



IX-25 - CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA GLOBAL

Moacir Braz da Silva Neto⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil, no Instituto Federal da Paraíba, *Campus Cajazeiras* – PB.

Josiel Lucas Crispim dos Santos⁽²⁾

Graduando em Engenharia Civil, no Instituto Federal da Paraíba, *Campus Cajazeiras* – PB.

Alex Cauã Oliveira Araújo⁽³⁾

Graduando em Engenharia Civil, no Instituto Federal da Paraíba, *Campus Cajazeiras* – PB.

Gabriella Saraiva Coelho⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Civil, no Instituto Federal da Paraíba, *Campus Cajazeiras* – PB.

Bruno de Medeiros Souza⁽⁵⁾

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com Especializações em Projetos de Instalações Prediais e em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Hídricos. Mestre em Ciências Ambientais, Área de Concentração: Uso Sustentável de Recursos Naturais, Linha: Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Professor do curso de Bacharelado em Engenharia Civil no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Paraíba, *Campus Cajazeiras*.

Endereço⁽¹⁾: Rua Otávio Braz, 70, Bairro São Sebastião - São José de Piranhas - PB - CEP: 58940-000 - Brasil - Tel: (83) 99391-6736 – e-mail: moacir.neto@academico.ifpb.edu.br

RESUMO

Com base em estudos pré realizados, na qual mostra-se que, na última década, tem-se ocorrido o registro de temperaturas mais elevadas influenciando diretamente nos índices pluviométricos globais, o presente trabalho tem como objetivo a realização de uma revisão sistemática da literatura no que concerne à captação de águas pluviais e sua captação, como também os autores e instituições que desenvolvem pesquisas sobre a temática. Ao utilizar a base de dados, *Scopus*, foram selecionadas 10 (dez) pesquisas científicas, após aplicação de filtros pré determinados a fim da obtenção de artigos que abrangem a temática deste estudo. À vista disso, existem países que realizam pesquisas sobre a captação por precipitação e preocupam-se com os impactos gerados com o não emprego dessas técnicas que ocorrem em seus territórios e, conseqüentemente, no planeta.

PALAVRAS-CHAVE: Água da Chuva; Uso; Captação

INTRODUÇÃO

O ciclo da água apresenta os principais caminhos percorridos pelo recurso mais vital consumido pelo mundo. Nas chuvas, ocorre a precipitação desta, que, com antecedência, foi evaporada naturalmente das mais diversas fontes, sendo os mares, rios, lagos, (e corpos, por transpiração) as principais.

A água precipitada, afirma Neto (2013), é de alta qualidade para o uso nas inúmeras atividades realizadas pela humanidade, desde que não seja captada de áreas que possuam alta densidade demográfica e forte industrialização, por poluir a atmosfera de maneira desordenada.

Segundo De Moura (2007), o clima é o grande determinante da disponibilidade e distribuição das chuvas. No caso da região Nordeste, que possui clima semiárido, costuma passar meses sem ocorrência de precipitações, levando a população a buscar meios de captar e armazenar as águas pluviométricas nas estações chuvosas para assim, poder usufruí-las nos tempos de seca. Silva (2021) assegura que o nível de precipitação varia por região conforme os índices meteorológicos, estes que são regidos pelas atividades antrópicas. Dessa forma, diante da alta dependência das águas pluviais (sofrida) por considerável parte da população, afirma Jacomine (1996), práticas de armazenamento após a captação dessas (águas) são o meio de garantir a manutenção e o desenvolvimento das regiões afetadas, tendo em vista que, segundo De Moura (2007), os índices pluviométricos afetam consideravelmente a pecuária, a agricultura e os recursos hídricos ali presentes.

O semiárido brasileiro é considerado um dos mais úmidos do mundo, pois possui uma média pluviométrica anual de cerca de 800 mm (ALVES, 2012), em contrapartida o nível de evaporação chega a 2000 mm por ano (CIRILO et. Al. 2003) dificultando assim o armazenamento da água da chuva em pequenos médios reservatórios.

Segundo Gomes et al (2014), a captação e armazenamento das águas pluviais por telhados domiciliares e armazenadas em cisternas tornou-se a opção tecnológica de um programa em andamento destinado a suprir água em larga escala para as regiões rurais do Semiárido Brasileiro. Gould (1999) também comenta que diversos estudos foram realizados em água armazenadas em cisternas para avaliar sua qualidade para consumo, onde as mesmas atendem os padrões determinados pela Organização Mundial da Saúde (ONU) no requisito de potabilidade.

Neto(2013) cita também, que a China possui mais de cinco milhões de cisternas construídas nos últimos anos, enquanto no sul da Austrália aproximadamente 80% da população rural e 30% da população urbana utilizam a água da chuva como principal fonte de abastecimento. Além disso, países como Japão e Alemanha também têm aumentado consideravelmente a utilização de cisternas para armazenar águas pluviais. Dessa forma a captação de água de chuva para consumo humano não pode ser tratada como uma solução de abastecimento de menor importância para atender as necessidades de consumo de populações residentes em comunidades difusas, haja vista a grande dimensão territorial do país, diversidade de climas e biomas e, sobretudo, a escassez de recursos hídricos em quantidade e qualidade suficientes para satisfazer as necessidades de consumo humano, principalmente na zona rural (Brasil, op. cit.).

OBJETIVO

Esse trabalho tem por objetivo realizar um estudo bibliométrico, acerca das pesquisas realizadas envolvendo a captação e utilização das águas pluviais, com o intuito de examinar a produção acadêmica relacionada ao assunto.

METODOLOGIA

Para os devidos fins e cumprimento dos objetivos desse estudo, foi adotado o método bibliométrico, sistemático e quantitativo, a fim de analisar os dados obtidos de forma objetiva. Os resultados foram obtidos através da adaptação do método de QuevedoSilva et al. (2016), conforme ilustrado na Figura 1.

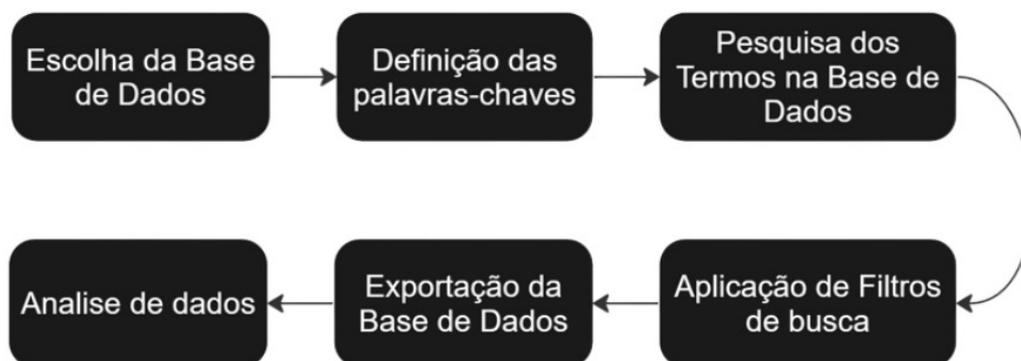


Figura 1: Adaptação do método de Quevedo-Silva et al. (2016).

A base de dados *Scopus* foi adotada como fonte de pesquisa dos artigos, já que a mesma possui uma grande quantidade de periódicos e editoras indexados a mesma, contemplando uma gama de publicações de qualidade, tanto nacionais, quanto internacionais, ideais para o foco do presente estudo. Foram adotados os termos “rainwater” e “water catchment” e fez-se a busca na base de dados de forma a combinar as palavras-chave através do operador booleano AND. Em seguida, foram aplicados 3 (três) filtros:



- Recorte temporal (anos 2010 a 2023);
- Seleção apenas de artigos (exclusão de capítulos de livros, de congressos, etc.);
- Área de estudo (as áreas selecionadas foram “Engineering”, “Environmental Science” e “Earth and Planetary Sciences”).

Tais filtros foram utilizados visando abranger um número relevante de publicações relativamente recentes e inseridas na área de estudo. Em conjunto com o *Scopus*, foi utilizado o software *VOSviewer*, para facilitar por parte do leitor uma melhor visualização dos elos entre as palavras-chave, países e as referências utilizadas.

RESULTADOS

No Quadro 1 abaixo, são expostos os títulos dos artigos, juntamente aos seus periódicos, assim como os anos que foram publicados e o número de citações de cada um. Verifica-se que os títulos identificados pelos ID's 10 e 5 obtiveram respectivamente 14 e 11 citações, respondendo por 55% das citações de todos os artigos encontrados. Esse número expressa a relevância desses 2 trabalhos sobre a temática.

Tabela 1: Numero de Citações por Título.

| ID | Título | Periódico | Ano | Nº de Citações |
|----|---|--|------|----------------|
| 1 | <i>Energy yield evaluation of a rainwater harvesting system using a novel agrophotovoltaics design</i> | <i>Desalination and Water Treatment</i> | 2022 | 3 |
| 2 | <i>Water Harvesting Strategies for Agriculture in the Canary Islands</i> | <i>Human Ecology Review</i> | 2022 | 0 |
| 3 | <i>Economic feasibility of a rainwater harvesting system in a residential condominium in the Brazilian Midwest</i> | <i>International Journal of Sustainable Engineering</i> | 2021 | 3 |
| 4 | <i>Development zero runoff model in palm oil plantation for water resources conservation by using recharge wells</i> | <i>Agricultural Engineering International: CIGR Journal</i> | 2020 | 0 |
| 5 | <i>Delineation of spring recharge zones using environmental isotopes to support climate-resilient interventions in two mountainous catchments in FarWestern Nepal</i> | <i>Hydrogeology Journal</i> | 2019 | 11 |
| 6 | <i>Alternative water resources in UPM</i> | <i>International Journal of Recent Technology and Engineering</i> | 2019 | 1 |
| 7 | <i>Identification of waters incorporated in laguna lake, republic of the philippines, based on oxygen and hydrogen isotopic ratios</i> | <i>Water (Switzerland)</i> | 2017 | 7 |
| 8 | <i>Exploring rainwater harvesting opportunities in Malta</i> | <i>Management of Environmental Quality: An International Journal</i> | 2016 | 1 |
| 9 | <i>Influence of volcanic activity on the quality of water collected in roof water catchment systems at Stromboli Island (Italy)</i> | <i>Journal of Geochemical Exploration</i> | 2013 | 5 |
| 10 | <i>Rain water harvesting in Bermuda</i> | <i>Journal of the American Water Resources Association</i> | 2011 | 14 |



ANÁLISE E DISCUÇÃO DOS RESULTADOS

A análise da Figura 2, permite identificar que a área de Ciências Ambientais contempla a maior parcela das publicações sobre o tema, com 28,6% das publicações. Tal fato expõem a relevância da temática na área de meio ambiente em diversos países. A engenharia, área que detém a segunda maior parcela das publicações, abrange 19% de estudos obtidos, podendo se justificar devido a mesma realizar estudos com foco na sustentabilidade e desenvolvimento de projetos e estruturas para captar, armazenar e distribuir essa água.

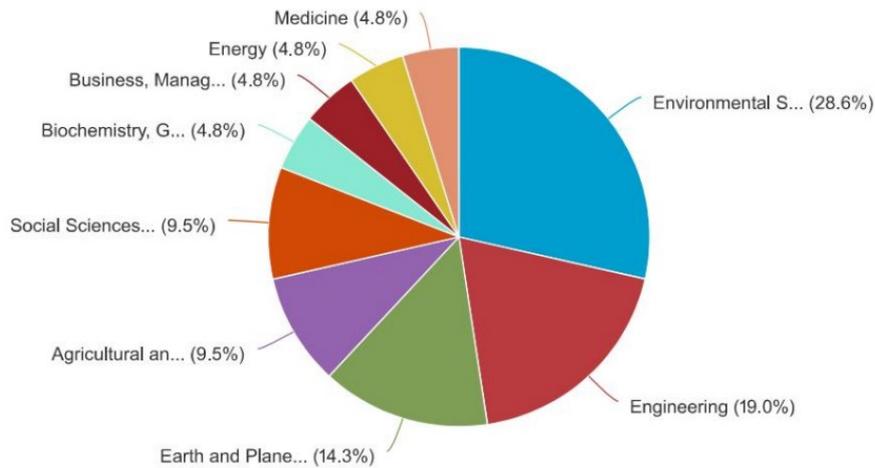


Figura 2: Documentos por Áreas de Estudo.

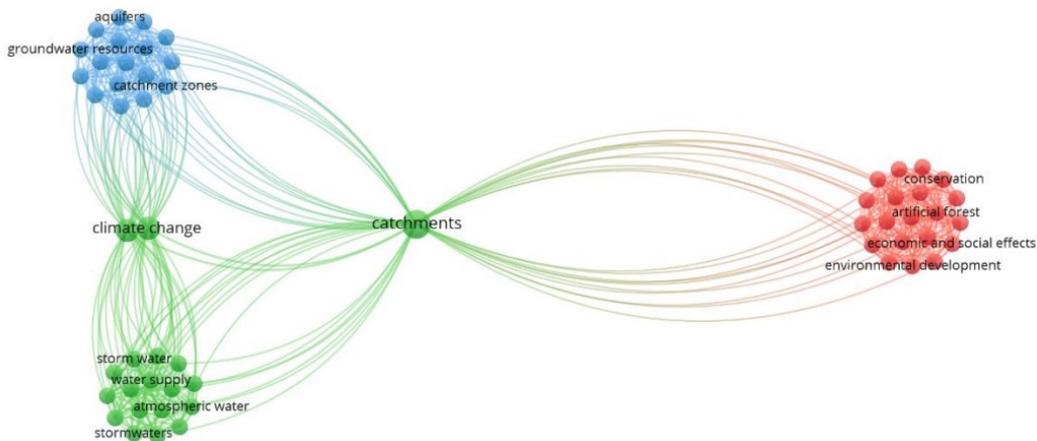


Figura 3: Ocorrência de Palavras-chave sem Filtragem.

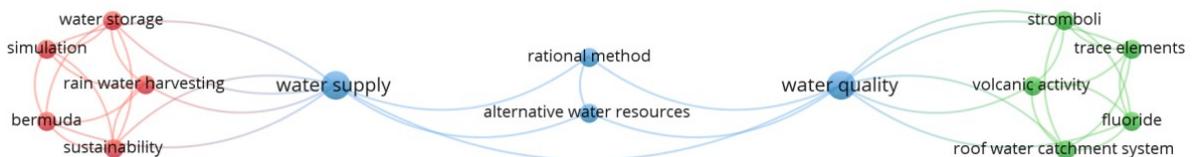


Figura 4: Ocorrência de Palavras-chave pós Filtragem.

Após a realização da exportação das palavras-chave obtidas na base de dados *Scopus* e transferidas ao software *VOSviewer*, foram obtidas as Figuras 3 e 4. Analisando a Figura 3, os resultados obtidos sem a presença dos filtro, nota-se o destaque da palavra-chave “catchments”, que, possui ocorrência de ligação com todas as demais palavras,

situando sua importância para o estudo de águas pluviais em todos os materiais obtidos na base de dados. Por sua vez, ao verificar a Figura 4, é perceptivo que, as palavras-chave “*water supply*” e “*water quality*” fazem, cada, 7 (sete) ligações com as demais palavras obtidas na base de dados. Realizado um comparativo entre as palavras-chave antes e depois da filtragem, é perceptivo a presença do termo “*water supply*”, que é conexo com o presente tema de estudo, já que, se traduzi-la, obtém-se “abastecimento d’água”, sendo o mesmo uma pauta de extrema importância ao analisarmos a captação d’água, já que a mesma servira para diversos utilizações, incluindo abastecer residências.

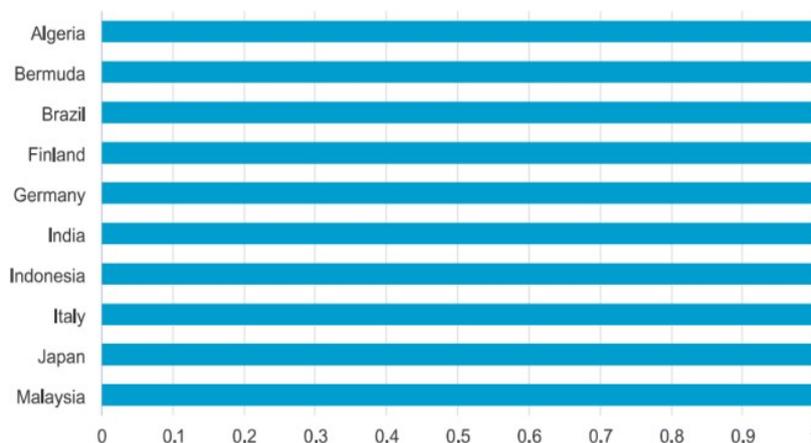


Figura 5: Publicações por Países.

Conforme a Figura 5, pode-se verificar que cada pesquisa teve sua publicação e estudo em países diferentes. Além disso, 40% dos estudos feitos sobre captação d’água da chuva ocorreram na Ásia, compatível com o histórico do continente: de poucas chuvas na região da Índia e Indonésia, o que pode ter feito com que houvesse um maior interesse por métodos de captação d’água. Desses mesmos, 30% são estudos publicados na Europa. Segundo a Copernicus, componente de observação da Terra do Programa Espacial da União Europeia, em 2023, a Europa sofreu um inverno muito quente e seco, sendo esse o segundo maior sofrido pelo continente, fazendo com que as ondas de calor coincidam com a falta de chuva.

Tabela 2: Problemática e Soluções Analisadas.

| ID | PROBLEMATICA | SOLUÇÃO |
|----|---|---|
| 1 | Ausência de aproveitamento da água da chuva para a utilização na agricultura. | Utilização de um novo formato de alocação de placas solares, em V, que permita a coleta da água da chuva e não comprometa a capacidade de gerar energia das placas eletrovoltaicas. |
| 2 | Captação de água da chuva em terrenos amplos para utilização na adequação do solo para o plantio e irrigação das plantações. | Análise de métodos tradicionais de captação de água pluviométrica. |
| 3 | Não aproveitamento da água pluviométrica durante a estação chuvosa do ano, que pode comprometer a drenagem urbana. A utilização da água das chuvas pode reduzir os custos com esse recurso durante o período de seca. | Comparação de 5 métodos de captação de água pluviométrica em relação à viabilidade econômica e eficiência. |
| 4 | Utilização de poços de recarga de água subterrânea em áreas propícias a escoamento e erosão. | Estudo das áreas propícias à escoamento e erosão e determinação da quantidade e o dimensionamento de poços de recarga necessária para evitar tais problemas. |
| 5 | Falta de caracterização científica das nascentes em comunidades do Nepal, promovendo desinformação e falta de controle referente à preservação dos sistemas | Estudo das águas das nascentes analisando a presença de isótopos para determinar como e em que altitude ocorrem as recargas das nascentes. |



| | | |
|----|---|--|
| | de nascentes. | |
| 6 | Crise Hídrica, causada pela escassez d'água. | Recursos hídricos alternativos para mitigar essa escassez d'água. |
| 7 | Examinar as proporções isotópicas de oxigênio e hidrogênio das águas superficiais e subterrâneas. | Utilização d'água precipitada, causada pela concentração evaporativa para controlar as propriedades isotópicas do oxigênio e hidrogênio. |
| 8 | Escassez de água, uso e mau uso da implementação de RWH. | Repensar formas de inovadoras de trabalhar com os recursos naturais e usar a tecnologia para alavancar os pontos benéficos de um sistema RWH. |
| 9 | Contaminação das águas pluviais pelas cinzas vulcânicas, no sistemas RWH. | Boas práticas de manutenção de condições de limpeza e tratamento da água captada, e afastamento das áreas habitadas dos locais com mais precipitações contaminadas pelas cinzas. |
| 10 | Insuficiência na demanda média das residências com águas pluviais captadas. | Modelo de planilha que simula armazenamento de diversos tanques para várias combinações de área de captação. |

Tendo em vista a utilização de águas pluviométricas, os artigos analisados tem como objetivo principal estudar e verificar, de forma prática, maneiras de captar, tratar e utilizar os recursos hídricos fornecidos pela precipitação de água atmosférica; exceto o de ID 5, que tem como foco de estudo a forma e a altitude com as quais as nascentes no Nepal são abastecidas. Desta forma, verifica-se que tais publicações acadêmicas refletem uma preocupação com a manutenção e sustentabilidade dos recursos hídricos do planeta, pois justificam-se na mitigação de problemas causados pelo mau aproveitamento das águas das chuvas, como a falta da mesma ou danos causados aos meios urbanos e naturais.

CONCLUSÕES

O estudo bibliométrico, quantitativo e sistemático realizado com base nos 10 trabalhos selecionados na base de dados *Scopus* sobre captação e utilização de águas pluviométricas, publicados no intervalo dos anos entre 2010 até 2023, proporcionou uma percepção de como diversos países pelo globo se posicionam e buscam abranger seus conhecimentos e habilidades sobre a captação, armazenamento, tratamento, distribuição e utilização dos recursos hídricos advindos da precipitação de água atmosférica, assim como também se preocupam com os impactos que o não emprego dessas técnicas em seus territórios e, conseqüentemente, no planeta.

Sendo assim, o estudo do método de pesquisa bibliométrico se mostra de uma forma categórica na metodização de pesquisas, arranjando a ciência e estudos, visando favorecer futuras pesquisas, de forma a simplificar o processo de busca por materiais, métodos e informações que auxiliam no processo de desenvolvimento de novos trabalhos e projetos científicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chekired, F., Richa, A., Touil, S., & Bingwa, B. *Energy yield evaluation of a rainwater harvesting system using a novel agrophotovoltaics design. Desalination and Water Treatment*, 255, 27-33. 2022.
2. Santamarta, J. C., Molina, A. P., Moreno, F. S., Rodríguez-Martín, J., & Cruz-Pérez, N. *Water harvesting strategies for agriculture in the canary islands. Human Ecology Review*, 27(2), 131-144. 2022
3. Lima, C. A. S., de Souza, R. S., Kaufmann Almeida, A., & Kaufmann de Almeida, I. *Economic feasibility of a rainwater harvesting system in a residential condominium in the Brazilian Midwest. International Journal of Sustainable Engineering*, 14(6), 1950-1961. 2021.



4. Matheswaran, K., Khadka, A., Dhaubanjhar, S., Bharati, L., Kumar, S., & Shrestha, S. *Delineation of spring recharge zones using environmental isotopes to support climate-resilient interventions in two mountainous catchments in Far-Western Nepal. Hydrogeol J*, 27(6), 2181-2197. 2019.
5. Munikanan, V., Mon, A. A., Shakrin, N. N. S. M., Asri, M., Nor, M., Yahya, M. A., ... & En, F. L. J. *Alternative Water Resources in UPNM*.
6. Maruyama, S., & Kato, H. *Identification of waters incorporated in Laguna Lake, republic of the philippines, based on oxygen and hydrogen isotopic ratios. Water*, 9(5), 328. 2017.
7. Bezzina, F. H., & Scicluna Laiviera, I. *Exploring rainwater harvesting opportunities in Malta. Management of Environmental Quality: An International Journal*, 27(4), 390-406. 2016.
8. Madonia, P., Cangemi, M., Bellomo, S., & D'Alessandro, W. *Influence of volcanic activity on the quality of water collected in roof water catchment systems at Stromboli Island (Italy). Journal of geochemical exploration*, 131, 28-36. 2013
9. Rowe, M. P. *Rain water harvesting in Bermuda 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 47(6), 1219-1227. 2011
10. Quevedo-Silva, F. et al. Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. *Revista Brasileira de Marketink*, v. 15, n. 2, p. 246-262. 2016.
11. Ribeiro, Carolina Silva; GARCIA DE OLIVEIRA, Gilca. A questão hídrica no semiárido baiano: conflitos pelo uso da água e as tecnologias sociais de aproveitamento de água de chuva. *Revista del CESLA. International Latin American Studies Review*, n. 23, p. 355-381. 2019.
12. Andrade Neto, Cícero Onofre de. *Aproveitamento imediato da água da chuva*. 2013.
13. De Moura, M. S. B. et al. *Clima e água de chuva no semi-árido*. 2007.
14. Fornaro, Adalgiza. *Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil?*. *Revista USP*, n. 70, p. 78-87, 2006.
15. Gould, J. *Is Rainwater safe to drink? A review of recent findings*. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9. 1999, Petrolina. Anais...Petrolina, PE: IRCSA / ABCMAC. 1999.
16. Gomes, U. A. F., Domènech, L., Pena, J. L., Heller, L., & Palmier, L. R. A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(1), 7-16. 2014.
17. Cirilo, J. A., Abreu, G. H. F. G., Costa, M. R., Goldemberg, D., Costa, W. D., Baltar, A. M., & Azevedo, L. G. T. Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semi-árido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(4), 5-24. 2003.
18. Magalhães, A. R.; GLANTZ, E. M. H. (Ed.). *Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil*, Brasília, DF: Fundação Grupo Esquel Brasil, p 156. 1992.
19. Jacomine, P. K. T. Solos sob caatingas – Características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTE, M. P. F. (Ed.). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: SBCS/UFV. 1996. p.95-111