



## **AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI CEARENSE**

Renato de Oliveira Fernandes<sup>1</sup>  
Wandenusia de Oliveira Silva<sup>2</sup>  
Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega<sup>3</sup>

**Resumo** - Os sistemas de aproveitamento de água de chuva têm se apresentado como uma das alternativas para uso racional da água. A instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva possibilita aumentar a oferta de água na edificação e reduzir as demandas nos sistemas públicos de abastecimento de água. Diante deste contexto, o presente trabalho avaliou quantitativamente o potencial de aproveitamento de água de chuva em um município localizado na Região Metropolitana do Cariri Cearense com o objetivo de obter os primeiros resultados dos benefícios da utilização desses sistemas nessa área. Os resultados mostram grandes interferências do regime climático da região na segurança de abastecimento das cisternas, mas apresenta possibilidade de utilizar a água da chuva para fins não potáveis podendo reduzir consideravelmente a demanda por água potável da rede pública.

**Palavras-chave:** conservação da água, clima, demanda de água e economia de água

### **INTRODUÇÃO**

O aproveitamento de água de chuva tem sido muito estudado recentemente demonstrando viabilidade econômica e ambiental para diferentes regiões do Brasil (Tomaz, 2003). No entanto, o uso de sistemas de aproveitamento da água de chuva depende principalmente do regime de chuva local, necessitando dessa forma de análise particular para cada região. No Brasil existem regiões com precipitação média anual de 550 mm na região semiárida a 2.850 mm na região Norte do país, apresentando uma alta variabilidade espacial da chuva (ANA, 2011), associado a isto se soma a variabilidade temporal. Especificamente no Semiárido brasileiro ocorrem períodos diferenciados para o início e fim do período chuvoso. Na região do Cariri Cearense, que é tratada neste trabalho, o período chuvoso está compreendido entre os meses de dezembro a maio (Porto, et al., 2011) com ocorrência principalmente nos meses de janeiro a abril (Nobre, 2012).

<sup>1</sup> Engenheiro Civil. Professor Assistente. Departamento de Construção Civil. Universidade Regional do Cariri – URCA. Av. Leão Sampaio, 107, Triângulo, Juazeiro do Norte. Tel.(88) 3102.1154. E-mail: renatodeof@gamil.com

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Tecnologia da Construção Civil. Universidade Regional do Cariri – URCA.

<sup>3</sup> Engenheiro Civil. Doutorando Landscape Ecology. Universidade de Goettingen, GA, Alemanha.

Organização



Apoio





Além dos problemas causados na disponibilidade hídrica geradas pelas características climáticas da região semiárida brasileira, existem outros fatores, como o crescimento demográfico dos centros urbanos e o desenvolvimento industrial que geram demandas por água potáveis cada vez maiores. Uma vez que a disponibilidade hídrica é estratégica para o desenvolvimento urbano e regional (Maranhão & Ayrimoraes, 2012) a implantação de estruturas coletivas ou individuais para uso eficiente da água pode minimizar os problemas gerado pela escassez quantitativa e/ou qualitativa da água (Gonçalves, 2011).

Uma das alternativas para aumentar a oferta de água na edificação e reduzir a demanda por água potável nos sistemas coletivos de distribuição de água é o aproveitamento da água da chuva. No entanto, o volume ideal da cisterna para armazenar a água da chuva depende principalmente de dois parâmetros: a área de captação e do regime de ocorrência da chuva. O primeiro é um parâmetro físico passível de intervenção humana e pode ser adaptada de acordo com características locais, enquanto que o segundo parâmetro não pode ser alterado, uma vez que é uma característica do clima, necessitando de avaliação mais detalhada para o melhor dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva.

Para determinar o melhor volume do reservatório para armazenamento da água da chuva é comum quantificar a frequência em que o reservatório é capaz de suprir totalmente a demanda. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar o comportamento de cisternas quanto ao armazenamento de água de chuva em um município do Cariri Cearense buscando relacionar com o regime climático da região, a área de captação e a demanda de água. Em adicional é determinado o percentual de economia de água potável em uma edificação pública localizada nessa região com uma grande área de captação. A avaliação apresentada nesse estudo está direcionada para estudos posteriores no contexto do projeto “Intervenções Tecnológicas em Edificações Públicas para o Uso Eficiente da Água” que está em desenvolvimento na Universidade Regional do Cariri/URCA.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar o potencial de aproveitamento da água de chuva em uma região do ponto de vista quantitativo é necessária a análise das séries históricas de chuvas. A partir das séries é

Organização



Apoio





possível caracterizar o regime atual de chuva e identificar os períodos secos e chuvosos que servirão para um melhor dimensionamento do sistema de captação de água da chuva. Nesse trabalho, a análise climatológica da chuva foi realizada para a Região Metropolitana do Cariri (RMC) que é composta por nove municípios (Figura 1). Os municípios mais populosos dessa região são Juazeiro do Norte e Crato (IBGE, 2010).



Fonte: Adaptado de IBGE/IPECE e Google Earth.

Figura 1. Distribuição espacial das estações pluviométricas utilizadas na RMC e do campus Crajubar/URCA.

A Figura 1 apresenta o código e a localização das estações pluviométricas usadas nesse estudo e obtidas da rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA, <http://hidroweb.ana.gov.br/>). Os dados de chuva são séries históricas diárias correspondentes aos últimos 31 anos (1981-2011) e foram usados para avaliação do volume de cisternas no município Juazeiro do Norte/CE baseada na análise das garantias de abastecimento das mesmas. A avaliação foi realizada através do software Netuno 3.0 (Ghisi & Rocha, 2011) com demandas variáveis e constantes e coeficiente de aproveitamento de água da chuva igual a 0,8.

No município de Juazeiro do Norte, as análises foram realizadas para o Campus Crajubar da Universidade Regional do Cariri-URCA (Crajubar/URCA). Essa instituição de ensino possui uma grande área de cobertura (2.513,46 m<sup>2</sup>), ilustrada na Figura 1, sendo quase em sua totalidade de telhas metálicas. Para a drenagem da água pluvial existem calhas de zinco e condutores verticais e horizontais de PVC, com 150 mm e 100 mm de diâmetro. A avaliação do comportamento da cisterna para a edificação citada foi feita supondo a utilização da água



da chuva para o suprimento em 100% as demandas para lavagem de pisos e irrigação de jardim (fins não potáveis). A indicação dos usos da água de chuva foi baseada nas atividades mais comum do campus e nos critérios de uso definidos na NBR 15.527/2007.

Todas as características físicas do campus (Tabela 1), como as frequências adotadas para lavagem de pisos e irrigação de jardim, foram obtidas na Prefeitura do campus e os consumos *per capita* são indicados por Tomaz (2003). As demandas diárias médias usadas na simulação no campus foram diferentes em alguns meses para levar em consideração os períodos secos e chuvosos. Dessa forma, os meses de janeiro a abril que são considerados como de maior ocorrência de chuvas (Nobre, 2011) não foram consideradas demandas de água para irrigação de jardim, pois foi considerado que a ocorrência de chuvas nesse período é suficiente para suprir essa demanda.

Tabela 1. Estimativa do consumo de água de chuva para fins não potável no Campus Crajubar/URCA

Descrição do consumo	Consumo (l/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Frequência da demanda		Volume (m <sup>3</sup> )	
			jan-abr	mai-dez	jan-abr	mai-dez
Irrigação de Jardim	1,5	1300	0	96	0,00	187,20
<b>Lavagem de piso:</b>						
Área de Circulação	2	647,02	2	4	2,59	5,18
Salas	2	1201,81	2	4	4,81	9,61
Laboratórios	2	485,24	1	2	0,97	1,94
Banheiros	2	36,48	112	229	8,17	16,71
					<b>16,54</b>	<b>220,64</b>

Dessa forma, para o município de Juazeiro do Norte foram realizadas duas análises. Uma para o campus Crajubar/URCA, considerando as características físicas reais e as demandas atuais da edificação (Tabela 1) e outra análise considerando diferentes áreas de captação arbitradas, variando de 50 m<sup>2</sup> a 400 m<sup>2</sup>, com incremento de 50 m<sup>2</sup>. Foram adotadas as demandas de 240 l/dia e 320 l/dia para a segunda análise. Nas duas análises foi utilizada a série histórica de chuva diária desse município do período de 1981-2011.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Climatologia de chuva da RMC

A partir dos dados obtidos das nove estações pluviométricas nos municípios em estudo, foram gerados gráficos da precipitação média mensal para cada município da RMC (Figura 2).

Organização



Apoio



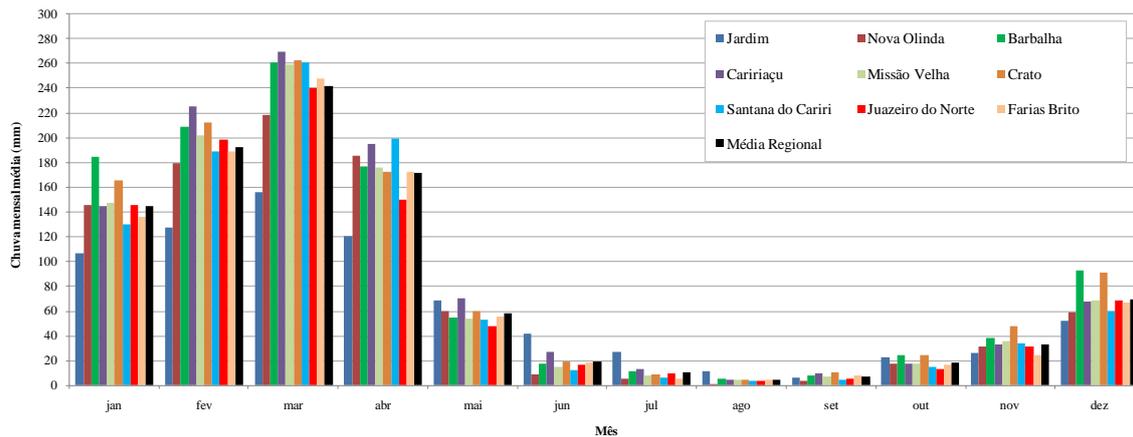


Figura 2. Climatologia da chuva média mensal para as nove estações pluviométricas localizadas em cada município da RMC no período de 1981-2011

Observa-se na Figura 2 que o regime de precipitação para os nove municípios são semelhantes, tendo as maiores lâminas precipitadas nos meses de janeiro a abril, com valores máximos no mês de março. Uma das estações pluviométricas que apresentou precipitação média inferior aos demais municípios foi a do Jardim. Observa-se que para essa estação a precipitação média mensal foi significativamente inferior a maioria dos outros municípios em 6 dos 12 meses. A estação pluviométrica que registrou maior precipitação média anual acumulada foi no município de Barbalha com 1.084 mm/ano, seguido do Crato, com 1.079 mm/ano e Caririçu com 1.077 mm/ano.

### Análise dos volumes das cisternas e garantias de abastecimento

A partir das características específicas de demandas e área de captação do campus Crajubar/URCA foi possível, a partir dos 31 anos de série histórica de chuva diária, obter as diferentes garantias de atendimento total da demanda para cisternas nesse campus. A Figura 3a mostra a variação das garantias de abastecimento em função dos volumes das cisternas. Observando a figura citada é possível evidenciar a influência da variabilidade climática da região nas garantias de abastecimento de água na cisterna. Assim, verifica-se que mesmo aumentando o volume da cisterna até 30 m<sup>3</sup> a garantia de abastecimento total de água chega a cerca de 60%. Para obter garantias maiores o volume da cisterna tende para um valor que aparenta seria economicamente inviável do ponto de vista de execução.

A Figura 3b apresenta os percentuais de economia de água potável quando do uso da água da chuva para o suprimento das demandas de lavagem de pisos e irrigação do jardim do campus. Nessa figura é possível observar que devido à variabilidade temporal da chuva na região,



mesmo para cisternas de volumes grandes, a economia de água potável fica abaixo de 50%. Isso ocorre devido aos dias em que ocorreram falhas no atendimento (total ou parcial) gerando assim à necessidade do uso de água potável para suprir as demandas.

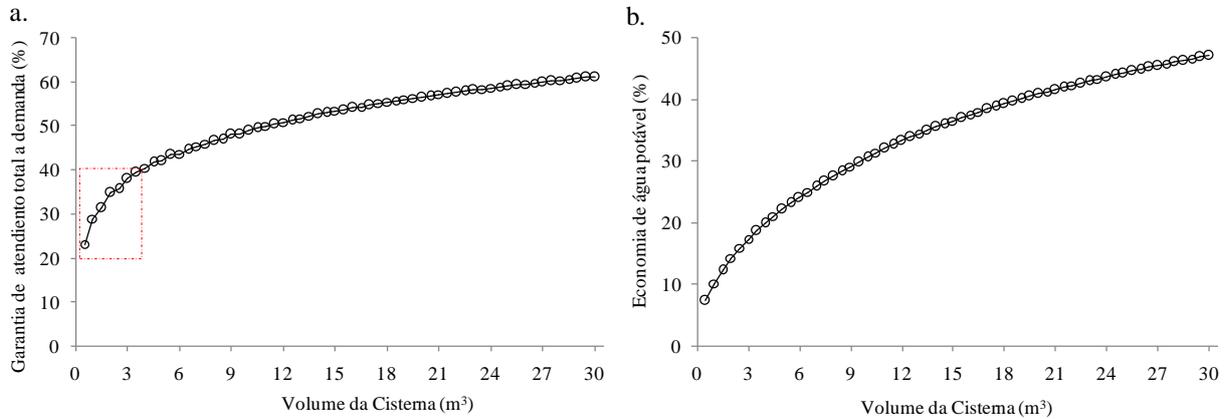


Figura 3: a) variação das garantias de atendimento total a demanda de água em função do volume da cisterna para o campus Crajubar/URCA e b) respectiva economia de água potável para as demandas com fins não potáveis do campus. Área de captação 2.513,5 m<sup>2</sup>.

Na Figura 4a e 4b são apresentadas as variações das garantias de atendimento total da demanda de água da chuva em função da variação dos volumes (0,5 m<sup>3</sup> a 4 m<sup>3</sup>, incremento de 0,5 m<sup>3</sup>) e das áreas de captação (50 m<sup>2</sup> a 400 m<sup>2</sup>, incrementos de 50 m<sup>2</sup>). Estas figuras mostram certa convergência nos valores das garantias (destacado nas setas verticais) quando as áreas de captação aumentam para uma mesma demanda. Destaca-se que a área de 50 m<sup>2</sup> foi a que apresentou menor concordância relativa com a convergência dos valores de garantias do conjunto.

Relacionado aos impactos que o regime de chuvas pode trazer para o abastecimento das cisternas, comparando as Figuras 3a, 4a e 4b, observa-se que devido à alta variabilidade temporal das chuvas (Figura 2), para se obter garantias de abastecimento de aproximadamente 40% são necessárias grandes áreas de captação, para um cenário de alta demanda diária (média diária anual de 646 l/dia) e reservatórios de armazenamento com capacidade de aproximadamente 4 m<sup>3</sup> (Figura 3a). Por outro lado, os mesmos valores citados de garantia (40%) e volume da cisterna (4 m<sup>3</sup>) são iguais ou superados nos dois cenários de média demanda (240 l/dia e 320 l/dia) com áreas de captação entre 150 m<sup>2</sup> a 400 m<sup>2</sup> (Figuras 4a e 4b). Dessa forma, apesar do campus Crajubar/URCA possuir uma grande área de captação, as demandas usadas nas simulações são altas, principalmente no período seco (maio a



dezembro), o que gerou redução nas garantias de abastecimento. Em adicional, o período que ocorre às maiores demandas é também o que ocorre as menores intensidades de chuvas.

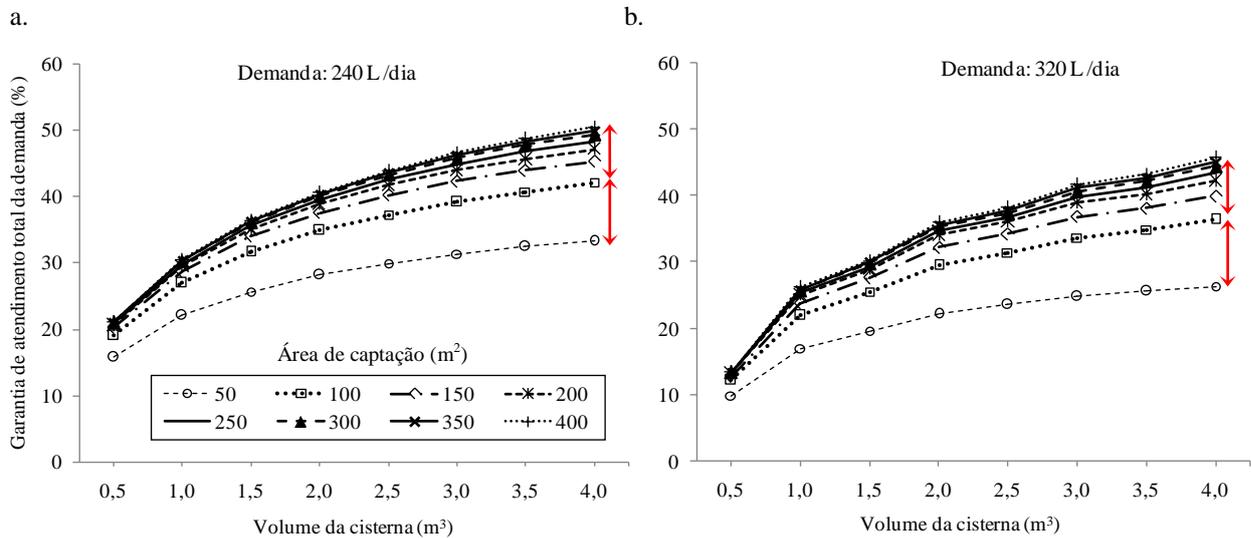


Figura 4. Variação da garantia de atendimento total as demandas de 240 l/dia (a) e 320 l/dia (b) em função do volume da cisterna para diferentes áreas de captação.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Há interferência do regime climático da região na segurança de abastecimento das cisternas. Assim, apesar das garantias de abastecimento sugerirem o uso de água potável para o suprimento nos dias em que a demanda for superior ao volume armazenado na cisterna, pode-se ainda economizar água potável dependendo da área de captação e do volume da cisterna.

Desta forma, o estudo sugere potencialidades no aproveitamento da água da chuva no município estudado, mas indica a necessidade de outras avaliações nesse município e nos outros pertencentes à Região do Cariri Cearense. É recomendado que trabalhos sejam realizados com a proposta de avaliar o potencial de aproveitamento de água de chuva regional, levando em conta diferentes capacidades de captação, armazenamento e consumo de água de chuva. Além disso, é necessário que aspectos qualitativos, econômicos e sociais também sejam considerados para embasamento de diretrizes públicas relacionadas ao aproveitamento de água de chuva na região estudada.



## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a Universidade Regional do Cariri (URCA) pelo financiamento da bolsa de Iniciação Científica do segundo autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. NBR 15527/2007.

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS – ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2011, Brasília, DF: 112p. 2011.

GHISI, E.; CORDOVA, M.M.; ROCHA, V. L. Netuno 3.0. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. 2011.

GONÇALVES. R. F. Uso racional de água no meio urbano: Aspectos tecnológicos, legais e econômicos. In: Salomão de Sousa Medeiros, Hans Raj Gheyi, Carlos de Oliveira Galvão, Vital Pedro da Silva Paz. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011, p.163-205.

IBGE. Área territorial oficial. Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02). Página visitada em 10 junho. 2012.

MARANHÃO, N. & AYRIMORAES, S. Os usos da água e o desenvolvimento regional. In: A questão da água no Nordeste. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: CGEE, 2012, p.123-155.

NOBRE, P. As origens das águas no Nordeste. In: A questão da água no Nordeste. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: CGEE, 2012, p.31-43.

PORTO, E. R.; SILVA, A. DE S.; BRITO, L. T. DE L. Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas. In: Salomão de Sousa Medeiros, Hans Raj Gheyi, Carlos de Oliveira Galvão, Vital Pedro da Silva Paz. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB. Instituto Nacional do Semiárido, 2011, p.113-161.

TOMAZ, P.(2003). Aproveitamento de Água de Chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não Potáveis. Navegar Editora – Guarulhos/SP – Brasil, 180p.