.

FREIRE, Ana Lúcia Feitoza, et al., 2017. Environmental assessment of bioproducts in development stage: the case of fiberboards made from coconut residues. *Journal of Cleaner Production*, June 2017. vol. 153, pp. 230-241.

FRISCHKNECHT, Rolf (ed.) and JUNGBLUTH, Niels (ed.), 2007. *Ecoinvent: overview and methodology*. Dubendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). [online]. ©2018. Available from: <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>.

GHEEWALA, Shabbir H., et al., 2014. Water footprint and impact of water consumption for food, feed, fuel crops production in Thailand. *Water*, June 2014. vol. 6, no. 6, pp. 1698-1718.

GOEDKOOPE, Mark, et al., 2009. *ReCiPe 2008*: a life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. Holanda: RIVM, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2017. Anuário estatístico do Brasil 2016 [online]. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. vol. 76.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), 2006. *14040*: environmental management: life cycle assessment: principles and framework. Geneva: ISO, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), 2014. *14046*: environmental management: water footprint: principles, requirements and guidelines. Geneva: ISO, 2014.

ROSENBAUM, Ralph K. et al., 2008. USEtox - The UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, October 2008. vol. 13, no. 7, 532-546.

WULCA, 2014. AWARE [online]. Available from: <<http://www.wulca-waterlca.org/aware.html>>.