Potencial de aproveitamento de água pluvial em escolas estaduais de Uberlândia-MG

Rainwater utilization potential in state schools of Uberlândia-MG

Vanderlei de Oliveira Ferreira

Doutor em Geografia/UFMG

Professor da Universidade Federal de Uberlândia

vanderlei.ferreira@ufu.br

Pedro Gomes Junqueira Mendes

Bacharel em Geografia/UFU

pedrogomesjm@gmail.br

Resumo

O aproveitamento de água pluvial para consumo não potável é recorrente desde a antiguidade, sendo atualmente praticado em diversos países. No Brasil essa alternativa é muito adotada na região de clima semiárido. Por proporcionar uma diminuição na demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, trazendo consequentemente redução de custos com tratamento, além da redução de riscos de enchentes urbanas, a utilização de água pluvial tem se mostrado uma opção muito viável de conservação hídrica. O presente artigo demonstra resultados de pesquisa dedicada a aplicar metodologias de aproveitamento de água da chuva, explorando experiências mais significativas realizadas no Brasil, mencionando a legislação existente sobre o assunto e apresentando um levantamento do potencial de aproveitamento em escolas estaduais situadas na sede municipal de Uberlândia-MG. Através do levantamento das áreas impermeáveis, especialmente telhados, juntamente a um estudo de pluviosidade, foi possível avaliar o potencial de aproveitamento pluviométrico para cada escola.

Palavras-chave: Conservação de água; Aproveitamento pluviométrico; Escolas Estaduais; Educação ambiental.

Abstract

The rainwater utilization for non-potable consumption is recurrent since antiquity, currently being implemented in several countries. In Brazil, this alternative is much adopted in the semi-arid climate of the region. By providing a decrease in demand for water provided by sanitation companies, bringing consequently reducing costs with drinking water, in addition to reducing the risk of urban flooding, the use of rainwater has proven to be a very viable option for water conservation. This article demonstrates results of research devoted to study rainwater utilization methodologies, exploring the most significant experiments in Brazil, citing the existing legislation on the subject and presenting a survey of rainwater utilization potential in state schools located in the headquarters city of Uberlândia-MG. Through the survey of impervious areas, especially roofs, along with a study of rainfall, it was possible to evaluate the potential of rainfall utilization for each school.

Keywords: Water Conservation, Pluviometric utilization, State schools, Environmental education.

1. INTRODUÇÃO

É possível amenizar a vulnerabilidade associada aos eventos pluviométricos extremos por meio da adoção de técnicas de manejo e aproveitamento de água pluvial. Conforme Silveira (2015) a busca de usos alternativos da água como dessalinização, aproveitamento de águas pluviais, reposição de águas subterrâneas e o reuso, juntamente com uma eficiente gestão participativa nas bacias hidrográficas se inserem em um contexto de desenvolvimento sustentável, cuja proposta visa uma exploração dos recursos naturais menos nociva ao meio ambiente.

Segundo Gould e Nisse-Petersen (1999), citados pelo Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005), o armazenamento e utilização de água pluvial começou há cerca de 6.000 anos na China, com diversas evidências arqueológicas que comprovam que se utilizavam métodos diversificados para captação. Em Israel há ruínas de cisternas construídas para coleta de água da chuva datadas de meados de 2.000 a.C. Experiências de aproveitamento hídrico pluvial já ocorrem em algumas regiões do Brasil, a maioria delas com o propósito de minimizar dificuldades impostas pelo clima, especialmente no semiárido nordestino.

O aproveitamento da água pluvial tem uma função primordial nos tempos atuais, pois, em função da poluição dos corpos d'água, torna-se cada vez mais difícil encontrar água de boa qualidade para consumo humano, com o agravante que parte desta é desperdiçada por usos inadequados. A não disseminação de tal alternativa não se dá pela falta de capacidade técnica, mas sim pela falta de consciência ambiental ou desconhecimento de vantagens econômicas.

O presente texto busca demonstrar a importância do uso da água pluvial como instrumento não apenas de economia e de redução de problemas relacionados aos extremos pluviométricos, mas também como ferramenta de educação. Para isso, analisa a aplicabilidade da utilização de metodologias de aproveitamento em escolas estaduais situadas na área urbana de Uberlândia/MG.

Uberlândia é um município que passou por rápido crescimento populacional durante as últimas décadas, expandindo sobremaneira sua mancha urbana. A cidade sofre com frequentes problemas de enchentes e, ao mesmo tempo, convive com dificuldades de abastecimento em eventos de secas, a exemplo do ocorrido entre o final de 2014 e meados de 2015. Apesar disso, ainda não há nenhum tipo de orientação ou legislação voltada para o aproveitamento de água pluvial.

2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No meio rural a água pluvial pode ser uma valiosa ferramenta de atenuação de conflitos. No meio urbano pode diminuir gastos com água potável, assim como reduzir riscos associados aos eventos extremos. Jabur, Benetti e Siliprandi (2011) citam benefícios da utilização de água pluvial,

relacionando-os à gratuidade da água da chuva, tendo custo apenas com a implantação de projetos de captação; a conservação da água de melhor qualidade para fins nobres; e a disponibilização de uma reserva de água para casos emergenciais.

2.1. Experiências do aproveitamento de água pluvial

Palmier (2001) aponta dois tipos de dificuldades para ampliação e intensificação do uso de água pluvial no Brasil: as operacionais e as relacionadas à gestão. Segundo o autor, falta manutenção adequada dos sistemas de captação, resultando em abandono parcial ou total das iniciativas. Segundo a Organização dos Estados Americanos (1997), apud Palmier (2001), as maiores dificuldades enfrentadas no Caribe e na América do Sul estão relacionadas à falta de difusão de informações sobre técnicas aplicadas com sucesso; falta de conhecimento da existência e importância das mesmas nos vários níveis da administração pública e tomada de decisão; limitações econômicas; ausência de coordenação interinstitucional e multidisciplinar; ausência de legislação adequada; e incapacidade de avaliar de forma apropriada o impacto da introdução de tecnologias alternativas nas situações existentes.

Atualmente no Brasil há um movimento crescente para estabelecer medidas que estimulem a utilização da água de chuva em novas edificações (JABUR; BENETTI; SILIPRANDI, 2011). Parece haver tendência de aumento do número de experiências. Na região semiárida brasileira, por exemplo, a utilização de sistemas de coleta e aproveitamento de água da chuva já é muito popular (SOARES et al, 2000 *apud* MAY, 2004). Segundo May (2004) as condições físicas presentes em boa parte do semiárido brasileiro, principalmente as de pedologia e geologia, induzem a restrições de disponibilidade de água de aquíferos livres. Sendo assim, a coleta da água da chuva é uma das ações mais utilizadas em áreas de risco hídrico para consumo humano.

O Programa “Um Milhão de Cisternas” (P1MC) foi elaborado pela rede de organizações da sociedade civil denominada “Articulação Semiárido Brasileiro” (ASA) exatamente com o intuito de construir cisternas naquela região. O programa já beneficiou muitas famílias, com a construção de 586.883 cisternas (ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO, 2016). As cisternas ficam próximas às residências para facilitar a utilização das águas nos períodos de estiagem e foram projetadas para ser parcialmente enterradas e hermeticamente fechadas para evitar entrada de animais, insetos ou a perda excessiva por evaporação. A Figura 1 mostra dois tipos de técnicas para a elaboração desse tipo de cisterna. May (2004), discutindo os aspectos técnicos dessas estruturas, apresenta elementos importantes a serem considerados na escolha dos mesmos, com destaque para durabilidade, segurança e custo.

Figura 1 – modelos de cisternas de concreto com tela e arame e cisternas de placas de cimento pré-moldado, destinadas à captação de água pluvial

Fonte: Gnadlinger (2001) *apud* May (2004)

Na Figura 2 observa-se um sistema de aproveitamento de água de chuva proposto por Cecin, Zanella e Alves (2013) para ser aplicado em escolas, principalmente para utilização em banheiros. Os autores recomendam o tratamento da água dos telhados, mesmo que utilizada para fins não potáveis, devido aos resíduos biológicos de pássaros e gatos, principalmente. A economia de água calculada representou 56,89% com um reservatório de 15m³ e de 59,62% com um reservatório de 20m³, com custos de implantação de 58 mil e 62 mil respectivamente, com retorno do investimento em aproximadamente 5 anos.

Figura 2 - Croqui de sistema de tratamento e armazenamento de água pluvial em escolas

Fonte: CECIN; ZANELLA; ALVES (2013)

Scarpinella, Miranda, Kuwajima e Mauad (2013) apresentaram propostas de baixos custos para implantação do aproveitamento de águas pluviais no município de São Carlos, em complexos hospitalares. Com uma área de aproximadamente 24.000m² foi verificada viabilidade de armazenar cerca de 27.000m³ por ano, assumindo uma média de 1463 mm/ano de chuvas, o que segundo os autores resultaria em uma economia de R\$188.374,00/ano.

Silveira (2015) realizou um estudo das tecnologias de aproveitamento da água da chuva no município de Uberlândia-MG. O autor menciona a existência de algumas experiências isoladas na cidade e indica o “Projeto de Captação da Água da Chuva no Campus Santa Mônica” da Universidade Federal de Uberlândia como referência importante.

Na verdade, a maioria dos trabalhos, assim como a pesquisa aqui relatada, visa estudar a possibilidade de implantação de sistemas de aproveitamento, ou avaliam o quanto seria economizado, o que mostra que a questão ainda está em seu estágio inicial no Brasil. Os problemas relacionados à crise hídrica acabam sendo pouco acompanhado pela sociedade, especialmente devido a uma responsabilidade que é “terceirizada” para concessionárias que fazem a gestão da água de abastecimento público, o que leva muitos a não se preocupar com a origem nem com o fim dos problemas, desde que continue tendo água para utilizar.

2.2. Legislação pertinente ao uso de água pluvial

A falta de conhecimento em relação às tecnologias de utilização de água pluvial ou até mesmo a falta de costume em relação a elas acabam sendo os principais fatores responsáveis pela não adesão a tal alternativa. Um ponto de saída para esse entrave se encontra na capacidade legislativa do Estado. A esse respeito, Oliveira (2008) fez um levantamento sobre a legislação pertinente à utilização de água pluvial. O autor analisou a Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007, do Estado de São Paulo, que estabelece normas para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais, com destaque para a obrigatoriedade da implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva em lotes edificados ou não com uma área impermeável superior a 500m². A mesma lei estipula uma equação para o dimensionamento do reservatório para acumulação de água: $V = 0,15 \times AI \times IP \times t$, onde: V = volume do reservatório (m³), AI = área impermeabilizada (m²), IP = índice pluviométrico, t = tempo de duração da chuva.

O Decreto nº 24,643, de 10 de julho de 1934, que criou o Código das Águas, também é citado por Oliveira (2008). No Título V, Águas Pluviais, no artigo 103, consta que as águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, exceto na existência de direito em contrário. Também menciona a Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentando o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal, não modificando o artigo 103 do Código das Águas.

Curitiba/PR foi uma das cidades pioneiras no movimento de implantação de sistemas de captação pluvial em novas edificações com a formulação do Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA), através da Lei Nº 10.785/2003 (JABUR, BENETTI e

SILIPRANDI, 2011). Em São Paulo/SP a Lei nº 14.018, de 28 de junho de 2005, institui o Programa Municipal de Conservação e uso Racional da Água em Edificações, que tem o propósito de instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fonte alternativa para a captação de água e reuso em novas edificações.

A lei federal nº 11.445, de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes para o saneamento básico, indiretamente estabelece alguns critérios para o manejo de água pluvial (VELOSO e MENDES, 2013). Tal lei também aborda sobre a cobrança de tarifas em relação à prestação de serviço público de drenagem e manejo de água da chuva. No Brasil, em áreas urbanas, os primeiros 10m³ de água fornecida pelo serviço público é subsidiado, reduzindo muito o custo para o consumidor e assim tirando a necessidade de meios alternativos de uso de água, no caso o uso de água da chuva (OLIVEIRA, 2008).

2.3. A qualidade da água pluvial

Vários fatores influenciam a qualidade da água pluvial, dentre eles o meio em que a chuva ocorre, a superfície de coleta da água e a condição do tanque de armazenamento. A condição atmosférica interfere na acidez da chuva, podendo alterar sua composição química e formar as chuvas ácidas em locais muito poluídos. As áreas de coleta de água podem ter a presença de poeira, folhas e restos biológicos de animais, como pássaros e outros animais de pequeno porte.

Oliveira (2008) destaca o cuidado com os reservatórios e orienta evitar a entrada de luz devido ao possível crescimento de algas e também a necessidade da tampa do reservatório ser hermeticamente fechada, a fim de evitar a proliferação de seres vivos como mosquitos, além de evitar a contaminação da água. Também destaca a necessidade de ter grades na saída do extravasor (ladrão), a fim de evitar a entrada de animais de pequeno porte no reservatório.

O “The Texas Manual on Rainwater Harvesting” (2005) orienta que a água da chuva, apesar de ser afetada pelos fatores já citados, com um tratamento mínimo e cuidado adequado do sistema pode ser usada como água potável até mesmo para irrigação. Informa também que donos de sistemas de utilização de água pluvial que abastecem necessidades domésticas são responsáveis por uma rotina de manutenção.

Segundo a norma ABNT NBR 15.527, que trata sobre a água da chuva e seu aproveitamento em coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis, os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista do sistema de aproveitamento, seguindo os limites e características previstos no Quadro 1.

É notável a rigidez das análises necessárias para o acompanhamento do sistema de aproveitamento de água pluvial. Oliveira (2008) aponta que em escolas a limpeza e desinfecção dos

reservatórios devem ocorrer semestralmente. Deve-se atender à norma ABNT NBR 15.527/2007, a fim de evitar que a água pluvial acarrete riscos de saúde para os professores e alunos.

Quadro 1 - parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100ml
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	Mensal	<2,0 uT ^b , para usos menos restritivos <5,0 uT
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
Cor aparente ^c	Mensal	<15 uH ^d

^a no caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção
^b unidade de turbidez
^c caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização
^duH= unidade de Hazen
 NOTA: podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

Fonte: ABNT NBR 15.527/2007

2.4. Dimensionamento de calhas e reservatórios para água pluvial

May (2004) aponta que um dos grandes problemas encontrados para a implantação do sistema de coleta e aproveitamento de água da chuva é determinar o volume do reservatório de acumulação. Afirma que o dimensionamento de calhas e condutores também se enquadra nessa situação. A estrutura para condução da água até os reservatórios tem que suportar a capacidade de água que é passível de ser acumulada em uma determinada chuva.

Seguindo a NBR 10.844/1989, que dispõe orientações sobre instalações prediais de águas pluviais, o dimensionamento das calhas em telhados pode ser definido através da seguinte equação:

$$Q = I \times A$$

60

Onde:

Q = Vazão de projeto, em litros/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

Na NBR 10.844/1989 são apresentadas outras fórmulas para dimensionar calhas. Oliveira (2008) ressalta que nesta norma é explicitado que quando uma calha é muito comprida há o perigo de entupimento, sendo assim recomendada a divisão da calha em diferentes condutores verticais.

2.5. Metodologia para cálculo de potencial anual de captação de água pluvial

Scarpinella, Miranda, Kuwajima e Mauad (2013), em estudo de viabilidade de implementação de um sistema de utilização de água pluvial em complexos hospitalares, apresentaram uma metodologia para cálculo do potencial de aproveitamento que leva em consideração um percentual de perdas que pode ocorrer no processo de captação, a partir da equação:

$$V_p = P_m \times A_c \times C$$

Onde:

V_p = volume de água pluvial captado por ano (m^3);

P_m = precipitação média anual da região (mm);

A_c = área de captação (m^2);

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

Os referidos autores destacam que o coeficiente de escoamento superficial não é um fator constante, mas sim uma variável que depende da intensidade e frequência da chuva, condições físicas da área de captação, topografia, comprimento de área de captação, entre outros. Existem autores que adotam valores próximos a 1 (valor máximo deste coeficiente).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Estudo da pluviosidade

O primeiro passo para a análise da viabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial diz respeito à análise da variabilidade pluviométrica. Baseado na variação e na intensidade das chuvas é definido qual o dimensionamento ideal dos componentes do sistema.

Uberlândia/MG localiza-se na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e apresenta um regime pluviométrico típico do bioma Cerrado, caracterizado pela sazonalidade pluviométrica. A estação chuvosa ocorre de outubro a março e a estação seca de abril a setembro (SANTOS e FERREIRA, 2016). A figura 3 apresenta a média das alturas pluviométricas mensais de Uberlândia, demonstrando tal sazonalidade.

Figura 3 - gráfico da média das alturas pluviométricas mensais no município de Uberlândia entre 1981 e 2015

Fonte dos dados: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos - Instituto de Geografia/UFU

A estação chuvosa contribui com 85,6% das chuvas em Uberlândia, enquanto a estação seca contribui com somente 14,4% do total precipitado anualmente. A consideração desta sazonalidade é fundamental quando se pensa em aproveitamento de água pluvial, uma vez que haverá meses em que o aproveitamento é potencializado, e em outros ele é quase nulo. A figura 4 apresenta as alturas pluviométricas médias mensais de Uberlândia, juntamente com o desvio padrão, considerando o período de 1981 a 2015.

Média das Alturas pluviométricas mensais e desvio padrão no Município		
	Média aritmética	Desvio Padrão
Jan	293	125,2
Fev	197,1	82,8
Mar	213	101,4
Abr	93,4	54,0
Mai	39,9	32,4
Jun	16	23,7
Jul	10,5	18,6
Ago	12	19,3
Set	49,2	36,2
Out	110	57,2
Nov	206	76,8
Dez	311,2	84,8

Figura 4 – gráfico das médias das alturas pluviométricas mensais e desvio padrão em Uberlândia entre 1981 e 2015

Fonte dos dados: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos - Instituto de Geografia/UFU

Analisar a variabilidade pluviométrica interanual também é importante, permitindo considerar variações do regime pluvial dentro de um intervalo temporal maior. Na figura 5 é exposta a variação pluviométrica dos totais anuais entre 1981 e 2015. Foram traçadas linhas que demarcam o total anual somado (P+DV) e subtraído (P-DV) ao desvio padrão.

Figura 5 - gráfico das alturas pluviométricas anuais de Uberlândia entre 1981 e 2015

Fonte dos dados: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos - Instituto de Geografia/UFU

O ano mais seco do período foi 1990, com um total de 1000 mm. O ano mais chuvoso foi 1982, com 2207 mm de precipitação. Apesar da presença de uma estação seca que abrange aproximadamente 6 meses, o município de Uberlândia apresenta pluviosidade total considerável para se pensar na utilização de sistemas de aproveitamento de água da chuva. Mesmo diante da possível subutilização durante os meses secos, ainda existe um elevado potencial de economia hídrica.

3.2. Estudo da potencialidade de captação

3.2.1. Localização e distribuição espacial das escolas

Foram selecionadas instituições estaduais de ensino fundamental e médio, optando-se por aquelas com maior número de estudantes. São onze escolas distribuídas na área urbana, conforme demonstrado no mapa da figura 6. Cada escola foi identificada com um número definido por ordem alfabética (quadro 2).

Para cada escola analisada foi elaborado um mapa onde consta a área total, bem como a área passível de utilização para a captação de água pluvial. Foram utilizadas imagens do Google Earth e o programa ArcGIS 10.2 para manipulação dos dados, georreferenciamento e elaboração dos mapas. O ArcGIS possui funções para cálculo de área, não havendo necessidade de visitação das escolas.

Figura 6 - mapa de localização das escolas estaduais adotadas para cálculo de potencial de aproveitamento de água pluvial

Número de Ordem	Escola Estadual
1	Amador Naves
2	Antônio Thomaz Ferreira de Rezende
3	Frei Egídio Parisi
4	Jardim Ipanema
5	Jerônimo Arantes
6	João Rezende
7	Lourdes de Carvalho
8	Maria Conceição Barbosa de Souza
9	Professor Inácio Castilho
10	Teotônio Vilela
11	Tubal Vilela da Silva

Quadro 2 - número de ordem das escolas estaduais adotadas para cálculo de potencial de aproveitamento de água pluvial

3.2.2. Determinação das áreas de captação pluvial

Foram consideradas áreas passíveis de aproveitamento de água pluvial as superfícies de telhados, uma vez que a pesquisa é voltada especificamente para captações em edificações. Escolas que possuíam quadras cobertas tiveram essa área também incluída nos cálculos. A figura 7 apresenta, como exemplo, um dentre os mapas das escolas estaduais, incluindo os dados sobre área total e área de telhados aproveitáveis para captação.

Figura 7 - exemplo de mapa das escolas estaduais, incluindo dados sobre área total e área de telhados aproveitáveis para captação de água pluvial

O processo de implantação dos sistemas de captação teria que ser adaptado para cada escola. Por exemplo, se a escola tiver pouca área livre haverá dificuldades para definição do local de instalação dos equipamentos. Por outro lado, se a escola tiver área grande ou possuir áreas

edificadas muito distantes seria necessário definir a localização dos reservatórios de forma a evitar excesso de encanações entre os mesmos.

Cálculo do potencial de aproveitamento

Existem várias metodologias para cálculo de potencial de aproveitamento hídrico pluvial. Optou-se por utilizar o método adotado por Scarpinella, Miranda, Kuwajima e Mauad (2013) em avaliações de aproveitamentos em complexos hospitalares. O cálculo foi feito através dos dados de precipitação de 1981 a 2015, considerando a média dos totais anuais (P), média somada ao desvio padrão (P+DV) e média subtraída ao desvio padrão (P-DV), na tentativa de consideração da variabilidade pluviométrica. O período de meses de seca foi definido como sendo de Abril a Setembro. O potencial de aproveitamento médio anual aparece no quadro 3 e figura 8. Os resultados são, obviamente, proporcionais à área de cada escola.

Quadro 3 - potencial de aproveitamento pluviométrico anual médio de água pluvial das escolas

Nº Ordem	P (m³)	P + DV(m³)	P – DV(m³)
1	1.616,1	1.726,3	1.506,0
2	2.956,9	3.158,5	2.755,3
3	3.393,3	3.624,6	3.161,9
4	2.815,4	3.007,3	2.623,5
5	2.218,3	2.369,5	2.067,1
6	2.501,0	2.671,5	2.330,5
7	2.300,8	2.457,6	2.143,9
8	1.422,0	1.518,9	1.325,0
9	2.191,8	2.341,2	2.042,3
10	3.349,2	3.577,5	3.120,9
11	1.542,1	1.647,3	1.437,0
TOTAL	26.306,6	28.099,9	24.513,3

Figura 8 - gráfico do potencial de aproveitamento pluviométrico anual médio de água pluvial das escolas

O conjunto de gráficos inseridos na figura 9 apresenta o potencial de aproveitamento pluvial mensal de cada escola. A média de precipitação subtraída do desvio padrão (P-DV) gerou resultados negativos para o período de seca. Assim considerou-se que para tais meses o potencial é nulo.

Escola 1

Escola 2

Escola 3

Escola 4

Escola 5

Escola 6

Escola 7

Escola 8

Continua...

Continuação...

Figura 9 - conjunto de gráficos referentes ao potencial de aproveitamento pluvial mensal das escolas

O potencial de aproveitamento para cada escola foi calculado para cada ano da série histórica (1981-2015), em m^3 , adotando o método Azevedo Neto. A apresentação desses dados tem o objetivo de gerar um entendimento mais detalhado acerca das condições de aproveitamento pluviométrico ao longo da série histórica (tabela 1).

Percebe-se que a quantidade de água que poderá ser captada varia substancialmente no tempo e entre as unidades escolares. Isso ocorre porque o potencial de aproveitamento depende das alturas pluviométricas e das áreas de captação disponíveis. É preciso levar tudo isso em conta para evitar a implantação de projetos inadequados, sub ou superdimensionados. A vantagem é que as escolas têm abastecimento assegurado pelo atendimento domiciliar e a água pluvial não seria a única fonte de água disponível.

Anos	Nº de Ordem das Escolas Estaduais										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1981	1.566,6	2.866,3	3.289,3	2.729,1	2.150,3	2.424,3	2.230,3	1.378,4	2.124,6	3.246,5	1.494,9
1982	2.299,6	4.207,3	4.828,3	4.006,1	3.156,4	3.558,6	3.273,7	2.023,3	3.118,6	4.765,5	2.194,3
1983	2.045,2	3.742,0	4.294,3	3.563,0	2.807,3	3.165,0	2.911,7	1.799,5	2.773,7	4.238,5	1.951,6
1984	1.331,5	2.436,2	2.795,8	2.319,7	1.827,7	2.060,6	1.895,6	1.171,6	1.805,8	2.759,4	1.270,6
1985	1.638,6	2.998,0	3.440,4	2.854,6	2.249,1	2.535,7	2.332,7	1.441,7	2.222,2	3.395,7	1.563,6
1986	1.620,3	2.964,4	3.401,9	2.822,6	2.223,9	2.507,4	2.306,6	1.425,6	2.197,4	3.357,7	1.546,1
1987	1.539,1	2.815,9	3.231,5	2.681,2	2.112,5	2.381,8	2.191,1	1.354,2	2.087,3	3.189,5	1.468,6
1988	1.578,0	2.887,1	3.313,1	2.748,9	2.165,9	2.441,9	2.246,4	1.388,4	2.140,0	3.270,1	1.505,7
1989	1.465,4	2.681,2	3.076,9	2.552,9	2.011,4	2.267,8	2.086,2	1.289,4	1.987,4	3.036,9	1.398,3
1990	1.055,0	1.930,3	2.215,2	1.837,9	1.448,1	1.632,7	1.502,0	928,3	1.430,8	2.186,4	1.006,7
1991	1.856,7	3.397,0	3.898,3	3.234,5	2.548,4	2.873,2	2.643,2	1.633,6	2.518,0	3.847,6	1.771,7
1992	2.052,0	3.754,4	4.308,5	3.574,8	2.816,6	3.175,5	2.921,3	1.805,5	2.782,9	4.252,5	1.958,1
1993	1.710,8	3.130,1	3.592,0	2.980,4	2.348,2	2.647,5	2.435,5	1.505,3	2.320,1	3.545,4	1.632,5
1994	1.689,3	3.090,8	3.547,0	2.943,0	2.318,8	2.614,3	2.405,0	1.486,4	2.291,0	3.500,9	1.612,0
1995	1.731,7	3.168,4	3.636,0	3.016,8	2.377,0	2.679,9	2.465,4	1.523,7	2.348,5	3.588,8	1.652,5
1996	1.504,2	2.752,1	3.158,2	2.620,4	2.064,6	2.327,7	2.141,4	1.323,5	2.039,9	3.117,2	1.435,3
1997	1.890,2	3.458,4	3.968,7	3.292,9	2.594,5	2.925,1	2.691,0	1.663,1	2.563,5	3.917,2	1.803,7
1998	1.368,7	2.504,3	2.873,9	2.384,5	1.878,7	2.118,1	1.948,6	1.204,3	1.856,3	2.836,5	1.306,1
1999	1.337,8	2.447,7	2.808,9	2.330,6	1.836,2	2.070,3	1.904,5	1.177,1	1.814,3	2.772,4	1.276,6
2000	1.905,3	3.486,0	4.000,5	3.319,2	2.615,2	2.948,5	2.712,5	1.676,4	2.584,0	3.948,5	1.818,1
2001	1.488,5	2.723,3	3.125,2	2.593,0	2.043,0	2.303,4	2.119,0	1.309,6	2.018,6	3.084,6	1.420,3
2002	1.547,3	2.831,0	3.248,8	2.695,6	2.123,8	2.394,5	2.202,8	1.361,4	2.098,4	3.206,6	1.476,5
2003	1.715,5	3.138,7	3.601,9	2.988,5	2.354,7	2.654,7	2.442,2	1.509,4	2.326,5	3.555,1	1.637,0
2004	1.620,6	2.965,0	3.402,6	2.823,2	2.224,4	2.507,8	2.307,1	1.425,9	2.197,8	3.358,4	1.546,4
2005	1.514,2	2.770,4	3.179,2	2.637,8	2.078,4	2.343,2	2.155,6	1.332,3	2.053,5	3.137,9	1.444,9
2006	1.942,4	3.553,9	4.078,3	3.383,8	2.666,1	3.005,9	2.765,3	1.709,1	2.634,3	4.025,3	1.853,5
2007	1.595,8	2.919,7	3.350,5	2.780,0	2.190,3	2.469,5	2.271,8	1.404,1	2.164,2	3.307,0	1.522,7
2008	1.772,7	3.243,3	3.722,0	3.088,2	2.433,2	2.743,3	2.523,6	1.559,7	2.404,1	3.673,6	1.691,5
2009	1.446,8	2.647,1	3.037,7	2.520,4	1.985,8	2.238,9	2.059,7	1.273,0	1.962,1	2.998,2	1.380,5
2010	1.310,9	2.398,5	2.752,4	2.283,7	1.799,4	2.028,7	1.866,3	1.153,4	1.777,8	2.716,7	1.250,9
2011	1.512,1	2.766,6	3.174,9	2.634,2	2.075,5	2.340,0	2.152,7	1.330,4	2.050,7	3.133,6	1.442,9
2012	1.495,3	2.735,9	3.139,6	2.605,0	2.052,5	2.314,0	2.128,8	1.315,7	2.027,9	3.098,8	1.426,9
2013	1.659,9	3.036,9	3.485,1	2.891,6	2.278,3	2.568,6	2.363,0	1.460,4	2.251,1	3.439,8	1.583,9
2014	1.231,1	2.252,5	2.584,9	2.144,7	1.689,8	1.905,2	1.752,6	1.083,2	1.669,6	2.551,3	1.174,7
2015	1.522,1	2.784,9	3.195,9	2.651,6	2.089,2	2.355,5	2.166,9	1.339,2	2.064,3	3.154,3	1.452,4

Tabela 1 - potencial de aproveitamento anual para cada escola, em m³, considerando dados de chuvas do período 1981-2015

4. CONCLUSÕES

Os recursos hídricos são abundantes no Brasil, porém não são distribuídos homogeneamente no território. Nos próximos anos as demandas urbana e rural tendem a aumentar. Quanto maior a escassez, mais grave tende ser as situações de conflitos. O excesso de água também pode se mostrar desvantajoso, podendo gerar enchentes e inundações, em grande parte devido à própria intervenção humana, que acaba intensificando os processos da natureza.

A disponibilidade de água, tanto em quantidade quanto em qualidade, influencia a variedade e a necessidade de projetos sustentáveis em cada região do país. O aproveitamento de água da chuva diminui o uso de água potável e pode melhorar a qualidade de vida tanto em momentos de escassez hídrica, quanto para diminuir a intensidade e a possibilidade da ocorrência de enchentes

urbanas, uma vez que a água da chuva que escoaria dos telhados para as vias urbanas seria armazenada e aproveitada.

Iniciativas que envolvem a utilização de metodologias e tecnologias alternativas para obtenção e utilização de água são fundamentais para se criar uma cultura de economia e conservação. É possível aproveitar diversas vantagens, tais como economia da água potável para fins mais nobres e reserva hídrica para uso em cenários emergenciais.

No Brasil o uso de água da chuva não é muito difundido, principalmente na população urbana. Esse é o caso de Uberlândia, onde há pouco uso de água da chuva, com poucos estudos completos que abordem desde a potencialidade pluviométrica até a viabilidade econômica de implantação. A baixa popularidade de tais sistemas acaba encarecendo a aquisição desse tipo de tecnologia, uma vez que são poucos os profissionais qualificados que oferecem serviços para a implantação adequada.

O estudo apresentado neste artigo procurou mostrar a viabilidade da utilização de um sistema de aproveitamento hídrico em escolas estaduais de Uberlândia/MG. Conforme May (2004), a viabilidade depende principalmente de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda. Foram considerados, na presente situação, os dois primeiros fatores e, mesmo sem ter a noção quantitativa da demanda que cada escola possui, não é arriscado afirmar que ela não é significativa e permanente.

Ao aplicar o método Azevedo Neto para dimensionar os possíveis reservatórios, constata-se que eles teriam que ter capacidade de comportar aproximadamente 1/3 do potencial pluviométrico aqui demonstrado. Percebe-se, com base nos resultados expostos, que as escolas estudadas possuem potencial de aproveitamento relativamente alto. Além disso, atrelar tecnologias de uso de água sustentável a instituições de ensino incentivaria a utilização das mesmas na população. Seria possível estabelecer uma situação empírica junto aos estudantes. A escola demonstraria e irradiaria essas tecnologias e metodologias, argumentando sobre a economia que é possível atingir.

REFERÊNCIAS

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO. **Articulação no Semiárido Brasileiro**. Disponível em <<http://www.asabrasil.org.br/>>, acessado em 13 de junho de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água da chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934 – **Decreta o código das águas**.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 – **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CAMPUS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

CECIN, J. A.; ZANELLA, L.; ALVES, W. C. Adoção de fontes alternativas para conservação de água no meio urbano: aproveitamento direto de precipitação de água de chuva em edifícios escolares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, Bento Gonçalves, 2013.

JABUR, A. S.; BENETTI H. P.; SILIPRANDI, E. M. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis. In: **Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 7**. Rio de Janeiro, 2011.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, N. N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos**. Universidade de Guarulhos. Guarulhos, 2008.

PALMIER, L. R. A necessidade das bacias experimentais para a avaliação da eficiência de técnicas alternativas de captação de água na região semi-árida do Brasil. In: **Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 3**. Campina Grande, 2001.

SANTOS, J. G.; FERREIRA, V. O. A variabilidade pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **Geotextos (Online)**, v. 12, p. 233, 2016.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007 – **Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais**.

SCARPINELLA, G.D'A.; MIRANDA, R.B. de; KUWAJIMA, J.I.; MAUAD, F.F. Aproveitamento de águas pluviais em complexos hospitalares: proposta de análise de baixo custo para o município de São Carlos (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, Bento Gonçalves, 2013.

SILVEIRA, O. F. **O uso inteligente da água da chuva**: encaminhamentos para implantação de um programa de aproveitamento em Uberlândia/MG. Trabalho Final de Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2015.

TEXAS (State). **Texas manual on Rainwater harvesting**. 3th ed. Austin: 2005.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. 2ª ed. São Paulo: Navegar. 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água**. São Paulo: Navegar. 2001.

VELOSO, N. da. S.; MENDES, R. L. R. Aspectos legais do uso da água da chuva no Brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos hídricos**, 20. Bento Gonçalves, 2013.

Trabalho enviado em 18/11/2016

Trabalho aceito em 14/02/2017