

## UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UMA ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR A CRISE HÍDRICA – ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Ana Cláudia Araújo Fernandes\*, Micheline Damião Dias Moreira, André Luis Calado Araújo

\* Mestranda em Uso Sustentável de Recursos Naturais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. E-mail: anaclaudia\_af@hotmail.com

### RESUMO

O cenário da crise hídrica está presente em diversos países, inclusive no Brasil. A crise é intensificada em virtude da considerável dependência da água para a geração de energia elétrica, além da poluição dos mananciais e do crescimento populacional. Nesse sentido, soluções sustentáveis devem ser estudadas e postas em prática de forma a contribuir para a preservação da água potável, valioso recurso ambiental. O aproveitamento da água de chuva é uma alternativa capaz de minimizar o consumo de água potável proveniente da concessionária e, conseqüentemente, o custo. O presente trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais para a irrigação do campo de futebol do Campus Natal Central do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN. Foi elaborado o projeto legal e, com base nele, analisadas as eficiências, relacionadas ao período de abastecimento anual suprido pelas águas pluviais, bem como, os custos de implantação para o sistema com reservatórios de 50,00 m<sup>3</sup>, 200,00 m<sup>3</sup> e 378,00 m<sup>3</sup>. Com base nisso, calculou-se o pay back, período de retorno do investimento. Os estudos mostraram que a reserva de 50,00 m<sup>3</sup> é a mais viável tanto econômica quanto construtivamente, visto que o pay back é rápido e o reservatório é capaz de suprir a demanda por 8 (oito) meses durante o ano. Dessa forma, a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva para a irrigação no IFRN se mostra favorável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas pluviais, Reservatório, Projeto de águas pluviais. Viabilidade.

### INTRODUÇÃO

A água é um recurso hídrico essencial à vida, inerente ao ser humano e indispensável para o desenvolvimento das mais diversas atividades. Entretanto, ao longo dos anos, o crescimento populacional e a expansão das cidades, aliados ao mau uso da água e, conseqüentemente à poluição dos mananciais, condicionaram uma crise hídrica no Brasil. Hagemann (2009) acrescenta que a contribuição para o agravamento do problema da escassez também se deve às mudanças e fenômenos climáticos, que alteram o regime de distribuição das chuvas.

“Os esforços em busca de soluções para minimizar o problema da escassez de água encontram um forte aliado na tecnologia” (SILVA e DOMINGOS, 2007, p. 69). Nessa linha de raciocínio, faz-se necessário desenvolver soluções sustentáveis que visem à racionalização e reutilização da água. Uma alternativa seria a utilização da água das chuvas para fins não potáveis como lavagens de carros, calçadas e irrigação, além da possibilidade de utilizá-la para fins mais nobres, a depender dos resultados de análises da qualidade dessa água coletada pelas coberturas, sendo esse um método de aproveitamento de água de chuva.

O trabalho objetiva realizar um estudo de caso no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), *Campus Natal Central*, para analisar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva na Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN), com a finalidade de reduzir o consumo de água fornecida pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) ao instituto. A redução implica em prováveis contribuições positivas, tanto no âmbito econômico como no ambiental. Dessa forma, o projeto piloto visa captar, reservar e utilizar a água proveniente das chuvas para a irrigação do campo de futebol do IFRN.

### REVISÃO DA LITERATURA

#### QUALIDADE DA ÁGUA

A perda de qualidade e a contaminação da água de chuva, segundo Andrade Neto (2004), ocorrem principalmente na superfície de captação ou quando está armazenada de forma desprotegida. Ao escoar sobre a superfície de captação a água lava e carrega a sujeira acumulada no intervalo entre duas chuvas.

Uma pesquisa foi desenvolvida no IFRN por Pinheiro e Araújo (2015) com o objetivo de estudar a qualidade da água proveniente das chuvas quanto aos seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos. A coleta da água foi realizada no período correspondente aos meses de março a junho de 2015, de forma que a área do telhado escolhida para a instalação

do sistema de captação de águas pluviais possui 15 m<sup>2</sup>. Para este estudo, os autores coletaram os 5 (cinco) primeiros milímetros de chuva em tubos de policloreto de vinila (PVC), estando estes conectados à calha coletora situada no telhado. A comparação entre os valores obtidos e os padrões de potabilidade de água vigentes no Brasil está descrita na tabela 1, a seguir.

**Tabela 1: Avaliação da qualidade da água de chuva ao longo da precipitação**

Parâmetros	Limites permissíveis*	Média da precipitação				
		1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
Condutividade (µS/cm)	ND	111,4	84,1	74,2	68,8	64,8
STD (mg/L)	1000	54,8	41,6	36,8	34,2	32,1
pH	6,0 – 9,5	7,1	7,1	7,2	7,2	7,1
Cloreto (mg/L)	250	1,5	0,9	0,2	0,1	0,0
Cor (uH)	15	17,8	8,1	8,9	8,2	8,9
Turbidez (uT)	5	13,8	2,9	3,6	2,9	2,7
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	ND	47,3	36,0	33,3	32,7	30,0
Coliformes totais	Ausência	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
<i>E. coli</i>	Ausência	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente

ND – não determinado; \*Portaria 2914/2011

Fonte: Pinheiro e Araújo (2015)

De posse dos resultados obtidos por Pinheiro e Araújo (2015), observa-se que de forma geral a água apresenta-se com qualidade satisfatória a partir do segundo milímetro de chuva quanto ao comparativo entre os parâmetros físico-químicos e os limites permissíveis para fins de potabilidade. No que diz respeito aos parâmetros microbiológicos segundo a Portaria 2914/2011, os coliformes totais e *E. coli* devem estar ausentes. Entretanto, nas amostras analisadas ambos os parâmetros apresentaram resultados positivos ao longo dos cinco milímetros de chuva.

Andrade Neto (2003) *apud* Melo (2007) afirma que normalmente a contaminação da atmosfera não atinge concentrações capazes de comprometer significativamente a qualidade da água das chuvas e mesmo em locais fortemente poluídos, essa água quase sempre tem uma boa qualidade química (dureza, salinidade, alcalinidade, etc) para vários usos, como irrigação, diluição e lavagens. Além disso, após os primeiros minutos de precipitação geralmente a qualidade melhora muito.

Assim, é imprescindível salientar a importância do descarte dos primeiros milímetros de chuva. Dessa forma, a primeira água, responsável pela lavagem da atmosfera e da superfície de captação, deve ser desprezada e jogada fora, devido à possibilidade de contaminação. A partir do segundo milímetro essa água poderá ser utilizada para fins não potáveis de usos não restritivos.

## APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

A falta de água afeta a saúde humana, tornando impossível a sobrevivência, ao passo que afeta, também, o desenvolvimento socioeconômico do país, visto que surge a necessidade de elevar a produção de energia elétrica. De acordo com Brasil (2015), a supremacia da geração hidráulica tornou-se menos acentuada em 2014, atingindo 65,2% na estrutura da Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE). Entretanto, apesar do aumento da oferta advinda de outras fontes alternativas de energia, como a eólica que obteve um aumento de 85,6%, conforme dados fornecidos por Brasil (2015), o país ainda se encontra num cenário de considerável dependência da água para a produção de energia elétrica.

Silva e Domingos (2007) afirmam que a água de chuva pode substituir a água potável em diversas aplicações, a exemplo das bacias sanitárias, máquina de lavar, irrigação de jardins, lavagem de carros e limpeza de pisos. Hagemann (2009) confirma que para atenuar o problema da escassez hídrica, a busca pela utilização de fontes alternativas de água, como o reúso de águas servidas e o aproveitamento da água de chuva são soluções buscadas por muitos países, incluindo o Brasil. Além disso, a utilização de águas pluviais pode retirar o volume de água do sistema de drenagem urbana, podendo, assim, colaborar com a diminuição das enchentes.

Segundo Andrade Neto (2004), o projeto adequado para o sistema de aproveitamento de água de chuva deve incluir como barreiras físicas de proteção sanitária um dispositivo para desviar automaticamente as primeiras águas de cada chuva; cobertura da cisterna que impeça a entrada de insetos e luz; extravasor e ventilação para propiciar a reoxigenação da água; e retirada da água por tubulação. Para Viola (2008), uma das desvantagens deste sistema de aproveitamento de

águas pluviais é a necessidade de áreas de captação e reservatórios muito grandes para o fornecimento contínuo em virtude da diminuição do volume de água coletada em períodos de estiagem, em alguns casos.

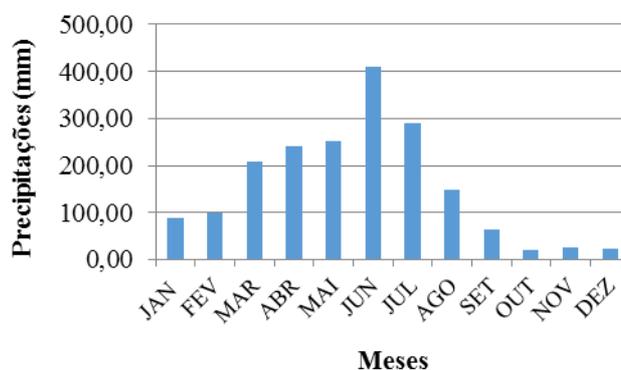
A implantação do sistema no município de Natal apresenta características favoráveis, uma vez que a precipitação se dá durante um longo período do ano e as condições atmosféricas não atingem elevados níveis de poluição. Além disso, a cidade não possui uma densa população e industrialização. A tabela 2 registra as precipitações pluviométricas em Natal-RN no período compreendido entre 1994 e 2014, segundo dados fornecidos pela EMPARN (2015).

**Tabela 2: Precipitações pluviométricas em Natal-RN no período de 1994 – 2014**

Ano	Precipitação acumulada anual (mm)	Precipitações pluviométricas médias mensais (mm)											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1994	2184,3	94,5	86,2	237,0	275,7	279,7	624,9	399,6	84,6	57,3	4,5	20,4	19,9
1995	1757,9	24,6	60,6	278,0	237,4	392,3	254,4	408,3	34,8	21,6	4,2	41,3	0,4
1996	1587,0	37,0	69,7	216,2	359,5	154,6	251,4	145,8	125,4	86,7	78,4	45,1	17,2
1997	1187,3	13,3	72,8	159,6	256,2	340,0	77,7	79,8	121,3	5,1	3,0	2,7	55,8
1998	1641,2	49,2	78,3	81,4	74,7	161,7	210,0	789,0	138,7	19,0	13,7	8,5	17,0
1999	1111,2	12,6	143,8	139,2	175,8	289,5	131,5	31,1	49,8	51,1	14,5	5,4	66,9
2000	2239,4	40,0	79,9	114,9	177,4	230,0	577,2	482,3	288,8	205,1	8,7	12,1	23,0
2001	1276,5	30,1	6,8	133,8	360,2	14,4	373,4	145,2	103,2	28,4	13,7	17,1	50,2
2002	2026,7	108,9	82,3	483,1	137,7	122,9	405,6	225,2	312,9	1,0	29,4	98,9	18,8
2003	1523,6	84,1	184,0	312,0	133,4	230,8	244,3	183,5	49,6	41,6	21,7	16,1	22,5
2004	2446,1	383,9	283,0	252,0	167,8	160,7	642,9	393,4	90,1	44,4	13,0	10,1	4,8
2005	2026,7	2,0	36,4	186,3	144,0	548,3	761,0	126,9	134,4	43,9	31,6	1,2	10,4
2006	1582,5	4,2	87,2	157,4	427,9	115,3	375,1	133,3	90,2	45,2	13,4	83,5	49,8
2007	1754,4	86,3	65,9	260,3	245,4	120,9	560,4	191,8	95,8	46,2	20,2	45,2	16,0
2008	2475,6	69,4	22,4	270,9	409,2	212,0	538,0	473,1	401,1	37,8	31,8	9,5	0,4
2009	2340,5	162,1	245,7	220,6	364,3	372,3	304,5	347,9	229,2	76,7	1,0	6,7	9,5
2010	1192,4	71,3	81,4	69,9	191,0	262,7	153,9	150,5	95,3	40,3	8,2	13,2	54,7
2011	2162,5	326,1	76,5	146,7	368,3	413,0	445,4	170,4	118,0	33,3	20,8	44,0	0,0
2012	1242,0	76,5	110,7	148,2	60,7	184,3	302,1	234,9	63,4	40,7	18,4	0,7	1,4
2013	1846,7	20,2	59,8	35,1	177,6	254,9	399,1	430,6	242,0	200,0	11,1	6,5	9,8
2014	1753,8	79,0	52,1	262,1	81,9	191,0	538,5	231,1	89,7	149,0	30,7	24,8	23,9
MÉDIA	1867,9	88,8	99,3	208,2	241,3	252,6	408,6	288,7	147,9	63,7	19,6	25,7	23,6
MÁXIMA	2475,6	383,9	283,0	483,1	427,9	548,3	761,0	789,0	401,1	205,1	78,4	98,9	66,9
MÍNIMA	1111,2	2,0	6,8	35,1	60,7	14,4	77,7	31,1	34,8	1,0	1,0	0,7	0,0

Fonte: Adaptado EMPARN (2015)

De acordo com os dados apresentados na tabela acima, é possível observar que as precipitações pluviométricas ocorrem durante o ano inteiro, porém com maior intensidade nos meses de março a agosto e se intensifica em Junho, caracterizado como o período de inverno. A figura 1 ilustra as médias das precipitações mensais em Natal-RN no período compreendido entre os anos de 1994 e 2014, na Estação Climatológica Principal da UFRN.



**Figura 1: Chuvas mensais das médias em Natal-RN entre os anos 1984 a 2014. Fonte: Adaptado EMPARN (2015)**

## MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DE CHUVA

A eficiência e a confiabilidade do sistema de aproveitamento de águas pluviais estão intimamente relacionadas ao dimensionamento do reservatório de armazenamento. Para efeito de análise, devem-se considerar diversos critérios: demanda de água, disponibilidade hídrica, custo total de implantação, confiabilidade requerida para o sistema e distribuição temporal anual das chuvas.

Os métodos de dimensionamento foram adotados seguindo as recomendações inseridas no apêndice da norma brasileira NBR 15527:2007, na qual cita o Método de Rippl, Método da Simulação, Método de Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. O volume de água de chuva aproveitável depende de diversos fatores, tais como: a precipitação pluviométrica, a área de coleta, o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (coeficiente de *Runoff*) e a eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial (*first flush*). O cálculo do volume é desenvolvido pela equação 1 a seguir:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação} \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, em litros;

P é a precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

C é o coeficiente de *Runoff*;

$\eta$  fator de captação é a eficiência do sistema de captação. Considera-se o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ESTUDO DE CASO

A pesquisa foi desenvolvida no Campus Central do IFRN, localizado em Natal, Rio Grande do Norte. O trabalho concentrou-se na análise da viabilidade do uso da água de chuva coletada pelo telhado da DIAREN/IFRN para ser aproveitada na irrigação do campo de futebol. A cobertura do prédio possui uma área de 1.194,50 m<sup>2</sup> e é composta por telhas de fibrocimento que desaguam em calhas de dimensões variadas. A água de chuva é recolhida por coletores verticais de PVC de 100 mm, que, por sua vez, é direcionada para as caixas de inspeção, e destas para um poço absorvente, conforme mostrado no projeto de águas pluviais contido no apêndice A.

O campo de futebol possui uma área de 7.000 m<sup>2</sup> e conta com um sistema de irrigação automatizado. Tal sistema consiste em aspersores enterrados (escamoteáveis) que emergem do solo quando a tubulação é pressurizada, promovendo a irrigação da grama. A irrigação é gerenciada por um controlador central e dividida em setores, sendo 24 (vinte e quatro) aspersores distribuídos ao longo de todo o campo. O temporizador pode ser programado para qualquer dia da semana, horário e tempo desejado para cada setor, permitindo maior eficiência da rega.

### DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Com base nas informações expostas acima, foi realizado o dimensionamento do reservatório seguindo os métodos propostos no anexo A da NBR 15527:2007. Observou-se que os resultados obtidos para os métodos alemão e inglês divergiram dos demais métodos de forma expressiva. Uma justificativa seria a característica da precipitação pluviométrica nesses países, que, diferente do Brasil, geralmente ocorre uniformemente durante todos os meses do ano, dispensando, assim, grandes reservatórios para suprir toda a demanda. Quanto ao método australiano, foi observado um superdimensionamento do reservatório, chegando a aumentar cerca de 30% o volume quando comparado aos resultados obtidos pelos métodos da simulação, Rippl e Azevedo Neto. Assim, optou-se por desconsiderar os métodos alemão, inglês e australiano para o projeto em análise.

As considerações feitas para o dimensionamento dos reservatórios pelos métodos de Azevedo Neto e Rippl foram 4 (quatro) meses de seca e demanda mensal de 126,00 m<sup>3</sup>, correspondente à irrigação em 3 (três) dias na semana, intercalados.

O método da simulação foi o adotado para a determinação efetiva do volume dos reservatórios, uma vez que ele é o que mais se aproxima da realidade. Nesse método, foram estabelecidos diversos volumes e determinada a eficiência com base nos meses em que o armazenamento da água de chuva seria capaz de suprir a demanda. Em virtude da diferença entre a frequência de irrigação para os meses de chuva e de seca, considerou-se demanda variável, correspondente à

irrigação durante 3 (três) dias por semana, intercalados, nos meses de seca (setembro a dezembro) e 2 (dois) dias por semana, intercalados, nos meses chuvosos (janeiro a agosto). De acordo com a norma de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis (NBR 15527:2007), duas hipóteses devem ser feitas para esse método: o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t” e os dados históricos são representativos para as condições futuras.

## PROJETO LEGAL

O projeto de aproveitamento de águas pluviais foi elaborado com base nas recomendações das normas brasileiras NBR 15527:2007, NBR 10844:1989 e NBR 5626:1998. As caixas de inspeção, interligadas entre si, recebem a água coletada do telhado e a direcionam para uma caixa de distribuição geral, na qual possui uma grade com o objetivo de reter folhas e sólidos de maior granulometria. A água é, então, direcionada para o reservatório de descarte do primeiro milímetro de chuva, que, após o seu preenchimento, alimenta os reservatórios de armazenamento. O *dispositivo* de segurança, caracterizado por um extravasor localizado numa cota acima da alimentação dos reservatórios, foi utilizado para impedir que, em casos extremos, quando a precipitação for acima do esperado, a água extravase para o poço absorvente.

O sistema de irrigação do campo será realizado conforme adotado para o dimensionamento dos reservatórios de armazenamento de água de chuva. A vazão indicada para a irrigação de jardins é de 1,5L/m<sup>2</sup>/dia, conforme Creder (2013), e o conjunto motor bomba será ligado durante 1 (uma) hora por dia, podendo ser dividida em intervalos de 30 (trinta) minutos. Dispõem-se de 2 (duas) bombas, sendo uma ativa e uma reserva. Optou-se por utilizar reservatórios enterrados, visto que essa é a condição mais favorável para que a água pluvial consiga chegar ao seu destino final por gravidade.

O projeto de aproveitamento de água de chuva, presente no apêndice A deste artigo, mostra todo o percurso da água, desde a captação pelas calhas até a saída para a irrigação. O abastecimento dos reservatórios de armazenamento ocorre por 2 (dois) sistemas – águas pluviais e rede de distribuição da CAERN – visto que a alimentação dos reservatórios será por meio da concessionária local na hipótese da altura mínima da lâmina d’água não estar preenchida. A altura mínima é de 1m, correspondente a 11% do volume total de cada reservatório.

## LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O custo de implantação do sistema é um fator de extrema importância para determinar o período de retorno. Para tanto, realizou-se um orçamento com base no projeto traçado para a adequação de águas pluviais e nos materiais necessários para a implantação do sistema. A pesquisa de preços foi realizada com base nos insumos e composições disponíveis na tabela do SINAPI (2015) referente ao mês de outubro, e junto aos fornecedores dos reservatórios de polietileno, fibra de vidro e aço carbono.

Os custos contabilizados correspondem, dentre outros itens, aos reservatórios, que representam a maior parcela, conjuntos motor bomba, válvulas de pé com crivo, válvulas de retenção, registros de gaveta, tubulações, caixa de distribuição geral, alvenarias de contorno dos reservatórios, laje em concreto e bases dos reservatórios. Além disso, a mão de obra se apresenta como uma parcela bastante expressiva no orçamento.

A análise de custos foi realizada para capacidades de volume distintas e, com base nisso, calculou-se a eficiência e o *pay back* para os diferentes volumes de reservatórios. A eficiência está relacionada aos meses em que a demanda foi suprida. O *pay back* diz respeito ao retorno do custo em relação ao benefício em meses, ou seja, o tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor deste investimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### RESERVATÓRIOS

Os volumes dos reservatórios dimensionados pelos métodos de Azevedo Neto e Rippl correspondem, respectivamente, a 375,00 m<sup>3</sup> e 377,00 m<sup>3</sup>. As tabelas 3 e 4 mostram os volumes dos reservatórios com base no método da simulação.

**Tabela 3: Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação com suprimento parcial da demanda**

Mês	Precipitação média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo t-1	Volume final	Overflow	Suprimento
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Janeiro	88,8	84	1194,5	84,8	50	0,0	50,0	0,0	0,0
Fevereiro	99,3	84	1194,5	94,9	50	50,0	50,0	10,9	0,0
Março	208,2	84	1194,5	199,0	50	50,0	50,0	115,0	0,0
Abril	241,3	84	1194,5	230,6	50	50,0	50,0	146,6	0,0
Mai	252,6	84	1194,5	241,4	50	50,0	50,0	157,4	0,0
Junho	408,6	84	1194,5	390,4	50	50,0	50,0	306,4	0,0
Julho	288,7	84	1194,5	275,9	50	50,0	50,0	191,9	0,0
Agosto	147,9	84	1194,5	141,3	50	50,0	50,0	57,3	0,0
Setembro	63,7	126	1194,5	60,9	50	50,0	-15,1	0,0	15,1
Outubro	19,6	126	1194,5	18,7	50	0,0	-107,3	0,0	107,3
Novembro	25,7	126	1194,5	24,5	50	0,0	-101,5	0,0	101,5
Dezembro	23,6	126	1194,5	22,6	50	0,0	-103,4	0,0	103,4
Total	1867,9	1176		1785,0				985,4	327,3

Fonte: Adaptado Tomaz (2007)

**Tabela 4: Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação com suprimento total da demanda**

Mês	Precipitação média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo t-1	Volume final	Overflow	Suprimento
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Janeiro	88,8	84	1194,5	84,8	378	0,0	378,0	0,0	0,0
Fevereiro	99,3	84	1194,5	94,9	378	378,0	378,0	10,9	0,0
Março	208,2	84	1194,5	199,0	378	378,0	378,0	115,0	0,0
Abril	241,3	84	1194,5	230,6	378	378,0	378,0	146,6	0,0
Mai	252,6	84	1194,5	241,4	378	378,0	378,0	157,4	0,0
Junho	408,6	84	1194,5	390,4	378	378,0	378,0	306,4	0,0
Julho	288,7	84	1194,5	275,9	378	378,0	378,0	191,9	0,0
Agosto	147,9	84	1194,5	141,3	378	378,0	378,0	57,3	0,0
Setembro	63,7	126	1194,5	60,9	378	378,0	312,9	0,0	0,0
Outubro	19,6	126	1194,5	18,7	378	312,9	205,6	0,0	0,0
Novembro	25,7	126	1194,5	24,5	378	205,6	104,1	0,0	0,0
Dezembro	23,6	126	1194,5	22,6	378	104,1	0,7	0,0	0,0
Total	1867,9	1176		1785,0				985,4	0,0

Fonte: Adaptado Tomaz (2007)

É possível identificar que o *overflow*, ou seja, a água que é perdida por extravasamento, permanece constante para o reservatório de 50,00 m<sup>3</sup> e de 378,00 m<sup>3</sup>. Em contrapartida, para o primeiro, o abastecimento é suprido durante o período compreendido entre os meses de janeiro a agosto, o que representa uma redução de 672,00 m<sup>3</sup>, enquanto que para o segundo, o reservatório é capaz de suprir a demanda durante todo o ano.

Tal resultado é coerente com o exposto na literatura, uma vez que a cidade do Natal não apresenta precipitações pluviométricas uniformes ao longo do ano. A constante referente ao *overflow* pode ser correspondente ao fato dos meses de seca ser um fator limitante para o armazenamento da água de chuva. Isso implica dizer que possivelmente o aumento da área de captação ou do volume do reservatório não seria expressivamente eficiente, no sentido de resolver a abundante perda de água que é extravasada.

A eficiência do sistema para cada volume de reservatório adotado pode ser calculada pela razão entre o número de meses em que a demanda foi totalmente atendida e o número de meses utilizado na simulação. A tabela 5 e a figura 2 mostram o período de abastecimento e a eficiência para os diferentes volumes de reservatório.

Tabela 5: Variação do período de abastecimento em função do volume do reservatório

Volume do reservatório	Período de abastecimento
50 m <sup>3</sup>	8 meses
100 m <sup>3</sup>	9 meses
150 m <sup>3</sup>	9 meses
200 m <sup>3</sup>	10 meses
250 m <sup>3</sup>	10 meses
300 m <sup>3</sup>	11 meses
350 m <sup>3</sup>	11 meses
378 m <sup>3</sup>	12 meses

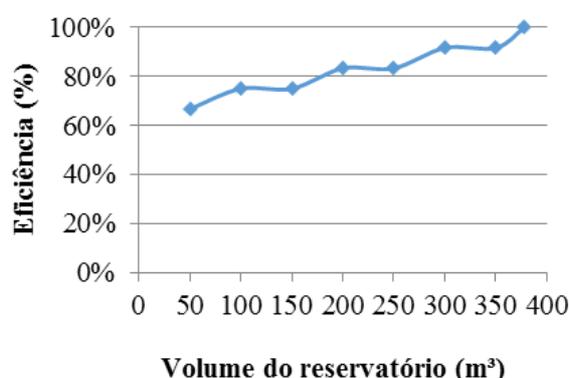


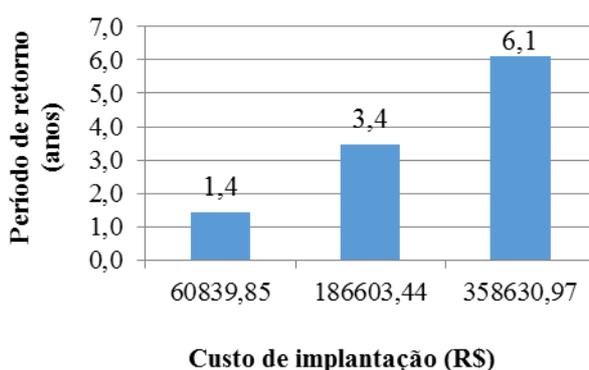
Figura 2: Eficiência do sistema em função do volume do reservatório

Observa-se que o aumento do volume do reservatório implica em ganhos de eficiência para o sistema, uma vez que o período de abastecimento aumenta e a demanda é totalmente suprida com a capacidade de 378,00 m<sup>3</sup>. No entanto, é possível identificar que os maiores ganhos de eficiência ocorrem até o volume de 50,00 m<sup>3</sup>, correspondente a 67%. A partir de 100,00 m<sup>3</sup> os ganhos de eficiência são pouco significativos, atingindo valores máximos de 8% para cada 100,00 m<sup>3</sup> de capacidade adicionada. Aumentando o volume de 50,00 m<sup>3</sup> para 200,00 m<sup>3</sup> e posteriormente para 378,00 m<sup>3</sup>, ou seja, quadruplicando o volume para o primeiro caso e praticamente aumentando em 8 (oito) vezes para o segundo caso, ter-se-iam aumentos de eficiência de apenas 16% – com elevação do período de abastecimento por 2 (dois) meses – e 33%, com crescimento do período de abastecimento por 4 (quatro) meses, respectivamente.

É imprescindível, ainda, considerar outros aspectos determinantes, tais como o custo de implantação e o período de retorno. A partir dessas considerações, determina-se a viabilidade de implantação do sistema. Hagemann (2009) utilizou as mesmas considerações, alterando o intervalo de meses para dias, o que garante maior precisão. Entretanto, seus resultados convergem para o mesmo aspecto apresentado acima.

### VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A viabilidade está diretamente relacionada com o *pay back*. O gráfico apresentado na figura 3 mostra a relação entre o custo da implantação e o período de retorno para o sistema de aproveitamento de água de chuva com os volumes de reservatórios de 50,00 m<sup>3</sup> (dois reservatórios de 25,00 m<sup>3</sup>), 200,00 m<sup>3</sup> (seis reservatórios de 30,00 m<sup>3</sup>) e 378,00 m<sup>3</sup> (nove reservatórios de 40,00 m<sup>3</sup>, um de 15,00 m<sup>3</sup> e um de 3,00 m<sup>3</sup>).



**Figura 3: Custo de implantação (R\$) e Período de retorno (anos) do sistema.**

É notória e significativa a diferença de custo de implantação para as diferentes capacidades dos reservatórios. O custo para implantar o sistema de aproveitamento de águas pluviais utilizando-se uma reserva de 50,00 m<sup>3</sup> é 3,1 vezes inferior ao de 200,00 m<sup>3</sup> e 5,9 vezes menor do que o de 378,00 m<sup>3</sup>. Seguindo o mesmo raciocínio quanto ao período de retorno, tem-se um aumento de 2,4 e 4,3 vezes, respectivamente, comparando-se o reservatório de 50,00 m<sup>3</sup> ao de 200,00 m<sup>3</sup> e, em seguida, ao de 378,00 m<sup>3</sup>. A tabela 6 apresenta o *pay back* dos sistemas de aproveitamento de água de chuva para os volumes em análise.

**Tabela 6: Payback dos sistemas de aproveitamento de água de chuva**

Capacidade do reservatório (m <sup>3</sup> )	50,00	200,00	378,00
Custo anual sem o aproveitamento da água de chuva (R\$)	58529,52	58529,52	58529,52
Custo de implantação do sistema	60839,85	186603,44	358630,97
Custo anual com o aproveitamento da água de chuva (R\$)	16289,72	4412,11	0,00
Redução de custo anual com a implantação do sistema (R\$)	42239,80	54117,41	58529,52
Redução de custo anual com a implantação do sistema	72,17%	92,46%	100,00%
Período de retorno (anos)	1,4	3,4	6,1

Com base nos dados analisados, é possível afirmar que o sistema com volume de reserva de 50,00 m<sup>3</sup> apresenta-se como o mais satisfatório do ponto de vista econômico, pois ele é capaz de suprir a demanda por um período de 8 (oito) meses ao ano e apresenta um rápido *pay back*. A redução de 72,17%, referente ao custo anual, obtida no cálculo da viabilidade, possibilita abastecer 112 (um cento e doze) casas populares durante 1 (um) mês, considerando 4 (quatro) moradores em cada residência e a quantidade mínima de água *per capita* proposta por Gleick (1996) *apud* Cohim *et al.* (2009), correspondente a 50 litros/pessoa.dia. Elevando o consumo em 60%, mantendo constante o número de residentes, o custo reduzido com o aproveitamento da água de chuva para a irrigação do campo de futebol do IFRN permite abastecer 70 (setenta) residências no período de 1 (um) mês.

## CONCLUSÃO

O estudo de caso apresentado neste artigo mostrou que o investimento em sistemas de utilização de águas pluviais para diversos fins, como a irrigação, é uma alternativa viável, uma vez que o Brasil se encontra em um momento de crise hídrica. A redução de consumo anual, utilizando-se um reservatório de 50,00 m<sup>3</sup>, é expressiva, uma vez que coopera para a diminuição do uso de água tratada para fins menos nobres, permitindo, assim, contribuir para uma engenharia sustentável.

A economia financeira de água potável foi claramente percebida, visto que a redução de custo anual, calculada com base nas considerações feitas para a elaboração do projeto legal, anexado ao final do artigo, é bastante significativa. Além disso, o rápido *pay back*, caracterizado por um período de retorno de 1,4 anos, é consideravelmente satisfatório. Dessa forma, os objetivos inicialmente estabelecidos com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva foram atingidos, o que confirma a viabilidade econômica e construtiva.

Outro quesito de grande relevância é a herança deixada para a comunidade acadêmica, que gera incentivo para o estudo de novas técnicas e aperfeiçoamentos tecnológicos, agindo em contribuição para o desenvolvimento da ciência brasileira, sempre de acordo com os princípios ambientais.

## REFERÊNCIAS

1. ANDRADE NETO, C O de. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11., 2004, Natal, Brasil. **Anais...** Natal: ABES/APESB/APRH, 2004, 7 p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.
5. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira**. Brasília, DF: [s.n], 2015. 32 p.
6. COHIM, E. *et al.* Consumo de água em residências de baixa renda – estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. **Anais...** Recife: ABES, 2009. 9 p.
7. CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 423 p.
8. EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. **Monitoramento pluviométrico**. Natal: EMPARN, 2015. Disponível em: <<http://www.emparn.rn.gov.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2015.
9. HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria, 2009.
10. MELO, L. R. da C. **Varição da qualidade da água de chuva no início da precipitação**. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
11. PINHEIRO, L. G.; ARAÚJO, A. L. C. **Avaliação da qualidade da água de chuva ao longo da precipitação**. 2015. 11f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Curso de Gestão Ambiental, Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.
12. SILVA, V. da; DOMINGOS, P. Captação e manejo de água de chuva. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 2, n. 1, p.68-76, jun. 2007.
13. SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Natal: IBGE e CAIXA, 2015. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/>>. Acesso em: 18 out. 2015.
14. TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Abcmac, 2007. v. 1, p. 1 - 24.
15. VIOLA, Heitor. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas - o estudo de caso da cidade do samba**. 2008. 384 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.