

**Julio César Perfeito Martins**

Graduando em Engenharia civil pelo Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.  
martinsjulio14@gmail.com

**Carlos Alexandre Martins da Silva**

Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.  
camartins18@icloud.com

**Rachel Cristina Santos Pires**

Mestre em Desenvolvimento Local, Engenheira Civil e Professora Universitária no  
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.  
rachelpireseng@gmail.com

**Jussara Oliveira do Nascimento**

Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental PUC-RJ/Technical University of Braunschweig,  
Alemanha. Coordenadora dos cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica do Centro  
Universitário Augusto Motta – UNISUAM.

## RESUMO

Embora a disponibilidade de água tenha diminuído em todo o mundo, o uso da água da chuva foi sugerido para promover economia de água potável e aliviar os problemas de disponibilidade de água. Este artigo descreve o cenário de disponibilidade de água no Brasil, mostra o potencial de economia de água potável estimado para o setor residencial e propõe um novo indicador de disponibilidade de água que leva em consideração os benefícios do uso da água da chuva. Está demonstrado que a disponibilidade média de água no Brasil é de cerca de 33.000 m<sup>3</sup> per capita por ano, mas é inferior a 5000 m<sup>3</sup> per capita por ano em duas das cinco regiões geográficas do Brasil. Quanto ao potencial de economia de água potável usando a água da chuva, é mostrado que varia de 48% a 100%, dependendo da região geográfica. O novo indicador de disponibilidade de água proposto mostra que a disponibilidade de água pode aumentar quando a água da chuva é levada em consideração, tendo como objetivo avaliar a disponibilidade real de água e estimar o potencial de economia de água potável em diferentes regiões geográficas do Brasil usando água da chuva, baseando-se na metodologia de pesquisas de cunho científico, referências bibliográficas, monografias, artigos científicos, livros e sites especializados.

**Palavras-chave:** Economia de água potável; Uso de água da chuva; Indicador de disponibilidade de água.

## INTRODUÇÃO

Como a população de muitos países aumentou rapidamente, a disponibilidade e o suprimento de água tornaram-se motivo de crescente preocupação em todo o mundo (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2017).

Segundo as Nações Unidas do Brasil (2017), a população mundial está atualmente crescendo em 77 milhões de pessoas por ano, o que significa que, mantendo essa taxa de crescimento, haverá cerca de 9 bilhões de pessoas no mundo em 2050. Isso representa um aumento de 50% na população mundial. Os recursos hídricos são limitados, portanto, haverá problemas de disponibilidade de água em muitos países e será um desafio para os governos garantir um suprimento adequado de água potável a toda a população.

A fim de aliviar os problemas de disponibilidade de água e diminuir a demanda de água potável, a coleta de água da chuva tem sido sugerida por muitos pesquisadores. Foi relatado que a água da chuva promove economia de água potável em hotéis na China (DENG, 2003), escolas em Taiwan (CHENG, 2003), casas e edifícios residenciais de vários andares na Alemanha (HERMANN & SCHMIDA, 1999), casas na Austrália, casas no Reino Unido (FEWKES, 1999), edifícios residenciais de vários andares no Brasil, postos de gasolina no sul do Brasil (MARINOSKI, 2007) e outros. No entanto, não há relatos de nenhuma metodologia para estimar a economia de água potável em grandes áreas, como um país inteiro, usando água da chuva. Também não foi desenvolvido um indicador de disponibilidade de água que represente os benefícios do uso da água da chuva.

A metodologia aplicada a este estudo se baseia sobre pesquisas de cunho científico e em fazer uma revisão bibliográfica sobre o tema e suas vertentes, onde serão mostrados e organizados todos os itens pesquisados em arquivos eletrônicos, livros, sites da internet, monografias e padrões operacionais.

O principal objetivo deste artigo é avaliar a disponibilidade real de água e estimar o potencial de economia de água potável em diferentes regiões geográficas do Brasil usando água da chuva. Também é discutido um indicador de disponibilidade de água que representa os benefícios do uso da água da chuva para diminuir a demanda de água potável.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A água é fundamental desde as atividades do cotidiano como tomar banho, até para o desenvolvimento econômico de um país, pois além do consumo humano é também fonte de geração de energia, produzir alimentos e produtos de consumo. Segundo a Agência Nacional de águas (ANA) 48 milhões de foram afetadas por secas duradouras ou estiagens passageiras no território Brasileiro entre 2013 e 2016. Neste período 4.824 eventos registrados de secas com danos humanos, onde, em 2016 o ano mais crítico em impactos para a população, segundo a (ANA) 18 milhões de habitantes

no Brasil foram afetados pela escassez hídrica, sendo que 84% da população impactada vindo da região Nordeste.

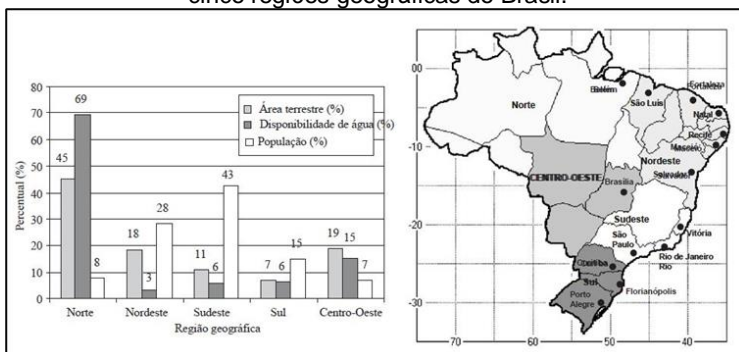
Neste mesmo período, as secas e estiagens levaram 2.783 municípios a decretarem Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP), sendo que 1.409 cidades do Nordeste (78,5% da região) tiveram que declarar SE ou ECP. Destes municípios, aproximadamente metade decretou emergência ou calamidade pelo menos uma vez em sete anos diferentes. Entre 2013 e 2016, o Nordeste registrou 83% dos 5.154 eventos de secas registrados no Brasil, que prejudicam a entrega de água para abastecimento público e para setores que dependem de água para realizarem atividades econômicas, como geração hidrelétrica, irrigação, produção industrial e navegação. O uso da água, segundo o estudo da ANA, a demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. Até 2030, a previsão é de que a retirada aumente em 30%, onde, podemos dizer que o histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do País.

Mediante a disponibilidade hídrica e gestão de águas no Brasil, criamos indicadores a fim de prever uma melhora na disponibilidade de água no Brasil em um futuro próximo, considerando estes fatores, o debate quanto às necessidades de inovações e adequações na gestão dos recursos hídricos futuros deverão ser levados em conta para o aperfeiçoamento da Política e do Sistema de Recursos Hídricos no Brasil.

## **Definição de Desempenho**

É sabido que a água é abundante no Brasil representa 11% da água mundial e 50% da água da América do Sul. Embora abundante, a água não é distribuída uniformemente pelo país. A figura 1 mostra, no lado esquerdo, a porcentagem de área terrestre, disponibilidade de água e população nas cinco regiões geográficas do Brasil no lado direito, é mostrada a localização das cinco regiões no mapa do Brasil. A região norte, que abriga a Bacia Amazônica, compreende cerca de 45% da área terrestre, 69% da água disponível, mas abriga apenas 8% da população. Em contraste, a região sudeste acomoda 43% da população, mas possui apenas 6% da água disponível no país, da mesma forma, a região nordeste possui 28% da população, mas apenas 3% da água disponível. Isso indica que as regiões sudeste e nordeste têm maior probabilidade de enfrentar problemas de disponibilidade de água em um futuro próximo. (TUCCI et al., 2002).

**Figura 1:** Proporção de área terrestre, disponibilidade de água e população nas cinco regiões geográficas do Brasil.



Fonte: IBGE; ANA (2020)

Alguns pesquisadores vêm tentando desenvolver indicadores para resolver o problema da água (FEITELSON & CHENOWETH, 2002).

No entanto, a relação entre disponibilidade de água e população ainda é o indicador mais utilizado. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) adota uma classificação como mostrado na tabela 1 (UNEP, 2002).

**Tabela 1:** Classificação de disponibilidade de água

Disponibilidade de água (m <sup>3</sup> per capita/ano)	Classificação
Superior à 20,000	Muito Alta
10,000–20,000	Alta
5000–10,000	Média
2000–5000	Baixa
1000–2000	Muito Baixa
Abaixo de 1000	Catastroficamente baixa

Fonte: UNEP (2002)

A disponibilidade média de água no Brasil foi superior a 328.000 m<sup>3</sup> per capita por ano em 1900, como mostra a tabela 2. A disponibilidade de água em 1900 foi muito alta para todas as regiões geográficas do Brasil, de acordo com a classificação da UNEP (2002).

Cento e um anos depois, em 2000, a disponibilidade de água no Brasil diminuiu para cerca de 33.000 m<sup>3</sup> per capita por ano, ainda muito alta, de acordo com o UNEP (2002). Contudo, essa média nacional não representa a situação em todas as áreas do Brasil. Ao comparar as regiões do Brasil, percebe-se que nas regiões nordeste, sudeste e sul a disponibilidade de água é muito baixa em comparação com as outras duas regiões.

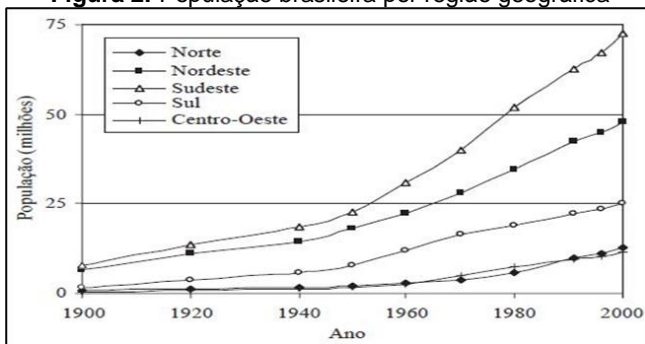
**Tabela 2:** Disponibilidade de água no Brasil

Região	Disponibilidade de água		
	(km <sup>3</sup> /ano)	Ano 1900 (m <sup>3</sup> percapita/ ano)	Ano 2000 (m <sup>3</sup> percapita/ ano)
Norte	3968	5,708,864	307,603
Nordeste	186	27,587	3900
Sudeste	334	42,715	4615
Sul	365	203,396	14,553
Centro-Oeste	879	2,353,814	75,511
Brasil	5733	328,745	33,762

Fonte: IBGE; ANA (2020)

No nordeste e sudeste, a disponibilidade de água é significativamente menor que a média mundial de 7000 m<sup>3</sup> per capita por ano e pode ser classificado como de baixa disponibilidade de água. (UNEP, 2002). Essa diminuição da disponibilidade de capacidade água no Brasil pode ser explicada pelo aumento da população durante o período observado, conforme mostrado na figura 2.

**Figura 2:** População brasileira por região geográfica

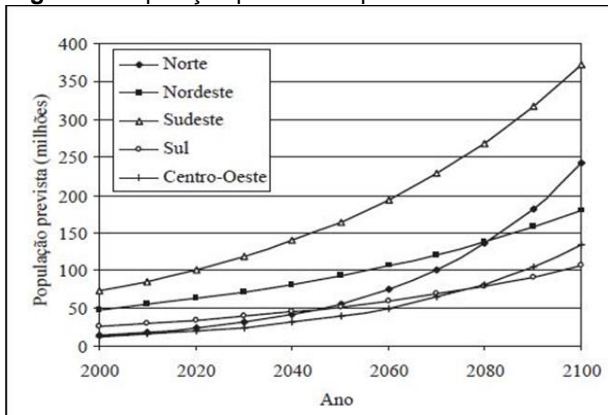


Fonte: IBGE (2020)

## Previsão da disponibilidade de água

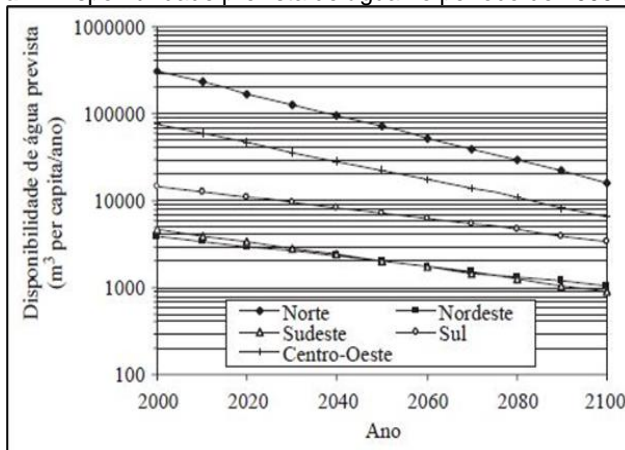
Considerando a taxa média de crescimento no período 1991–2000, para cada região geográfica, previsto para a população e também a disponibilidade de água foram estimadas para o ano 2100, como mostrado nas figuras. 3 e 4, respectivamente. Pode-se observar na figura 4 que a partir de 2050, as regiões nordeste e sudeste terão disponibilidade de água inferior a 2000 m<sup>3</sup> per capita por ano, o que é considerado muito baixo pelo UNEP (2002).

**Figura 3:** População prevista no período de 2000 a 2100



Fonte: UNEP (2002)

**Figura 4:** Disponibilidade prevista de água no período de 2000 a 2100



Fonte: UNEP (2002)

Na região sudeste, a disponibilidade de água será menor que 1000 m<sup>3</sup> per capita por ano a partir de 2094, na região nordeste que vai acontecer a partir de 2100 em diante. A partir de 2075, a água disponibilidade na região sul diminuirá para números abaixo de 5000 m<sup>3</sup> per capita por ano, que é um nível baixo de água disponibilidade. Portanto, é necessário tomar medidas para evitar a escassez de água principalmente no sudeste e regiões nordeste do Brasil.

### Captação de água da chuva

A menos que haja uma diminuição na demanda de água ou um aumento da população com menor taxa de crescimento, algumas regiões

geográficas do Brasil enfrentarão escassez de água problemas até o final do século XXI. Para evitar escassez de água o Brasil deve implementar programas promover a captação de água da chuva. Segundo Netto (1991), a precipitação média no mundo é de 760 mm por ano, enquanto no Brasil atinge cerca de 1443 mm por ano (tabela 3). Contudo, chuvas no Brasil não são distribuídas uniformemente no país. A tabela 3 mostra a precipitação média para as cinco regiões geográficas do Brasil. Varia de 1146 mm por ano no Nordeste para 2182 mm por ano na região norte. As médias foram calculadas sobre um número de cidades, conforme indicado na coluna da direita da tabela 3. Para estimar o potencial de água potável economizando água da chuva nas cinco regiões, a área específica do telhado por pessoa, bem como a água potável a demanda foi determinada.

**Tabela 3:** Média de chuvas na região geográfica Brasileira

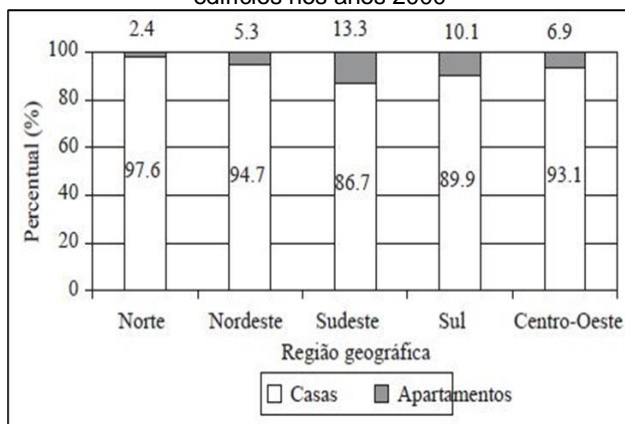
Região	Média de chuva (mm/ano)	Número de cidades
Norte	2182	27
Nordeste	1146	75
Sudeste	1362	55
Sul	1615	26
Centro-Oeste	1540	23
Brasil	1443	206

**Fonte:** Normas Climatológicas (1991–2010).

### Área de captação

Em edifícios residenciais de vários andares, a área específica do telhado por pessoa é baixa. Portanto, para estimar uma área média exata do telhado por pessoa nas cinco regiões, foi pesquisada a porcentagem de casas e apartamentos em edifícios residenciais de vários andares. Os resultados são mostrados na figura 5, que mostra que sudeste e sul são as regiões com maior porcentagem de apartamentos em prédios residenciais de vários andares. É provável que essas porcentagens mudem ao longo dos anos, mas como não há informações oficiais sobre a taxa de crescimento, elas foram assumidas como estáveis (IBGE, 2016).

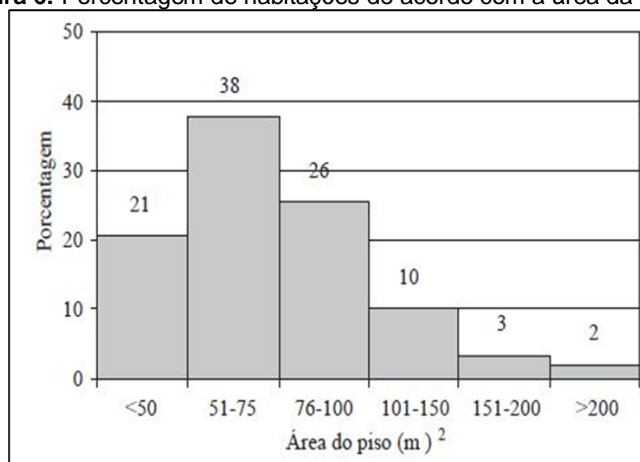
**Figura 5:** Porcentagem de casas e apartamentos em residências de vários andares edifícios nos anos 2000



Fonte: IBGE (2020)

Uma pesquisa realizada em 12 dos 26 estados no Brasil estabeleceu a porcentagem de residências de acordo com a área de planta, como mostra a figura 6. (ELETROBRÁS, 1998). Ao realizar uma média ponderada usando as figuras mostradas na Figura 6, obtém-se 81 m<sup>2</sup>. Supunha-se que esse número representasse uma área média do telhado a ser considerada para a captação de água da chuva nas casas. Quanto ao residencial de vários andares, devido à falta de informações oficiais, uma área média de cobertura de 15 m<sup>2</sup> por apartamento foi considerada adequada.

**Figura 6:** Porcentagem de habitações de acordo com a área da planta



Fonte: ELETROBRÁS (1998)



## Potencial de economia de água potável

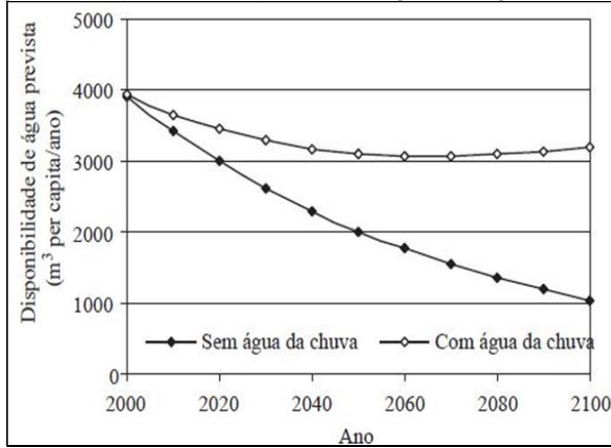
A captação de água da chuva foi implementada em diferentes países como uma maneira de aliviar os problemas de disponibilidade de água, a menos que haja programas governamentais para promover a conservação da água, conforme é sugerido neste artigo.

Quanto ao potencial de economia de água potável pelo uso da água da chuva, variou de 48 a 100% nas cinco regiões. Foi demonstrado que na região norte o potencial de água da chuva é superior à demanda de água, que chega a 88 litros per capita por dia. Na região sudeste, obteve-se um potencial de economia de água potável de 48%. Isso indica que a água da chuva coletada pode ser usada para usos não potáveis, como descarga de vaso sanitário, irrigação de jardins, limpeza de pisos, lavagem de carros e roupas, que geralmente representam cerca de 50% do consumo de água em uma casa. Quanto às demais regiões, cujo potencial de economia de água potável ultrapassa os 50%, a água da chuva deve passar por tratamento adequado para ser utilizada para fins potáveis. Em áreas poluídas, a qualidade da água da chuva deve ser avaliada para evitar problemas de saúde.

Também foi avaliado um novo indicador que representa os benefícios do uso da água da chuva na disponibilidade de água. Foi demonstrado que considerar a água da chuva coletada ao longo dos anos promoveria um aumento do indicador de disponibilidade de água, usado pela UNEP (2002) e outros pesquisadores, sejam modificados quando a água da chuva for usada para contribuir para diminuir a demanda de água potável. Quando há um uso constante da água da chuva, recursos hídricos são preservados cumulativamente ao longo dos anos. Portanto, o que é proposto para refletir essa preservação da água recursos é que o volume específico de água da chuva usado acumulado ao longo dos anos anteriores e somadas à disponibilidade de água.

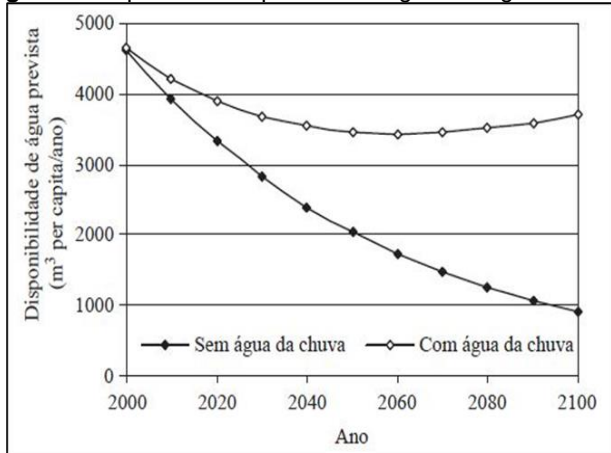
Assim, é possível mostrar a contribuição de uso da água da chuva de acordo com a disponibilidade de água. As figuras. 7 e 8 mostram, por exemplo, a disponibilidade prevista de água no período de 2000 a 2100 para o nordeste e regiões sudeste do Brasil, respectivamente. Pode ser observado que a inclusão da água da chuva no indicador de disponibilidade de água promove um aumento disponibilidade de água UNEP (2002).

**Figura 7:** Disponibilidade prevista de água na região nordeste



Fonte: UNEP (2002)

**Figura 8:** Disponibilidade prevista de água na região sudeste



Fonte: UNEP (2002)

## CONCLUSÃO

O problema da disponibilidade de água e o potencial de economia de água potável nas cinco regiões geográficas do Brasil foram avaliados, os resultados da análise de disponibilidade de água mostram que as regiões nordeste e sudeste terão disponibilidade de água inferior a 2000 m³ per capita por ano a partir de 2050, a partir de 2100, ambas as regiões terão disponibilidade de água inferior a 1000 m³ per capita por ano, o que é considerado catastróficamente baixo pela UNEP.

Isso indica que as regiões nordeste e sudeste podem enfrentar sérios problemas de disponibilidade de água em um futuro próximo, nas regiões

nordeste e sudeste do Brasil, por exemplo, prevê-se que a disponibilidade de água seja inferior a 1000 m<sup>3</sup> per capita por ano a partir de cerca de 2100, portanto, se a água da chuva fosse usada no setor residencial do Brasil, a disponibilidade de água nesses duas regiões não seriam inferiores a 3000 m<sup>3</sup> per capita por ano, esse indicador seria ainda mais alto se o uso da água da chuva também fosse considerado em edifícios comerciais, públicos e industriais.

A metodologia apresentada neste documento para avaliar a disponibilidade de água, o potencial de economia de água potável e o indicador de disponibilidade de água que representa os benefícios do uso da água da chuva podem ser aplicados a qualquer país do mundo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS DO BRASIL. **Gestão de recursos Hídricos no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil>. Acesso em: 29 de março de 2020.

CHENG C. **Building and Environment**: Avaliando medidas de conservação de água para Green Building em Taiwan. 2003; 38(2): 369–79.

DENG S. **Energy and Buildings**: Os usos de energia e água e seus indicadores explicativos de desempenho em hotéis em Hong Kong. 2003; 35(8):775–84.

ELETROBRÁS. **Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo**. Eletrobrás, PROCEL, PUC-Rio, Brasil, 1998.

FEITELSON E, CHENOWETH J. **Pobreza hídrica: em direção a um indicador significativo**. Política de água. 2002;4(3):263–81.

FEWKES A. **Building and Environment**: O uso da água da chuva na descarga sanitária: teste de campo de um sistema de coleta. 1999; 34(6): 765–72.

HERRMANN T; SCHMIDA U. **Urban Water**: Utilização da água da chuva na Alemanha: eficiência, dimensionamento, aspectos hidráulicos e ambientais.1999;1(4):307–16.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2020. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/i>. Acesso em: 29 de março de 2020.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso**. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Organização das Nações Unidas**: Glossário da ONU Brasil de termos sobre água e saneamento. 2017. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Acesso em: 05/03/2020.

NETTO J. M. A. **Aproveitamento de águas de chuva para abastecimento** - Captação de água da chuva. BIO 1991; 3 (2): 44–8.

NORMAS CLIMATOLÓGICAS (1991–2010). **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação**. Departamento Nacional de Meteorologia. Brasília.

TUCCI C. E. M; HESPANHOL I; NETTO O. M. C. **Gestão da água no Brasil**. UNESCO, Brasil, 2002. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129870>. Acesso em: 26 de março de 2020.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Perspectivas ambientais e globais 3: perspectivas passadas, presentes e futuras**. Earth-Scan, 2002. Disponível em: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8609/GEO%20REPORT\\_English.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8609/GEO%20REPORT_English.pdf?sequence=7&isAllowed=y). Acesso em 26 de março de 2020.