

Potencial de captação de água de chuva para abastecimento: o caso da cidade de Belém (PA, Brasil)

Potential to capture rainwater for supply:
The case of the city of Belém (Pará State, Brazil)

Rafael Almeida Flores¹

Universidade Federal do Pará, Brasil
rafael.0703@hotmail.com

Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes¹

Universidade Federal do Pará, Brasil
rmendes@ufpa.br

Dênio Ramam Carvalho de Oliveira¹

Universidade Federal do Pará, Brasil
denio@ufpa.br

Tony Carlos Dias da Costa¹

Universidade Federal do Pará, Brasil
tony@ufpa.br

Nircele da Silva Leal Veloso¹

Universidade Federal do Pará, Brasil
nirceleveloso@yahoo.com.br

Resumo. Apesar da riqueza em recursos hídricos da região Amazônica, a cidade de Belém é grande deficitária em abastecimento público de água. O aproveitamento da água da chuva tem potencial e pode ser uma alternativa na região. Assim, este trabalho tem por objetivo definir o potencial de aproveitamento doméstico da água da chuva na cidade de Belém. O método empregado se baseia na identificação da pluviosidade na cidade, bem como da demanda e das áreas de captação, definidas estatisticamente. As médias mensais da pluviosidade variam de 111 a 450 mm. O consumo é estimado entre 222 a 260 litros/pessoa/dia. As áreas de telhados considerados variam de 35 a 550 m². Os resultados demonstram que o atendimento com água da chuva poderia ocorrer no mínimo para 18% da população

Abstract. Despite the wealth of water resources in the Amazon region, the city of Belém is highly deficient in public water supply. Usage of rainwater has potential to be an alternative in the region. This study aims to define the potential for domestic use of rainwater in the city of Belém. The method is based on quantifying the rainfall and the water demand in the city, as well as identifying statistically defined catchment areas. The average monthly rainfall varies from 111 to 450 mm. Water consumption is estimated between 222 and 260 liters/person/day. The roof areas considered range from 35 to 550 m². The results demonstrate that at least 18% of the population (about 200.000 people) and at most 37% (about 420.000 people) could be supplied with rain water. Therefore, rainwater has

¹ Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, 1, 66075-110, Belém, PA, Brasil.

(cerca de 200 mil pessoas) e no máximo para cerca de 37% da população (cerca de 420 mil pessoas). A água da chuva tem potencial de sanar o déficit de abastecimento da cidade de Belém.

Palavras-chave: água de chuva, abastecimento, Belém, Amazônia.

the potential to remedy the shortage of supply of the city of Belém.

Key words: rainwater, water supply, Belém, Amazon.

Introdução

A Amazônia possui cerca de 12% de toda a água doce superficial do planeta (ANA, 2011). Ainda assim, o acesso à água potável é um sério problema na região. Em 2008, a região Norte possuía o maior percentual de municípios distribuindo água sem nenhum tratamento (21,2%). As piores situações são dos estados do Pará (40%) e do Amazonas (38,7%) (IBGE, 2008). A grande quantidade não garante a qualidade.

Nesse contexto, a cidade de Belém (PA) possui aquíferos granulares que se estendem até pelo menos 300 m de profundidade, com uma reserva reguladora estimada em $34,08 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ (CPRM, 2001), índices pluviométricos médios em torno de 2.800 mm/ano (INMET, 2011) e com cursos de água superficial com mais de 50 km² de espelhos d'água (Mendes, 2005).

Apesar de tanta exuberância hídrica, a cidade enfrenta problemas sérios em termos de abastecimento urbano. Possui 1.393.399 habitantes (IBGE, 2010) e dois sistemas públicos de abastecimento, e, ainda assim, em 2003, eram cerca de 160 mil pessoas sem acesso à água (Mendes 2005). A má gestão dos sistemas é notória (Mendes, 2005; Fernandes, 2005; Fenzl *et al.*, 2010; Mendes e Fenzl, 2011). Nesse contexto, é importante que fontes alternativas possam ser pensadas para uso complementar para viabilizar melhor o abastecimento de água da cidade. Assim, o objetivo deste trabalho é definir o potencial de aproveitamento doméstico da água da chuva na cidade de Belém.

A região semiárida do Brasil já faz uso, em larga escala, da água da chuva e tem equacionado sérios problemas de escassez de água que parte da população nordestina sofre. Nesse sentido, destaca-se o Programa Um Milhão de Cisternas, P1MC, capitaneado pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA). Já foram construídas cerca de 500 mil cisternas. São mais de 2 milhões de pessoas atendidas (ASA, 2012). Esta é a perspectiva deste trabalho: contribuir para o abastecimento com água da chuva.

Potencial de água da chuva para abastecimento na Amazônia

Os estudos sobre o potencial de uso da água da chuva na Amazônia visam a identificar, com segurança, os volumes disponíveis para atendimento às demandas. Na atualidade, há dois estudos que contribuem com tal objetivo: o trabalho de Lima *et al.* (2011) e de Souza *et al.* (2012).

Aplicando o método de Ghisi *et al.* (2006), Lima *et al.* (2011) estudaram a porção Ocidental da Amazônia, o que envolveu 40 cidades situadas nos estados do Amazonas, de Rondônia, do Acre e de Roraima. Na base dos estudos, está a necessidade de identificar a disponibilidade de e a demanda por água. Foram então usados os dados de precipitação, população atendida por serviço de abastecimento de água, consumo de água potável, população, número de domicílios e porcentagem de casas e apartamentos.

A disponibilidade hídrica é fundamental para o dimensionamento de qualquer sistema de água da chuva. Então, usam-se os dados de volumes e distribuição da precipitação ao longo do ano. Para a demanda, consideraram o número de pessoas atendidas pelo sistema de abastecimento. Nesse bojo, foram considerados o número de pessoas por domicílio e o número de domicílios abastecidos pelo serviço de água. A partir disso, é preciso identificar a área dos telhados, pois essa é a base para calcular a volume de chuvas possível de ser captada (Lima *et al.*, 2011). Assim, o potencial de economia de água potável das 40 cidades investigadas na Amazônia Ocidental pode ser definido pela equação 1:

$$PPWS = 100 \frac{VR}{PWE}, \quad (1)$$

em que PPWS é o potencial de economia de água potável em cada cidade (%); PWR é consumo de água potável mensal em cada cidade (m³/mês); e VR é o volume mensal de chuva

que poderia ser coletado em cada cidade ($\text{m}^3/\text{mês}$).

Os resultados são animadores: 95% das cidades investigadas possuem potencial de economia de água superior a 50% (Figura 1). Em outros termos, quase todas as cidades poderiam ter pelo menos a metade de seus domicílios abastecidos por água da chuva.

Esta abordagem expressa o enorme potencial, ainda negligenciado dos centros urbanos amazônicos em aproveitar a água da chuva como fonte de abastecimento ou ainda como sistema complementar para fins não potáveis como: em rega de jardim, lavagem de calçadas, descargas sanitárias, entre outros. Isso sem tratamento. Se houver tratamento que torne a água potável, os usos se ampliam em muito.

É importante entender que o aproveitamento da água da chuva também favorece a diminuição do assoreamento dos rios e igarapés, uma vez que parte importante das chuvas deixariam de chegar rapidamente aos corpos d' água. Assim, as ações em favor do aproveitamento da água da chuva para fins de abastecimento também são ações em favor da gestão ambiental das cidades (Veloso, 2012).

Outro estudo importante para a identificação da disponibilidade de água da chuva na Amazônia foi o realizado por Souza *et al.* (2012). Esses autores estabeleceram equações que ajudam a minimização dos erros em termos de definição das taxas pluviais para o estado do Pará. Para tanto, utilizaram séries históricas de dados pluviométricos de 74 cidades do Estado do Pará, inclusive Belém. Os ajustes matemáticos (equações de intensidade-duração-frequência) obtiveram coeficientes de

determinação acima de 0,99. As intensidades de precipitação estão entre 90 e 110 mm/h na maioria dos municípios para chuvas de 30 minutos e tempo de retorno de 15 anos.

Estes dados demonstram com mais segurança o enorme quantitativo pluvial disponível para o abastecimento com água da chuva nas cidades estudadas. É preciso que o modelo seja expandido para a região amazônica como um todo.

De posse do método estabelecido por Ghisi *et al.* (2006) da aplicação de Lima *et al.* (2011) e de Souza *et al.* (2012), está colocada uma nova condição de avanço sobre a definição de forma mais específica da possibilidade economicamente viável do uso da água da chuva no abastecimento de água na Amazônia.

Esses estudos demonstram o grande potencial de aproveitamento da água da chuva para abastecimento humano na região, podendo atender cerca de 10 milhões de pessoas.

Materiais e métodos

Para alcançar o objetivo proposto, este trabalho segue os mesmos princípios do método de Ghisi *et al.* (2006) aplicados por Lima *et al.* (2011): (a) definir a disponibilidade de água pluvial na cidade; (b) identificar a infraestrutura de captação nos domicílios; e (c) definir a demanda. No entanto, usa algumas especificidades, como mostrado a seguir.

Pluviosidade

A disponibilidade de água foi obtida através das medidas de pluviosidade da região

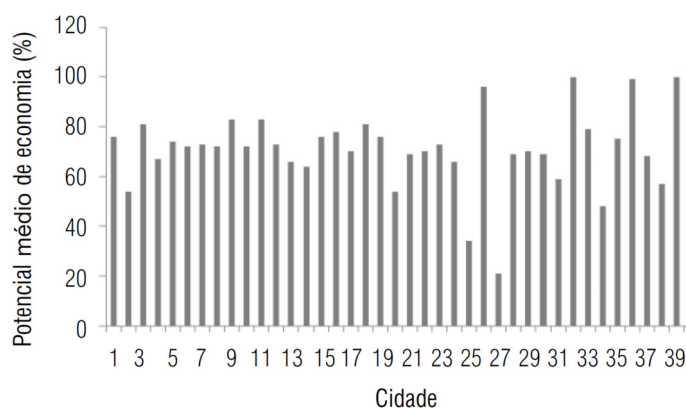


Figura 1. Potencial médio de economia de água da chuva de 40 cidades da Amazônia Ocidental.
Figure 1. Average potential of saving rainwater from 40 cities in the Western Amazon.

Fonte: Lima *et al.* (2011).

de Belém. Os dados são secundários, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2011). Com a medição diária dos índices pluviométricos, o INMET produz séries históricas para os meses do ano. Com essas séries históricas, são calculadas médias aritméticas para os meses do ano, denominadas “Normais Meteorológicas”. A credibilidade de uma normal meteorológica está diretamente relacionada com a faixa de tempo em que se produziu, ou seja, uma normal meteorológica é mais confiável quanto mais antiga é a sua respectiva série histórica. O INMET disponibiliza séries históricas a cada 30 anos. A Estação 2^o DISME do Instituto, correspondente à cidade de Belém, dispõe de dados no período de 1930 até a atualidade, o que a torna de altíssima credibilidade. Neste trabalho, foram utilizadas as normais meteorológicas de 1931 até 1960 e de 1961 até 1990 fornecidas por aquela instituição.

Captação

Uma vez obtidos os dados pluviométricos referentes à cidade de Belém, o passo seguinte é identificar a infraestrutura de captação domiciliar, ou seja, definir a área de telhado que representa as coberturas do município. Para isso, realizou-se um estudo estatístico no qual foi dividida a região urbana do município de Belém em áreas que correspondem aos bairros da cidade, segundo o Anuário Estatístico de Belém (Prefeitura Municipal de Belém, 2003). Assim, a amostragem foi estratificada, calculada segundo Levine *et al.* (2000).

De posse do número da amostra, foram medidas as dimensões de telhados em cada bairro, aleatoriamente, com a ajuda da ferramenta Google Earth. O método para essa medição consistiu em obter o maior equilíbrio possível entre ampliação e nitidez da imagem para obter, com a ferramenta de régua do *software*, as dimensões do telhado. Para identificar os erros de medida do Google Earth, em face de sua resolução limitada, foram realizadas 10 medições em edificações conhecidas *in loco*, cujos valores foram comparados com os obtidos no Google. O resultado foi um erro médio de 0,9989% para a maior dimensão, 1,0026% para a menor dimensão e 1,0013% para a área. Estes valores de erro foram considerados satisfatórios, o que indica que o uso dos dados do Google Earth são adequados ao método empregado.

Os dados coletados foram compilados em planilhas para cada bairro. Em cada grupo de

amostras correspondente a um bairro foi atribuído um código de referência e foram especificadas a maior dimensão, a menor dimensão e a área de cada um dos telhados. Em seguida, foi obtida a média dos valores correspondentes às áreas, bem como o desvio padrão. Após esse procedimento, foi confeccionado um mapa interativo com o uso de ferramenta de informações geográficas (GIS) que representa a área de estudo para definição da área de captação a ser adotada nas análises.

Demanda

A demanda pelo consumo de água é item essencial a ser analisado no presente estudo, uma vez que é o parâmetro a ser confrontado com a capacidade de captação de chuva pelos telhados estudados. Para o levantamento de dados sobre a demanda, foi realizada uma revisão bibliográfica aliada a pesquisas em instituições que respondem pelo fornecimento de água nas cidades. O objetivo foi determinar em média quanto se consome de água em um domicílio comum na cidade de Belém.

A revisão bibliográfica se deu a partir de interpretação de dados apresentados por estudos já realizados sobre análise de sistemas de abastecimento de água das grandes cidades, bem como os fatores que influenciam na qualidade da distribuição e os indicadores que podem ser observados. Também foram levadas em consideração publicações de instituições vinculadas ao governo brasileiro nas esferas federal, estadual e municipal.

A pesquisa realizada junto a instituições voltadas para as redes de abastecimento de água em Belém teve como foco quantificar o volume de água que é distribuído na cidade e relacionar esses dados com a população e o número de domicílios a fim de verificar, sem deixar de considerar vazamentos e falhas do sistema, quanto de água é consumida por habitante na cidade de Belém.

Resultados

Pluviosidade

Ao contrário do que se pode imaginar por tratar-se de uma região de floresta tropical, há períodos de estiagem na região amazônica e esses períodos são observados quando se desenvolve um sistema que depende da precipitação frequente ou, pelo menos, regular, que

significa que todos os anos, pelo menos 100 mm de precipitação estão disponíveis todos os meses. Na Figura 2, podem ser observadas as normais climatológicas de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990.

Consideradas as relações a seguir, é possível interpretar o que dizem os gráficos de normais climatológicas. A interpretação correta dos dados disponíveis é essencial para o sucesso das relações estabelecidas que visem ao aproveitamento da água da chuva.

$$1 \text{ mm de chuva} = 1 \text{ litro/m}^2 \quad (1)$$

$$\text{mm de chuva/dia} = \text{mm chuva mensal}/30 \text{ dias} \quad (2)$$

$$\text{disponibilidade de litros/dia} = \text{mm de chuva/dia} \times \text{área de captação} \quad (3)$$

De acordo com as normais registradas pelo INMET, existe uma quantidade mínima de precipitação ao longo do ano e o sistema de captação deve ser dimensionado observando-se a situação mais crítica e podendo também trabalhar em situações mais favoráveis. Considerada a relação que diz que um milímetro de chuva corresponde a um litro por cada metro quadrado de área, pode-se calcular que, em Belém, no mês de março, a disponibilidade de água de chuva é de 450 mm. No entanto, nossos cálculos devem ser pessimistas. Então, foi usada a menor média mensal, o valor de 250 mm (mês de maio), o que corresponde a 8,3 litros por cada metro quadrado em cada dia. Já em novembro, também em Belém, a disponibilidade cai para 100 mm, o que se traduz em 3,3 litros por cada metro quadrado de área de captação.

Captção

Belém possui oito distritos administrativos, porém, foram descartados para o estudo os distritos administrativos de Outeiro e de Mosqueiro por representar menos de 5% dos domicílios encontrados no município. Foram então analisados seis Distritos Administrativos da cidade:

- Distrito Administrativo de Belém (DABEL);
- Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA);
- Distrito Administrativo do Entroncamento (DAENT);
- Distrito Administrativo da Sacramenta (DASAC);
- Distrito Administrativo do Bengui (DABEN);
- Distrito Administrativo de Icoaraci (DAICO).

A amostra de 1064 foi obtida considerando a população de domicílios de 283.667 da cidade, excluindo os domicílios pertencentes aos distritos administrativos de Mosqueiro e Outeiro. Proporcionalmente, foi definido o número de amostras a serem analisadas em cada um dos distritos (Tabela 1). Na Figura 3, é representada a cidade de Belém com a sua área de estudo.

No momento em que a área de estudo foi definida, partiu-se para sua análise. Na Figura 4, está evidenciada, como exemplo, a área de estudo referente ao Distrito Administrativo da Sacramenta.

Na Tabela 2, como exemplo, é mostrada abaixo uma planilha com 15 amostras do

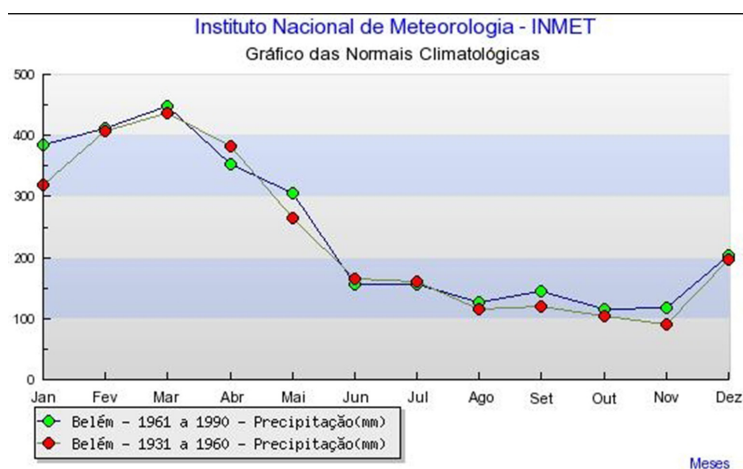


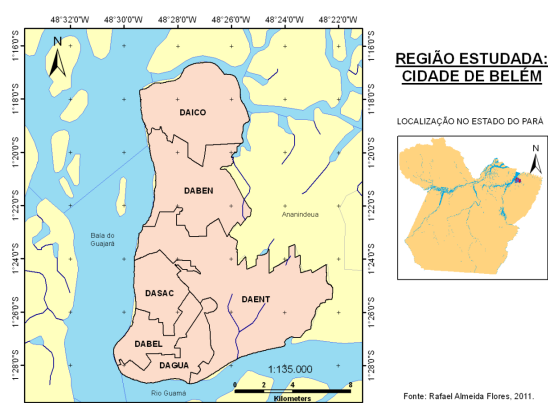
Figura 2. Normais climatológicas.

Figure 2. Climatological normals.

Fonte: INMET (2011).

Tabela 1. Número de amostras em cada Distrito Administrativo.**Table 1.** Number of samples in each Administrative District.

Distrito	Nº de domicílios	Nº de amostras
DAGUA	75.906	285
DABEL	36.606	137
DAENT	27.560	103
DASAC	55.690	209
DABEN	56.383	212
DAICO	31.522	113
Total	283.667	1.064

**Figura 3.** Mapa da área de estudo: 6 distritos administrativos de Belém, Pará.**Figure 3.** Study area map: 6 administrative districts of Belém, Pará State.**Figura 4.** Parte da área de estudo (DASAC).**Figure 4.** Study area component (DASAC).

Fonte: Google Earth (2011).

Distrito Administrativo do Guamá, que contém o maior número de domicílios da Cidade.

Ao serem analisadas as planilhas referentes aos 6 distritos administrativos, evidenciou-se a frequência com que cada área de telhado se apresenta na cidade de Belém. Após isso, foram confrontados os dados de áreas com as relações de potencial de captação de água de chuva.

Demanda

No mundo todo, o consumo doméstico perfaz uma média de aproximadamente 170 litros por pessoa, todos os dias. Esse consumo médio é baixo devido à dificuldade de acesso à água para uso doméstico nos países menos desenvolvidos (Clarke, 2005). Isso quer dizer que se a oferta fosse maior, por meio de condições sociais, econômicas e ambientais, o consumo per capita certamente também aumentaria.

Segundo Mendes (2005), o consumo deve ser analisado por grupos socioeconômicos que consideram o nível de escolaridade e a renda mensal, como mostra a Figura 5. A média do consumo diário per capita em Belém é de 158 litros por habitante, e os grupos socioeconômicos que mais consomem água chegam a um volume máximo de 222 litros por habitante diariamente.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), por meio de levantamento realizado junto à Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) e ao Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Belém (SAAEB), o município de Belém consome 164,5 e 122,2 litros de água por habitante por dia, respectivamente (SNIS, 2010). O Consumo médio de água per capita no Brasil é de 260 litros por habitante por dia (IBGE, 2010).

A caracterização de consumo para avaliar se a captação de água de chuva basta para suprir a necessidade dos habitantes de uma residência é necessária a fim de definir o propósito de um sistema de captação. O sistema, se não suprir completamente a demanda, ainda é útil como complemento para o sistema convencional de abastecimento das cidades. Dessa forma, os valores utilizados em nossa análise são os mais críticos, ou seja, os maiores, que exigem mais do sistema. Logo, os valores adotados para as interações com as áreas de captação são os levantados por Mendes (2005) e IBGE (2010).

Discussões

Segundo as normais meteorológicas obtidas no INMET e as Equações 1, 2 e 3, descritas

Tabela 2. Dimensões e áreas de telhados do Distrito Administrativo do Guamá.
Table 2. Roof dimensions and areas of the Guamá Administrative District.

Distrito Administrativo do Guamá – DAGUA					
Código	Latitude	Longitude	Maior Dim	Menor Dim	Área
DAGUA001	1°28'26.32"S	48°29'4.05"O	15,99	3,33	53,25
DAGUA002	1°28'21.97"S	48°29'4.06"O	18,36	4,53	83,17
DAGUA003	1°28'17.28"S	48°29'3.88"O	44,82	9,09	407,41
DAGUA004	1°28'12.94"S	48°29'4.56"O	12,84	5,74	73,70
DAGUA005	1°28'7.59"S	48°29'4.57"O	22,12	6,94	153,51
DAGUA006	1°28'0.67"S	48°29'3.86"O	20,37	5,16	105,11
DAGUA007	1°28'26.57"S	48°29'9.14"O	17,11	4,92	84,18
DAGUA008	1°28'21.71"S	48°29'9.09"O	10,77	3,97	42,76
DAGUA009	1°28'17.63"S	48°29'7.30"O	19,06	5,29	100,83
DAGUA010	1°28'13.19"S	48°29'8.42"O	14,07	4,32	60,78
DAGUA011	1°28'7.67"S	48°29'8.76"O	15,54	6,26	97,28
DAGUA012	1°28'31.58"S	48°29'12.34"O	8,09	4,76	38,51
DAGUA013	1°28'26.90"S	48°29'13.00"O	11,25	4,66	52,43
DAGUA014	1°28'22.22"S	48°29'12.59"O	22,61	4,57	103,33
DAGUA015	1°28'17.78"S	48°29'12.35"O	10,23	3,95	40,41

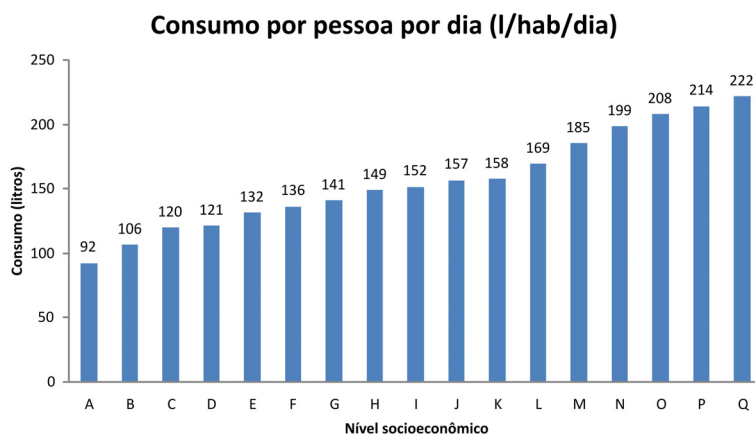


Figura 5. Consumo per capita por grupos socioeconômicos em Belém.

Figure 5. Per capita consumption by socioeconomic groups in Belém.

Fonte: Mendes (2005).

Notas: Fund: escolaridade com nível fundamental; Méd: escolaridade com nível médio; Sup: escolaridade com nível superior; SM: indica a renda familiar em salários mínimos. A (Fund - 1 a 2 SM); B (Sup - 2 a 3 SM); C (Méd - 1 a 2 SM); D (Méd 10 a 20 SM); E (Méd 3 a 5 SM); F (Fund 2 a 3 SM); G (Fund 5 a 10 SM); H (Méd 5 a 10 SM); I (Fund até 1 SM); J (Sup 3 a 5 SM); K (Sup 5 a 10 SM); L (Sup - 10 a 20 SM); M (Méd 2 a 3 SM); N (Méd até 1 SM); O (Fund 10 a 20 SM); P (Fund 3 a 5 SM); Q (Sup 1 a 2 SM).

neste texto, em Belém, no mês de março, a disponibilidade de água de chuva é máxima e de 450 mm, o que corresponde a 15 litros por cada metro quadrado em cada dia. Já em novembro, a disponibilidade é a menor do ano e cai para 3,3 litros por cada metro quadrado de área de captação.

Para este estudo, o ano foi dividido em dois períodos. O primeiro, que está entre janeiro e maio, é o mais chuvoso, com médias mensais mínimas de chuva de 250 mm e máximas de 450 mm. O segundo é o período menos chuvoso, que está compreendido entre junho e dezembro, e no qual as médias mensais mínimas chegam a 100 mm e as máximas a 200 mm. O estudo considera as piores condições de cada situação. Então, o índice pluviométrico a ser utilizado para estudar o abastecimento de água mediante captação de água de chuva durante o ano todo será o menor, ou seja, 100 mm. Também será avaliado o período mais chuvoso, sendo este estudado através da média mensal de 250 mm, que é a menor do período. As Tabelas 3 e 4 demonstram os resultados dessa interação. A formatação utilizada foi condicionada à demanda de uma família. Então, se considerada a demanda de 222 litros/habitante/dia, esse valor será multiplicado pelo número de integrantes de uma família. Logo, uma família de quatro integrantes demandará 888 litros de água por dia. Dessa maneira, se a demanda for atendida, a célula é acinzentada. Para a avaliação da área de captação, foi utilizada a menor área de cada intervalo para tentar simular a situação mais desfavorável possível. Logo, se considerarmos o intervalo de 25 a 35 m² de área de captação, o cálculo da oferta será feito com o valor de 25 m² de área. Com essas considerações, pretendeu-se simular as condições mais desfavoráveis, de modo a que qualquer outra situação que se encontre mais favorável que as analisadas atenderá a demanda familiar por água.

Com o estudo das faixas de áreas de telhados definido, é possível obter respostas de possibilidades de implantação de um sistema que capte e armazene a água proveniente da chuva. Dessa maneira, foram evidenciadas as condições nas quais é possível abastecer um determinado número de pessoas que tenham disponível uma determinada área para captação de água de chuva.

As condições de abastecimento durante o ano inteiro e durante o período mais chuvoso do ano são mostradas nas Tabelas 5 e 6 para as demandas diárias de 222 litros/habitante/dia e

260 litros/habitante/dia, respectivamente. Foi considerada a pior situação de pluviosidade e área de telhados para representar o ano inteiro, já que acima desses valores o abastecimento será garantido. Nas tabelas, é possível ver o número de telhados da amostra que atendem à demanda nas respectivas situações, a porcentagem que esse número representa sobre o total de amostras e o número de domicílios que são representados na cidade de Belém com essa porcentagem. Deve-se considerar que não são só domicílios que existem na cidade e, portanto, não é um resultado exato, já que telhados podem ser coberturas de escolas, fábricas, galpões e outros tipos de edificações que não tem finalidade residencial, ainda que possam e recomenda-se que possuam um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva.

Os dados mostram que o potencial de captação para a cidade de Belém é considerável, mas varia bastante ao longo do ano. De forma sintética, como mostra a Tabela 7, mesmo na situação mais desfavorável, 18% dos telhados pesquisados conseguiriam abastecer seus moradores. Seriam mais de 50 mil domicílios atendidos ou cerca de 200 mil pessoas. Em um contexto mais favorável, o nível de atendimento aumenta bastante, alcançando mais de 31% da amostra pesquisada. Seriam mais 105 mil domicílios atendidos ou cerca de 400 mil pessoas. Em termos quantitativos, isto eliminaria o déficit do abastecimento em Belém.

Conclusões

Apesar da riqueza hídrica da Amazônia, é significativo o déficit no abastecimento de água na cidade de Belém. Este trabalho demonstra que a água da chuva também pode ser uma alternativa para ampliar o atendimento.

Os métodos empregados atualmente para definir o potencial de aproveitamento de água da chuva em várias cidades amazônicas são pertinentes e este trabalho segue a mesma linha de cálculo, considerando a disponibilidade, a área de captação e a demanda.

Para a captação, considerou-se a variabilidade das áreas de telhados da cidade entre 35 até 550 m². As demandas foram estimadas entre 222 a 260 litros por pessoa por dia e a pluviosidade anual alcançando 2.880 mm, com médias mensais que variam entre 111 e 450 mm. Nesse contexto, estima-se que, em condições mais pessimistas, seriam atendidas cerca de 200 mil pessoas, ou 18% da população. Em perspectivas mais favoráveis, estima-se que

Tabela 3. Interação de dados com a demanda de 222 litros/habitante/dia.**Table 3.** Interaction data with the 222 liters/habitant/day demand.

Área de telhado (m ²)	Menor área do intervalo (m ²)	Quantidade de telhados	Jan. a maio (índice de pluviosidade: 250 – 450 mm, considerando 250 mm)								Jun. a dez. (índice de pluviosidade: 100 – 200 mm, considerando 100 mm)							
			Número de moradores no domicílio/Demanda familiar								Número de moradores no domicílio/Demanda Familiar							
			1	2	3	4	5	6	7	8 ou mais	1	2	3	4	5	6	7	8 ou mais
			222	444	666	888	1110	1332	1554	1776	222	444	666	888	1110	1332	1554	1776
20-25	20	3	167	167	167	167	167	167	167	167	67	67	67	67	67	67	67	67
>25-35	25	6	208	208	208	208	208	208	208	208	83	83	83	83	83	83	83	83
>35-45	35	25	292	292	292	292	292	292	292	292	117	117	117	117	117	117	117	117
>45-55	45	34	375	375	375	375	375	375	375	375	150	150	150	150	150	150	150	150
>55-65	55	62	458	458	458	458	458	458	458	458	183	183	183	183	183	183	183	183
>65-75	65	73	542	542	542	542	542	542	542	542	217	217	217	217	217	217	217	217
>75-85	75	83	625	625	625	625	625	625	625	625	250	250	250	250	250	250	250	250
>85-95	85	88	708	708	708	708	708	708	708	708	283	283	283	283	283	283	283	283
>95-105	95	104	792	792	792	792	792	792	792	792	317	317	317	317	317	317	317	317
>105-115	105	69	875	875	875	875	875	875	875	875	350	350	350	350	350	350	350	350
>115-125	115	74	958	958	958	958	958	958	958	958	383	383	383	383	383	383	383	383
>125-135	125	48	1042	1042	1042	1042	1042	1042	1042	1042	417	417	417	417	417	417	417	417
>135-145	135	57	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	450	450	450	450	450	450	450	450
>145-155	145	37	1208	1208	1208	1208	1208	1208	1208	1208	483	483	483	483	483	483	483	483
>155-165	155	36	1292	1292	1292	1292	1292	1292	1292	1292	517	517	517	517	517	517	517	517
>165-175	165	53	1375	1375	1375	1375	1375	1375	1375	1375	550	550	550	550	550	550	550	550
>175-185	175	26	1458	1458	1458	1458	1458	1458	1458	1458	583	583	583	583	583	583	583	583
>185-195	185	29	1542	1542	1542	1542	1542	1542	1542	1542	617	617	617	617	617	617	617	617
>195-205	195	19	1625	1625	1625	1625	1625	1625	1625	1625	650	650	650	650	650	650	650	650
>205-215	205	12	1708	1708	1708	1708	1708	1708	1708	1708	683	683	683	683	683	683	683	683
>215-225	215	18	1792	1792	1792	1792	1792	1792	1792	1792	717	717	717	717	717	717	717	717
>225-235	225	9	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	750	750	750	750	750	750	750	750
>235-245	235	14	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958	783	783	783	783	783	783	783	783
>245-255	245	10	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042	817	817	817	817	817	817	817	817
>255-265	255	6	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	850	850	850	850	850	850	850	850
>265-275	265	5	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	883	883	883	883	883	883	883	883
>275-285	275	4	2292	2292	2292	2292	2292	2292	2292	2292	917	917	917	917	917	917	917	917
>285-295	285	8	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	950	950	950	950	950	950	950	950
>295-305	295	5	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	983	983	983	983	983	983	983	983
>305-315	305	8	2542	2542	2542	2542	2542	2542	2542	2542	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
>315-325	315	3	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
>325-335	325	2	2708	2708	2708	2708	2708	2708	2708	2708	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083
>335-345	335	5	2792	2792	2792	2792	2792	2792	2792	2792	1117	1117	1117	1117	1117	1117	1117	1117
>345-400	345	8	2875	2875	2875	2875	2875	2875	2875	2875	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150
>400-550	400	10	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	1333	1333	1333	1333	1333	1333	1333	1333
>550	550	11	4583	4583	4583	4583	4583	4583	4583	4583	1833	1833	1833	1833	1833	1833	1833	1833

Tabela 4. Interação de dados com a demanda de 260 litros/habitante/dia.**Table 4.** Interaction data with the 260 liters/habitant/day.

Área de telhado (m²)	Menor área do intervalo (m²)	Quantidade de telhados	Jan. a maio (índice de pluviosidade: 250 - 450mm, considerando 250mm)								Jun. a dez. (índice de pluviosidade: 100 - 200, considerando 100mm)							
			Número de moradores no domicílio/Demanda Familiar								Número de moradores no domicílio/Demanda Familiar							
			1	2	3	4	5	6	7	8 ou mais	1	2	3	4	5	6	7	8 ou mais
			260	520	780	1040	1300	1560	1820	2080	260	520	780	1040	1300	1560	1820	2080
0-25	20	3	167	167	167	167	167	167	167	167	67	67	67	67	67	67	67	67
>25-35	25	6	208	208	208	208	208	208	208	208	83	83	83	83	83	83	83	83
>35-45	35	25	292	292	292	292	292	292	292	292	117	117	117	117	117	117	117	117
>45-55	45	34	375	375	375	375	375	375	375	375	150	150	150	150	150	150	150	150
>55-65	55	62	458	458	458	458	458	458	458	458	183	183	183	183	183	183	183	183
>65-75	65	73	542	542	542	542	542	542	542	542	217	217	217	217	217	217	217	217
>75-85	75	83	625	625	625	625	625	625	625	625	250	250	250	250	250	250	250	250
>85-95	85	88	708	708	708	708	708	708	708	708	283	283	283	283	283	283	283	283
>95-105	95	104	792	792	792	792	792	792	792	792	317	317	317	317	317	317	317	317
>105-115	105	69	875	875	875	875	875	875	875	875	350	350	350	350	350	350	350	350
>115-125	115	74	958	958	958	958	958	958	958	958	383	383	383	383	383	383	383	383
>125-135	125	48	1042	1042	1042	1042	1042	1042	1042	1042	417	417	417	417	417	417	417	417
>135-145	135	57	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	450	450	450	450	450	450	450	450
>145-155	145	37	1208	1208	1208	1208	1208	1208	1208	1208	483	483	483	483	483	483	483	483
>155-165	155	36	1292	1292	1292	1292	1292	1292	1292	1292	517	517	517	517	517	517	517	517
>165-175	165	53	1375	1375	1375	1375	1375	1375	1375	1375	550	550	550	550	550	550	550	550
>175-185	175	26	1458	1458	1458	1458	1458	1458	1458	1458	583	583	583	583	583	583	583	583
>185-195	185	29	1542	1542	1542	1542	1542	1542	1542	1542	617	617	617	617	617	617	617	617
>195-205	195	19	1625	1625	1625	1625	1625	1625	1625	1625	650	650	650	650	650	650	650	650
>205-215	205	12	1708	1708	1708	1708	1708	1708	1708	1708	683	683	683	683	683	683	683	683
>215-225	215	18	1792	1792	1792	1792	1792	1792	1792	1792	717	717	717	717	717	717	717	717
>225-235	225	9	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	750	750	750	750	750	750	750	750
>235-245	235	14	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958	783	783	783	783	783	783	783	783
>245-255	245	10	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042	817	817	817	817	817	817	817	817
>255-265	255	6	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	850	850	850	850	850	850	850	850
>265-275	265	5	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	883	883	883	883	883	883	883	883
>275-285	275	4	2292	2292	2292	2292	2292	2292	2292	2292	917	917	917	917	917	917	917	917
>285-295	285	8	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	950	950	950	950	950	950	950	950
>295-305	295	5	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	983	983	983	983	983	983	983	983
>305-315	305	8	2542	2542	2542	2542	2542	2542	2542	2542	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
>315-325	315	3	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
>325-335	325	2	2708	2708	2708	2708	2708	2708	2708	2708	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083
>335-345	335	5	2792	2792	2792	2792	2792	2792	2792	2792	1117	1117	1117	1117	1117	1117	1117	1117
>345-400	345	8	2875	2875	2875	2875	2875	2875	2875	2875	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150
>400-550	400	10	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	1333	1333	1333	1333	1333	1333	1333	1333
>550	550	11	4583	4583	4583	4583	4583	4583	4583	4583	1833	1833	1833	1833	1833	1833	1833	1833

Tabela 5. Condições para abastecimento com água de chuva na cidade de Belém com demanda de 222 litros/habitante/dia.

Table 5. Conditions for rainwater supply in the city of Belém with the 222 liters/habitant/day demand.

Número de Habitantes	Área de captação mínima para abastecimento durante o ano inteiro (m²)	Número de telhados da amostra que atendem	Área de captação mínima para abastecimento durante o ano inteiro (m²)	Número de telhados da amostra que atendem
	Todo o período do ano		Período chuvoso	
1	75,0	83	35,0	25
2	135,0	57	55,0	62
3	205,0	12	85,0	88
4	275,0	4	115,0	74
5	335,0	5	135,0	57
6	400,0	10	165,0	53
7	550,0	11	195,0	19
8 ou mais	550,0	11	215,0	18
Número de telhados que atendem à demanda		193		396
Porcentagem sobre o total de amostras		18,14%		37,22%
Número de domicílios em Belém		51.455		105.575

Tabela 6. Condições para abastecimento com água de chuva na cidade de Belém com demanda de 260 litros/habitante/dia.

Table 6. Conditions for rainwater supply in the city of Belém with the 260 liters/habitant/day demand.

Número de Habitantes	Área de captação mínima para abastecimento durante o ano inteiro (m²)	Número de telhados da amostra que atendem	Área de captação mínima para abastecimento durante o ano inteiro (m²)	Número de telhados da amostra que atendem
	Todo o período do ano		Período chuvoso	
1	85,00	88	35,00	25
2	165,00	53	65,00	73
3	235,00	14	95,00	104
4	315,00	3	125,00	48
5	400,00	10	165,00	53
6	550,00	11	195,00	19
7	550,00	11	225,00	9
8 ou mais	550,00	11	255,00	6
Número de telhados que atendem à demanda		201		337
Porcentagem sobre o total de amostras		18,89%		31,67%
Número de domicílios em Belém		53587		89.846

Tabela 7. Condições para abastecimento com água de chuva na cidade de Belém.**Table 7.** Conditions for rainwater supply in the city of Belém.

Período do ano	Demanda	
	260 l/hab/dia	222 l/hab/dia
Durante todo o ano	18,14% / 51.455 Domicílios	18,89% / 53.587 Domicílios
Período mais chuvoso	31,67% / 89.846 Domicílios	37,22% / 105.575 Domicílios

seriam atendidos mais de 37% da população, ou seja, mais de 400 mil pessoas. Isso demonstra claramente que o aproveitamento da água da chuva apresenta um enorme potencial e poderia suprir o déficit de abastecimento da cidade de Belém. E mesmo para usos não potáveis (descarga de vasos sanitários, regar jardins, etc.) já desoneraria o sistema público de abastecimento. Para usos potáveis, a água precisaria ser tratada, como previsto legalmente.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). 2010. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2011/AtlasBrasil-AbastecimentoUrbano-de-Agua-PanoramaNacionalv1.pdf>. Acesso em: 29/05/2012.
- ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). 2012. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/>. Acesso em: 10/08/2012.
- CLARKE, R.T. 2005. *O Atlas da Água*. São Paulo, Publifolha, 52 p.
- COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS (CPRM). 2001. *Projeto estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e suas adjacências*. Belém, CRPM, 78 p.
- FENZL, N.; MENDES, R.L.R.; FERNANDES, L.L. 2010. *A sustentabilidade do sistema de abastecimento de água: da captação ao consumo de água em Belém*. Belém, NUMA/UFPA, 140 p.
- FERNANDES, L.F. 2005. *A sustentabilidade do sistema de abastecimento de água em Belém*. Belém, PA. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará, 251 p.
- GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R.W. 2006. Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in Southern Brazil. *Building and Environment*, 41(2):204-210.
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.014>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. Censo Demográfico. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05/07/2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2008. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/07/2012.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2011. Dados de 2011. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php>. Acesso em: 12/08/2011.
- LEVINE, D.M.; BERENSON, M.L.; STEPHAN, D. 2000. *Estatística: Teoria e Aplicações*. Rio de Janeiro, LTC, 150 p.
- LIMA, J.A.; DAMBROS, M.V.R.; ANTONIO, M.A.P.M. de; JANSEN, J.G.; MARCHETTO, M. 2011. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 16(3):291-298.
- <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522011000300012>
- MENDES, R.L.R. 2005. *Indicadores de sustentabilidade do uso doméstico de água*. Belém, PA. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará, 227 p.
- MENDES, R.L.R.; FENZL, N. 2011. Indicator system for domestic water supply in Belém, Pará, Brazil. In: O. HENSEL; J.F. SELBACH; C. BILIBIO (orgs.), *Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil*. Jaguarão, Fundação Universidade Federal do Pampa/ UNIKASSEL/PGCult/UFMA, vol. 3, p. 953-973.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. 2003. *Indicadores da cidade de Belém*. Belém, Secretaria de Planejamento e Gestão, 90 p.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). 2010. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/Pagina-Carrega.php?EWRErterterTERTer=95>. Acesso em: 11/01/2012.
- SOUZA, R.O.R.M.; SCARAMUSSA, P.H.M.; AMARAL, M.A.C.M.; PEREIRA NETO, J.A.; PANTOJA, A.V.; SADECK, L.W.R. 2012. Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. *Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(9):999-1005.
- <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000900011>
- VELOSO, N.S.L. 2012. *Água da chuva e desenvolvimento local: o caso do abastecimento das ilhas de Belém*. Belém, PA. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, 158 p.

Submetido: 16/10/2012

Aceito: 19/03/2013