

Aproveitamento de Água de Chuva em unidades Educacionais do Rio Grande do Norte, Brasil

Xaila Sant Anna Amaral ¹
Ceres Virgínia da Costa Dantas ²
Carlos Antonio Lira Felipe Neto ³
André Luís Calado Araújo ⁴
Cícero Onofre de Andrade Neto ⁵

RESUMO:

Com este estudo objetivou-se avaliar os sistemas de aproveitamento de água de chuva em unidades educacionais do Rio Grande do Norte. Inicialmente, foi realizado um levantamento de informações sobre os sistemas de aproveitamento de água de chuva dos campi do IFRN. Em seguida, os campi foram visitados para validação das informações colhidas e verificação de outros elementos pertinentes (áreas da superfície de captação, tipos e volumes de reservatórios, estado físico das instalações, condições operacionais e destino da água armazenada). Posteriormente, 04 unidades educacionais foram selecionadas e monitoradas mensalmente entre março e setembro de 2014 a fim de caracterizar a água de chuva armazenada, físico-química e microbiologicamente. Os resultados revelam que a água armazenada apresentou qualidade compatível para irrigação de áreas verdes, apesar de descuidos operacionais e sanitários. Conclui-se que sistemas de captação e armazenamento podem compatibilizar o uso racional, eficiente e sanitário da água de chuva no Semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Aproveitamento de Água de Chuva; Unidades Educacionais; Semiárido Brasileiro.

¹ Mestrado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Brasil. xailinha@hotmail.com

² Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Brasil. ceresdantas1@gmail.com

³ Doutorado em andamento em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Brasil. calfneto@hotmail.com

⁴ Doutorado em Engenharia Civil pela University of Leeds, LEEDS, Inglaterra. Docente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, IFRN, Brasil. acalado@ifrn.edu.br

⁵ Doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Brasil. / Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Brasil. cicero@ct.ufrn.br

A busca por um futuro sustentável tem exigido a propagação de atitudes alternativas, que preconizam a utilização racional e adequada da água. Este recurso natural e renovável é considerado o mais valioso do mundo devido, principalmente, ao seu papel na construção e manutenção dos ecossistemas terrestres. Embora isso seja de conhecimento geral, a crescente pressão sobre o uso da água tem representado um desafio para a humanidade, uma vez que o desenvolvimento nos diferentes segmentos depende da disponibilidade e qualidade desse recurso (Abdulla & Al-shareef 2009).

A realidade vivenciada pela sociedade global tem apontado um aumento expressivo do consumo de água, cujos responsáveis têm sido, especialmente, o crescimento da população em conjunto com os seus hábitos, a expansão do agronegócio e das indústrias (Luz 2005). Esse uso exagerado e continuado tem provocado à desestruturação da capacidade de suporte da água nos sistemas naturais, gerando desconfortos ambientais, econômicos e sociais. Outro agravante acerca da questão hídrica pode ser observado mediante a redução da oferta de água, a qual pode por ser justificada através de alterações nos padrões de precipitação, afetada pelas mudanças climáticas (Bocanegra-Mártinez et al. 2014).

Essa conjuntura permitiu um esforço maior por alternativas ou adaptações de tecnologias já existentes, sendo destaque os sistemas de aproveitamento da água de chuva (Oliveira 2008; Heijnen 2012; Andrade Neto 2013), cujas práticas tidas como naturais e intuitivas (Cirilo et al. 2010) têm conquistado as regiões áridas e semiáridas e se propagado em localidades úmidas (Jones & Hunt 2010). Assim, o uso de cisternas para o armazenamento de água de chuva apesar de ser uma prática milenar tem merecido nos últimos anos maior interesse e uma aplicação mais difusa (Andrade Neto 2013). Ainda conforme este autor, na China, por exemplo, foram construídas mais de cinco milhões de cisternas nos últimos anos, enquanto que no sul da Austrália, a água de chuva tem sido utilizada como fonte de abastecimento por cerca de 80% da população rural e 30% da urbana. Em países como Alemanha e Japão, o uso de cisternas de águas pluviais também vem se expandindo significativamente. Para Abdulla e Al-shareef (2009) o reconhecimento dessa dispersão pode ser explicado pelos seguintes atrativos: baixo custo, acessibilidade e gestão facilitada a nível familiar.

No contexto brasileiro, estudos com focos diferentes vêm demonstrando que o aproveitamento de água de chuva tem promovido resultados satisfatórios. Wernech (2006), mensurando a utilização de água em escola de porte médio, verificou que o consumo de água pode ter redução significativa com o uso de água de chuva. Em outro estudo, o aproveitamento de água de chuva tem sido eficiente em termos qualitativos e quantitativos para irrigação de campo de futebol (Oliveira 2008), assim como para

produção de frutas e hortaliças (Brito et al. 2010). Esses sistemas de captação e armazenamento de água têm fornecido soluções flexíveis, e que podem ativamente atender às necessidades de pequenas e grandes localidades, em um processo continuado, ou seja, desenvolvido ao longo do tempo (Abdulla & Al-shareef 2009).

Há de se destacar também que a escassez de água tem exigido a propagação de políticas públicas e implementação de cisternas em regiões castigadas pela seca no nordeste do Brasil. Nesse contexto, três projetos do governo federal vinculados ao Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido sob a coordenação da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) podem ser apresentados. O primeiro deles, Um Milhão de Cisternas (P1MC), já promoveu a construção de 595.591 cisternas até o início de fevereiro de 2017, beneficiando milhares de pessoas. O segundo projeto atuante nessa região tem como título Uma Terra e Duas Águas (P1+2), cujos objetivos são fomentar a construção de processos participativos de desenvolvimento rural no Semiárido brasileiro e promover a soberania, a segurança alimentar e nutricional e a geração de emprego e renda às famílias agricultoras, por meio do acesso e manejo sustentáveis da terra e da água para produção de alimentos. E por último, o Projeto Cisternas nas Escolas, que tem levado água para as escolas rurais do Semiárido, incluindo aldeias indígenas e comunidades quilombolas, possibilitando o envolvimento da aprendizagem e da convivência com o clima da região (Brasil 2017).

Em contrapartida, considerações importantes ainda precisam ser esclarecidas e compreendidas acerca do aproveitamento de água de chuva. É importante frisar que a água captada não deve simplesmente ser considerada pura e segura para consumo humano (Lubitz 2009). Sobre esse assunto, Andrade Neto (2013) pontua como barreiras físicas eficazes para a proteção sanitária da qualidade da água de cisternas: o aperfeiçoamento de dispositivos de descarte das primeiras águas de cada chuva, o desenvolvimento de novas bombas, a avaliação e o aperfeiçoamento de bombas manuais disponíveis, bem como a sua aplicação. Outrossim, faz-se preciso pensar que seguridade sanitária de cisternas tem uma relação direta com a educação e conscientização dos usuários. Nesse entendimento, Baguma et al. (2010) relatam que a falta de consciência sobre a necessidade do cuidado com as calhas, as quais são responsáveis pelo transporte da água até os reservatórios, tem se configurado como um grave problema a ser enfrentado.

Diante desse contexto, pontua-se que alguns Campi do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), inseridos na região semiárida, apresentam sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, cuja água armazenada vem sendo aproveitada na irrigação de áreas verdes (jardins e campos de futebol). Buscando compreender melhor esses sistemas, objetivou-

se com este estudo analisar os sistemas de aproveitamento de água de chuva em unidades educacionais do IFRN, a fim de contribuir para o uso racional, eficiente e sanitário da água de chuva armazenada, e servir de modelo para outras unidades educacionais com características semelhantes.

Ademais, este trabalho é relevante, pois buscou promover a real situação dos sistemas de armazenamento de água de chuva de unidades educacionais do IFRN, apresentando um diagnóstico e avaliação de cada um deles, bem como a compatibilização da prática de uso com a atividade beneficiada com a água captada e armazenada. Além disso, permite que os gestores responsáveis por cada unidade analisada atuem nas falhas encontradas, e assim, possam contribuir para o melhor desempenho do sistema, da preservação e aproveitamento da água em uma região profundamente afetada por longos períodos de estiagem.

MATERIAIS E MÉTODO

O desenvolvimento desta pesquisa seguiu 04 etapas, conforme estão apresentadas a seguir: a) Levantamento de informações sobre os sistemas de captação e armazenamento de água de chuva do IFRN; b) Avaliação dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva; c) Monitoramento, caracterização e uso da água de chuva armazenada pelos sistemas estudados; e d) Análises estatísticas.

LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DO IFRN

Este estudo foi desenvolvido em 04 campi do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, situados nos municípios de Canguaretama, Ceará-Mirim, Currais Novos e São Paulo do Potengi. Essa seleção se deu com base em uma análise detalhada de informações sobre os sistemas de aproveitamento de água de chuva em cada campus do IFRN. Em 2014, ano de coleta de dados deste trabalho, a instituição contava com 18 unidades educacionais em funcionamento e 02 em processo de construção. Os campi estão espalhados por diversas regiões do Estado, com maior número na região semiárida, e localizados especificamente em 16 municípios.

No levantamento de informações, levou-se em consideração um roteiro pré-definido de questões a fim de selecionar e analisar os campi que tinham sistemas de aproveitamento de água de chuva. Tais questionamentos foram: Quais campi adotam sistema de aproveitamento de água de chuva? Qual o destino da água captada e armazenada? Quais as áreas de captação de água de chuva e a sua capacidade de armazenamento? Quais as precipitações médias sobre os campi que praticam o sistema de aproveitamento de água de chuva? E qual o consumo de água mensal dessas unidades educacionais?

A fim de computar esses dados, três órgãos foram consultados. Em relação aos sistemas de coleta, armazenamento e uso de água de chuva adotados em cada campus, as informações foram obtidas junto a Diretoria de Engenharia do IFRN. Neste mesmo departamento, foi solicitado o levantamento das áreas de captação e a capacidade de armazenamento a partir dos projetos arquitetônicos dos campi selecionados. Já o consumo de água foi computado através de contas fornecidas pela Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN). E por último, os índices pluviométricos foram obtidos através de dados do Clima Tempo (<http://www.climatempo.com.br/>), referentes aos municípios que comportam os campi selecionados.

AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Nesta segunda fase, que diz respeito à avaliação, foram realizadas as primeiras visitas *in loco* nos 20 campi do IFRN, mais precisamente em março de 2014. Estas vistorias iniciais buscaram validar as informações obtidas junto a Diretoria de Engenharia do IFRN. Nessa mesma ocasião, os 04 campi selecionados (IFCanguaretama, IFCeará-Mirim, IFCurrais Novos e IFSão Paulo do Potengi) foram verificados com maior particularidade, sendo então observados: os materiais e as áreas da superfície de captação (caimento dos telhados, calhas e tubulações), os tipos e volumes de reservatórios, o estado físico das instalações, as condições operacionais e o destino da água armazenada.

Ademais, as áreas de captação foram estimadas a partir das plantas arquitetônicas e dos dados coletados na pesquisa de campo. A estimativa do volume de água de chuva que potencialmente pode ser captado por ano foi mensurado através da multiplicação da área de captação pela precipitação média anual (últimos 30 anos) dos municípios e pelo coeficiente de escoamento superficial “C”, estimado em 80% (C=0,8). Para avaliar o dimensionamento dos reservatórios de água de chuva, utilizou-se dos volumes estimados de reservação de cada campus, mensurados com base em 3 métodos (Azevedo Neto, Alemão e Inglês), enquanto que os volumes de demanda foram estimados pelo método de Rippl. Todos os métodos estão descritos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15.527 (Brasil 2007).

De acordo com o método Azevedo Neto, o volume de cisterna foi obtido através da seguinte equação (Brasil 2007):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (1)$$

Onde: *P* é a precipitação média anual, em milímetros; *T* é o número de meses de pouca chuva ou seca; *A* é a área de coleta, em metros quadrados; *V* é o volume de água do reservatório, em litros.

Já pelo método prático Inglês, o volume de chuva foi obtido através da equação 2 (Brasil 2007):

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (2)$$

Onde: P é a precipitação média anual, em milímetros; A é a área de coleta, em metros quadrados; V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

Em relação ao método prático Alemão, que se trata de um método empírico em que se toma o menor valor do volume do reservatório (6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável), o volume de chuva foi obtido por meio da equação 3 (Brasil 2007):

$$V_{adotado} = \min(V; D) \times 0,06 \quad (3)$$

Sendo: V é o volume aproveitável de água de chuva anual, em litros; D é a demanda anual da água não potável, em litros; $V_{adotado}$ é o volume de água do reservatório, em litros.

O método de Rippl geralmente, superdimensiona o reservatório, podendo ser utilizado para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuva por meio da equação 4. Lembrando que neste método podem-se usar as séries históricas mensais (maneira mais comum) ou simplesmente diárias (Brasil 2007).

$$\begin{aligned} S(t) &= D(t) - Q(t) \\ Q(t) &= C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \\ V &= \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \\ \text{Sendo que: } \sum D(t) &< \sum Q(t) \end{aligned} \quad (4)$$

Onde: $S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ; $Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ; $D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t ; V é o volume do reservatório, em metros cúbicos; C é o coeficiente de escoamento superficial.

MONITORAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E DESTINO DA ÁGUA DE CHUVA ARMazenada

Nesta terceira etapa, os sistemas de aproveitamento de água de chuva do IF Canguaretama, IF Ceará-Mirim, IF Currais Novos e IF São Paulo do Potengi foram monitorados mensalmente, entre março e setembro de 2014. Nesses sistemas foram coletadas amostras da água de chuva dos próprios reservatórios de armazenamento, sempre no período matutino. As amostras eram colocadas em frascos de polipropileno e acondicionadas em caixa térmica com gelo. Em seguida, o material coletado era encaminhado imediatamente para os laboratórios de análises de águas e efluentes da Diretoria de Recursos Naturais do IFRN, Campus Natal – Central, onde se procederam com as análises físico-químicas e microbiológicas, conforme os respectivos métodos analíticos apresentados no Quadro 1.

Faz-se necessário lembrar que a metodologia das análises seguiu as recomendações padrões descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Apha, Awwa, & Wef 2005).

Quadro 1. Variáveis analisadas, unidades e respectivos métodos analíticos.

ÁGUA DE CHUVA	UNIDADE	MÉTODO ANALÍTICO
Ph	-	Potenciométrico
Condutividade Elétrica	μS.cm-1	Potenciométrico
Sólidos Totais Dissolvidos	mg.L-1	Potenciométrico
Cor	uH (mg Pt-Co.L-1)	Colorimétrico
Turbidez	uT	Nefelometria
Sódio	mg.L-1	Fotometria de chama
Potássio	mg.L-1	Fotometria de chama
Magnésio	mg.L-1	Titulométrico
Cálcio	mg.L-1	Titulométrico
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Tubos Múltiplos
Ortofosfato	mg.L-1	Colorimétrico – cloreto estanhoso
Nitrato	mg.L-1	Colorimétrico -Salicilato de Sódio
Cloreto	mg.L-1	Titulométrico – argentométrico
Alcalinidade	mg.L-1	Titulométrico – potenciométrico
Nitrogênio amoniacal	mg.L-1	Colorimétrico – Nesler

Fonte: Awwa, Apha, & Wef (2005).

Após a caracterização da água de chuva armazenada foi possível avaliar a prática de uso em cada campus. Essa avaliação foi obtida mediante comparações entre os dados da qualidade (variáveis físico-químicas e microbiológicas) da água captada nos campi com os valores permissíveis pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil 2005), no caso para irrigação. Já em relação ao aproveitamento de água para consumo humano, a comparação foi realizada por meio da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil 2011).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Esta etapa compete à descrição das análises estatísticas realizadas. Desse modo, os dados referentes à qualidade da água armazenada foram submetidos à estatística descritiva básica para a obtenção dos valores de tendência central (média, mediana, moda), de dispersão (desvio padrão e quartis) e faixas de variação (mínimo e máximo). Posteriormente foram realizados testes de normalidade, sendo tal hipótese rejeitada. Diante disso, optou-se pela utilização da mediana como o valor característico da tendência central.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DO IFRN

De acordo com as informações obtidas junto a Diretoria de Engenharia do IFRN, dos 18 campi em funcionamento, apenas 04 (IFCanguaretama, IF Ceará-Mirim, IFCurrais Novos e IFSão

Paulo do Potengi) apresentam sistemas de captação e armazenamento de água de chuva já instalados e em operação. Destaca-se que nos campi de Caicó e Nova Cruz também existem sistemas de captação de águas de chuva, no entanto, estas são misturadas diretamente com os efluentes das estações de tratamento de esgotos existentes nos respectivos campi, e utilizadas apenas para a irrigação dos campos de futebol e, dessa forma, não foram objetos de estudo nesta etapa.

As precipitações médias anuais dos últimos 30 anos nos municípios onde as unidades educacionais estão localizadas são de 631 mm (Currais Novos), 781 mm (São Paulo do Potengi), 1150 mm (Canguaretama) e 1343 mm (Ceará-Mirim). As precipitações médias mensais (últimos 30 anos) estão destacadas na Tabela 1 e foram posteriormente utilizadas para estimar o potencial de captação de água de chuva, assim como avaliar os volumes necessários para o armazenamento da água.

Tabela 1. Precipitações mensais médias nos municípios com campi do IFRN que coletam água de chuva.

MESES	CAMPUS			
	CANGUARETAMA	CEARÁ-MIRIM	CURRAIS NOVOS	SÃO PAULO DO POTENGI
Janeiro	66	58	71	51
Fevereiro	89	128	93	72
Março	145	209	145	122
Abril	178	200	141	139
Maió	156	192	72	102
Junho	182	176	36	112
Julho	146	166	21	87
Agosto	80	69	14	45
Setembro	40	59	6	20
Outubro	20	31	7	8
Novembro	21	25	6	9
Dezembro	27	30	19	14
Total	1150	1343	631	781

Fonte: Climatempo (2015).

As áreas de cobertura das estruturas físicas de cada campus que potencialmente podem ser aproveitadas para a captação de água de chuva, foram obtidas através dos projetos arquitetônicos e estão detalhadas na Tabela 2. Os dados apresentados indicam que em termos de área, existe um grande potencial para a captação de água de chuva nos quatro campi. As áreas de cobertura superam os 5000 m² em cada um dos 04 campi avaliados com destaque para o Campus de Currais Novos, que apresenta uma área total de cobertura próxima de 11.000 m². As áreas efetivas de captação foram confirmadas posteriormente durante as verificações *in loco*.

Tabela 2. Áreas de cobertura dos prédios nos quatro campi avaliados.

CAMPUS	PRÉDIOS	ÁREA DE COBERTURA
Canguaretama	Ginásio	830,41 m ²
	Bloco de Educação Física	831,76 m ²
	Prédio Principal	1840,56 m ²
	Prédio Anexo	1060,69 m ²
	Área de Vivência	874,75 m ²
	Auditório	464,77 m ²
	Área Total	5902,94 m ²
Ceará-Mirim	Ginásio	1660,32 m ²
	Bloco de Educação Física	831,76 m ²
	Prédio Garagem	261,00 m ²
	Prédio Principal	1840,56 m ²
	Prédio Anexo	947,75 m ²
	Área de Vivência	874,75 m ²
	Auditório	464,77 m ²
Currais Novos	Área Total	6880,91 m ²
	CT Queijo	2111,47 m ²
	Bloco de Educação Física	650,00 m ²
	Prédio Garagem	310,65 m ²
	Prédio Principal	5975,96 m ²
	Bloco x	947,75 m ²
	Bloco y	480,65 m ²
São Paulo do Potengi	Anexo	389,71 m ²
	Área Total	10866,19 m ²
	Ginásio	830,41 m ²
	Bloco de Educação Física	831,76 m ²
	Laboratórios e Almoarifado	273,31 m ²
	Prédio Principal	1130,87 m ²
	Prédio Anexo	999,82 m ²
São Paulo do Potengi	Área de Vivência	874,75 m ²
	Auditório	464,77 m ²
	Área Total	5405,69 m ²

Fonte: dados da pesquisa (2015).

Para avaliar a importância do aproveitamento da água, por meio das demandas que poderiam ser supridas pela água de chuva, também foram obtidos os dados referentes aos consumos de água em 11 campi do IFRN incluindo 03 com sistemas de coleta de água de chuva, apresentados resumidamente na Tabela 3. Pode ser observado que dos 11 campi, apenas 02 (Macau e São Paulo do Potengi) não possuem poços próprios e, dessa forma, todo o abastecimento é realizado através de rede pública. Os campi de Apodi, Mossoró e Parnamirim são abastecidos exclusivamente por poços próprios, sendo o de Apodi, devido a sua atuação nas áreas de agricultura e pecuária, o campus com o maior consumo de água (7200 m³/mês) e o único com medição. Nos demais campi destacados na Tabela 3, o abastecimento é realizado através da rede pública e poços próprios (todos sem medição). Nos campi de Canguaretama, Currais Novos e São Paulo do Potengi os consumos mensais de água fornecida pela rede pública foram de 163, 180 e 213 m³, respectivamente. Não foram obtidos resultados do campus de Ceará-Mirim.

Tabela 3. Dados sobre o consumo de água da rede pública de abastecimento de 11 campi do IFRN.

CAMPUS	CONSUMO MENSAL DE ÁGUA (m ³)	
	REDE DE ABASTECIMENTO	POÇO PRÓPRIO
Apodi	-	7200
Caicó	410	Sim – sem medição
Canguaretama	163	Sim – sem medição
Currais Novos	180	Sim – sem medição
Macau	1242	Não
Mossoró	-	Sim – sem medição
Natal Zona Norte	522	Sim – sem medição
Nova Cruz	330	Sim – sem medição
Parnamirim	-	Sim – sem medição
Santa Cruz	225	Sim – sem medição
São Paulo do Potengi	213	Não

Fonte: dados da pesquisa (2015).

AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Nos campi de Canguaretama, Ceará-Mirim e São Paulo do Potengi, todos os sistemas de armazenamento são feitos com reservatórios de fibra de vidro com volumes de 20 m³, todos interligados pelo sistema de vasos comunicantes. É importante também destacar que nesses três campi os sistemas não dispõem de estações elevatórias para o aproveitamento da água de chuva e, qualquer excedente de água captada fica acumulada dentro da área onde os reservatórios foram instalados e acaba escoando para o solo. Com relação à proteção sanitária destaca-se que os sistemas não contam com dispositivos de descarte das primeiras águas nem grelhas para a retenção de sólidos grosseiros.

Em Canguaretama foram identificados dois sistemas sendo um, com 06 reservatórios, que recebe água captada do prédio principal, enquanto que o segundo tem 05 reservatórios e recebe água do prédio anexo. Os dois sistemas estão enterrados no solo dentro de uma área isolada com paredes de alvenaria, cobertos por lajes (Figura 1). Durante a vistoria de campo, assim como no período de monitoramento, pontua-se certa dificuldade na tomada de amostras devido ao acesso aos reservatórios. Verificou-se, também, a ocorrência de vazamentos que, pelo fato dos reservatórios estarem isolados dentro de um ambiente com lajes, não foi solucionado durante a pesquisa. Para que seja realizada qualquer atividade de operação e/ou manutenção do sistema será necessário remover toda a laje de cobertura.

O campus de Ceará-Mirim apresenta um sistema de armazenamento de água de chuva. A captação da água é realizada no prédio principal e armazenada em 05 reservatórios. O sistema estava bem mantido e foi construído de modo a facilitar todas as atividades operacionais e de manutenção. A

Figura 2 mostra a boa infraestrutura reservada ao sistema de armazenamento de água de chuva, inclusive com extravasor e vasos comunicantes.

Figura 1. Vista dos reservatórios de água de chuva no campus de Canguaretama (A – prédio principal; B – prédio anexo).



Fonte: Os Autores

Figura 2. Vista dos reservatórios de água de chuva no campus de Ceará-Mirim (A – vista geral; B – detalhe do extravasor e vasos comunicantes).



Fonte: Os Autores

O campus de São Paulo do Potengi conta com dois sistemas para o armazenamento de água de chuva. O primeiro apresenta 04 reservatórios, que a captação de água ocorre no prédio principal enquanto que o outro sistema com 01 reservatório capta água do ginásio de esportes, e está localizado junto aos 07 reservatórios de água potável da rede pública de abastecimento (Figura 3), totalizando 08 reservatórios.

O Campus de Currais Novos conta com 05 reservatórios de alvenaria, revestidos com argamassa, cada um com 60 m³ de capacidade de dispostos em diversos locais do campus de acordo com proximidade da área de captação (Figura 4). Devido aos constantes problemas relacionados com falta de água fornecida pela rede de abastecimento público, o campus já adota há algum tempo a prática do uso de água de chuva para complementar suas necessidades de consumo. Dessa forma, os sistemas contam com estações elevatórias que bombeiam a água para uma caixa d'água de fibra de vidro, localizada logo abaixo do reservatório elevado principal do campus (Figura 4C). Sempre que possível a

área de captação vem sendo ampliada, sendo atualmente o campus que apresenta a maior área com o sistema de calhas implantado para a captação das águas de chuva com aproximadamente 3500 m².

Figura 3. Vista dos reservatórios de água de chuva no campus de São Paulo do Potengi (A – captação do prédio principal; B – captação do ginásio de esportes).



Fonte: Os Autores

Figura 4. Vista dos reservatórios de água de chuva no campus de Currais Novos (A – reservatório; B – reservatório; C – reservatório elevado; D – detalhe das calhas de captação).



Fonte: Os Autores

Como um dos principais usos para a água de chuva no campus de Currais Novos é consumo humano, sendo inclusive a água que abastece os bebedouros, é importante destacar a importância de se ter uma água de elevada qualidade sanitária, isenta de microrganismos. Dessa forma, é importante destacar que embora tenham sido instalados a montante dispositivos filtrantes contendo grelhas para a retenção de sólidos, os reservatórios não apresentam dispositivos para o descarte das primeiras águas. No entanto, como proteção sanitária, toda a água distribuída é clorada utilizando pastilhas de cloro

específicas para a desinfecção de água para consumo humano. Durante as inspeções dos sistemas nas visitas *in loco* foi observado que os dispositivos de proteção sanitária a montante dos reservatórios já estavam há muito tempo sem manutenção, contendo muita vegetação e areia dentro das caixas de passagem e, em alguns dos filtros as telas não haviam sido instaladas (Figura 5).

Figura 5. Vista dos filtros instalados a montante dos reservatórios no campus de Currais Novos.



Fonte: Os Autores

A Tabela 4 apresenta um resumo referente à quantidade de reservatórios de água de chuva, seus volumes individuais, a capacidade total de armazenamento e as áreas estimadas de captação em cada um dos 04 campi analisados por este estudo. Os resultados indicam um potencial de captação variando entre 1225 m³/ano (São Paulo do Potengi) a 2668 m³/ano (Canguaretama) que, com exceção do campus de Currais Novos, não vem sendo aproveitado devido à inexistência de estruturas próprias para tal finalidade.

Tabela 4. Resumo da capacidade total de armazenamento de água de chuva e do volume potencial de captação das unidades educacionais avaliadas.

CAMPUS	QUANTIDADE X VOLUME (m ³)	VOLUME TOTAL (m ³)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (m ²)	VOLUME POTENCIAL DE CAPTAÇÃO (m ³ /ANO)
Canguaretama	11 x 20	220	2900	2668
Ceará-Mirim	5 x 20	100	1841	1978
Currais Novos	5 x 60	300	3500	1767
São Paulo do Potengi	5 x 20	100	1961	1225

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Utilizando alguns dos métodos para o dimensionamento de reservatórios de água de chuva citados na NBR 15.527/07 (Brasil 2007), os volumes de armazenamento de cada campus foram checados (Tabela 5). Posteriormente, adotando os volumes reais de reserva, as demandas de água que poderiam ser supridas em cada campus pela água de chuva foram estimadas utilizando o Método de Rippl. Comparando os volumes estimados com o volume real dos reservatórios existentes em cada um dos campi, observa-se que apenas o de Canguaretama apresenta uma capacidade instalada (220 m³)

maior que a faixa estimada pelos 03 métodos utilizados. Para os demais campi a capacidade de armazenamento encontra-se dentro da faixa estimada. Através do Método de Rippl, foram estimados valores de demandas que poderiam ser supridas pela água de chuva (55 a 118 m³/mês), representando para os campi de Canguaretama, Currais Novos e São Paulo do Potengi, 72%, 44% e 26% do consumo de água da rede pública. Para o campus de Ceará-Mirim, 100 m³/mês poderia ser suprido pela água de chuva.

Tabela 5. Estimativas de volumes de armazenamento e de demandas de consumo.

VOLUMES ESTIMADOS DE ARMAZENAMENTO (m ³)	CAMPUS				
	CANGUARETAMA	CEARÁ-MIRIM	CURRAIS NOVOS	SÃO PAULO DO POTENGI	
Método	Azevedo Neto	140	104	371	193
	Alemão	160	119	106	74
	Inglês	167	124	110	77
DEMANDAS ESTIMADAS (m³/MÊS)					
Método	Rippl	118	100	80	55

Fonte: Brasil (2007).

MONITORAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E USO DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA

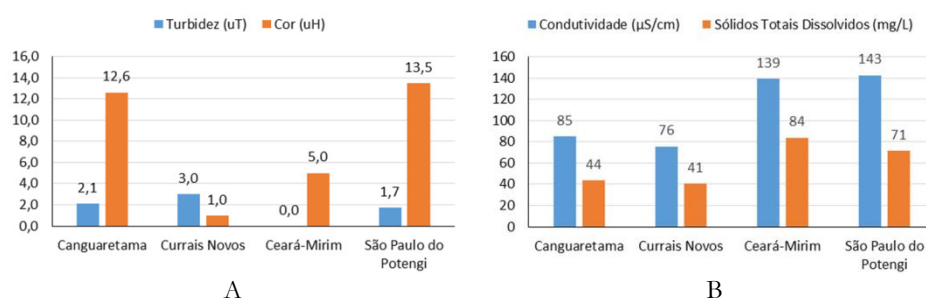
O monitoramento e as análises laboratoriais permitiram a caracterização da água de chuva armazenada pelos campi analisados. Diante disso, destaca-se que embora o pH da água de chuva seja reconhecido como levemente ácido o contato da água com as superfícies de coleta tende a modificá-lo. Em todos os pontos foram observados valores de pH alcalinos, com medianas variando entre 7,5 a 7,7. As águas apresentaram medianas de alcalinidades variando entre 73 mg CaCO₃/L (Currais Novos) a 600 mg CaCO₃/L (São Paulo do Potengi).

Mesmo sem a presença dos dispositivos de proteção sanitária as águas apresentaram concentrações medianas de turbidez (0 – 3,0 uT) e cor (1,0 – 13,5 uH), conforme indicado na Figura 06A. Da mesma forma, foram verificados baixos valores de condutividade e sólidos totais dissolvidos (Figura 6B). A mediana de condutividade variou entre 76 e 143 µS/cm enquanto que para os sólidos totais dissolvidos a variação foi entre 41 e 84 mg/L. As concentrações de sólidos suspensos em todos as amostras analisadas foram sempre inferiores a 10 mg/L, o fósforo total e o nitrogênio amoniacal variaram em torno de 0,1 mg/L.

Nas amostras analisadas, foi detectada a presença de coliformes termotolerantes resultando em concentrações medianas de 13 NMP/100 ml (Canguaretama), 15 NMP/100 ml (Ceará-Mirim) e 21 NMP/100 ml (São Paulo do Potengi). Sugere-se que nestes campi, sejam adotadas algumas ações sanitárias para a melhoria do parâmetro coliformes termotolerantes, tais como: instalação de

dispositivos automáticos que desviam as primeiras águas de chuva e do uso de tubulações para a tomada de água do reservatório, o que inviabiliza o contato direto de pessoas (mãos) e utensílios (balde, lata, corda etc.) contaminados.

Figura 6. Parâmetros físico-químicos da água de chuva armazenada em campi do IFRN (A - Concentrações medianas de turbidez e cor nas amostras de água de chuva; B - Concentrações medianas de condutividade e sólidos totais dissolvidos nas amostras de água de chuva).



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Em Currais Novos, como a água de chuva é utilizada para abastecimento do campus, após a detecção de coliformes na primeira amostra coletada, foi realizada uma inspeção e limpeza dos pré-filtros a montante dos reservatórios, a substituição dos filtros de todos os bebedouros e a desinfecção da água com pastilhas de cloro específicas para consumo humano. Posteriormente, nas demais análises não foram detectadas a presença de coliformes termotolerantes.

A Tabela 6 apresenta as concentrações medianas das demais variáveis analíticas monitoradas nas águas de chuva coletada nos quatro campi.

Tabela 6. Concentrações medianas de alguns sais nas amostras de águas de chuva.

VARIÁVEL (MG/L)	CANGUARETAMA	CURRAIS NOVOS	CEARÁ-MIRIM	SÃO PAULO DO POTENGI
Cloreto	10,0	9,1	15,0	17,5
Dureza total	30,6	33,3	46,8	47,7
Cálcio	9,5	9,2	11,8	11,8
Magnésio	1,7	1,5	6,1	3,0
Sódio	18,7	10,3	16,2	10,2
Potássio	19,5	11,9	4,4	11,6

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

De maneira geral, os melhores resultados foram verificados no Campus de Currais Novos e podem estar relacionados às melhores condições operacionais e de manutenção do sistema. Além disso, como é o único campus aonde a água já vem sendo aproveitada, existe uma contínua renovação da mesma dentro dos reservatórios.

Considerando que um dos usos mais prováveis para a água de chuva é a irrigação de áreas verdes dos campi, a mesma deve apresentar qualidade compatível com Água Doce – Classe 02 de

acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto). Considerando todos os resultados obtidos (Tabela 7), verifica-se que tal qualidade é atendida pelas quatro amostras de águas de chuva. Esse resultado corrobora com o estudo de Oliveira (2008).

Tabela 7. Concentrações medianas de alguns sais nas amostras de águas de chuva.

*Valores normalizados pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil 2005) para a Classe 02.

PARÂMETROS ANALISADOS	RESULTADOS (MEDIANAS) DE CADA CAMPUS				VALORES NORMALIZADOS *
	CANGUARETAMA	CEARÁ-MIRIM	CURRAIS NOVOS	SÃO PAULO DO POTENGI	
Turbidez (uT)	2,1	0,0	3,0	1,7	<100
pH	7,5 a 7,7	7,5 a 7,7	7,5 a 7,7	7,5 a 7,7	6 a 9
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	13	15	-	21	<1000
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	44,0	41,0	84,0	71,0	500

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Com relação ao aproveitamento da água para consumo humano, como já realizado no Campus de Currais Novos, é importante destacar que para a maioria das variáveis monitoradas foram verificadas concentrações abaixo dos valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Todos os resultados de turbidez, cloreto, dureza total, sólidos totais dissolvidos foram inferiores aos VMP pela Portaria (Tabela 8). Nos campi de Canguaretama e São Paulo do Potengi a cor aparente só foi maior que o VMP em um resultado. A maior preocupação em relação a este uso é sem dúvida a qualidade microbiológica da água; todas as amostras foram positivas para a presença de coliformes termotolerantes, no entanto, conforme já constatado no campus de Currais Novos, pequenas ações de proteção sanitária podem garantir uma água isenta de microrganismos.

Tabela 8. Comparação entre os valores obtidos e os valores normalizados.

*Os valores normalizados estão de acordo com a Portaria 2914/2011 (Brasil 2011).

PARÂMETROS ANALISADOS	RESULTADOS (MEDIANAS) DE CADA CAMPUS				VALORES NORMALIZADOS *
	CANGUARETAMA	CEARÁ-MIRIM	CURRAIS NOVOS	SÃO PAULO DO POTENGI	
Turbidez (uT)	2,1	0,0	3,0	1,7	5
Cloreto (mg/L)	10,0	15,0	9,1	17,5	250
Dureza Total (mg/L)	30,6	46,8	33,3	47,7	500
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	44,0	41,0	84,0	71,0	1000

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

CONCLUSÕES

Com este trabalho, em que se avaliaram os sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em campi do IFRN, concluiu-se que:

Com base no diagnóstico físico e operacional dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, constatou-se que dos 04 campi avaliados, apenas 01 apresenta estação elevatória para o aproveitamento de água de chuva, demonstrando uma falta de planejamento com relação a destinação dessa água armazenada, que na verdade, poderia ser reutilizada para outros fins, inclusive contribuir para a redução de despesas com o abastecimento público de água.

Quanto à caracterização e ao monitoramento da água de chuva armazenada, verificou-se que as águas de chuva armazenadas nos campi, com exceção do campus de Currais Novos, apresentaram coliformes termotolerantes durante todo o monitoramento, fazendo-se necessário, pequenas ações de proteção sanitária que possam garantir uma água isenta de microrganismos. Ressalta-se que nenhum dos sistemas conta com dispositivos de descarte das primeiras águas de chuva.

Nos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, constataram-se através do método de Rippl valores de demandas que poderiam ser supridas pela água de chuva, apresentando uma economia para os campi de Canguaretama, Currais Novos e São Paulo do Potengi de 72%, 44% e 26% respectivamente do consumo de água da rede pública. Para o campus de Ceará-Mirim, 100 m³/mês poderia ser suprido pela água de chuva.

Apesar dos sistemas não estarem protegidos com as barreiras sanitárias necessárias, observou-se que mesmo assim a água de chuva apresentou boa qualidade, e o uso de uma simples cloração, inspeção e limpeza dos pré-filtros a montante dos reservatórios e a substituição dos filtros dos bebedouros foi suficiente para deixar a água própria para consumo humano.

REFERÊNCIAS

Abdulla FA, Al-Shareef AW 2009. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. *Desalination* 243:195-207.

Andrade Neto CO 2013. Aproveitamento imediato da água de chuva. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais* 1(1):73-86.

Apha, Awwa, Wef 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, New York.

Baguma D, Loiskandl W, Darnhofer I, Jung H, Hauser M 2010. Knowledge of measures to safeguard harvested rainwater quality in rural domestic households. *J. Water Health* 8(2):334-345.

Bocanegra-Martínez A, Ponce-Ortega JM, Nápoles-Rivera F, Serna-González M, Castro-Montoya AJ, El-Halwagi M 2014. Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development. *Resour. Conserv. Recycl.* 84:44-56.

Brasil 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução N° 357*, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

Brasil 2007. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR: 15527: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos*. ABNT, São Paulo.

Brasil 2011. *Portaria n° 2.914*, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília.

Brasil 2017. Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido da ASA. *Ações*. ASA Brasil, Recife. [update 2017 Feb 3]. Available from: <http://www.asabrasil.org.br>.

Brito LTL, Cavalcanti NB, Pereira LA, Silva AS; Gnadlinger J 2010. *Água de chuva armazenada em cisterna para produção de frutas e hortaliças*. Embrapa Semiárido, Petrolina.

Cirilo JA, Montenegro SMGL, Campos JNB 2010. A questão da água no semiárido brasileiro. In: Bicudo CEM, Tundisi JG, Scheuenstuhl MCB. *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: São Paulo Instituto de Botânica, cap. 5, p. 1-13.

Heijnen H 2008. A captação de água da chuva: aspectos de qualidade da água, saúde e higiene. In: Simpósio Brasileiro de Manejo e Captação de Água de Chuva, 8., Campina Grande. *Anais eletrônicos...* [updated 2016 Dec 15]. Available from: <http://www2.al.rs.gov.br/forumdemocratico/LinkClick.aspx?fileticket=Zv8iFiAtyTk%3D&tabid=5642>.

Jones M, Hunt M 2010. Performance of rainwater harvesting systems in the Southeastern United States. *Resour. Conserv. Recycl.* 54:623-629.

Lubitz M 2009. Disinfection of rainwater catchments: drinking water from the sky. *Water Conditioning & Purification* 16-17.

Luz LAR 2005. *A reutilização da água: mais uma chance para nós*. Qualitymark, Rio de Janeiro, 140pp.

Oliveira FMB 2008. *Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais*. Master dissertation, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 114pp.

Werneck GAM 2006. *Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí*. Master dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 283pp.

Rainwater Use in Educational Units of Rio Grande do Norte, Brazil

ABSTRACT:

This study aimed to evaluate rainwater harvesting systems in educational units in Rio Grande do Norte. Initially, a survey of information on the rainwater harvesting systems of the IFRN campuses was carried out. The campuses were then visited for validation of the information collected and verification of other pertinent elements (catchment surface areas, reservoir types and volumes, installations physical conditions, operational conditions and destination of stored water). Subsequently, 04 educational units were selected and monitored monthly between March and September 2014 in order to characterize stored rainwater, physico-chemically and microbiologically. The results show that the stored water presented compatible quality for green areas irrigation, despite operational and sanitary oversights. We concluded that capture and storage systems can make compatible the rational, efficient and sanitary use of rainwater in the Brazilian semi-arid region.

Keywords: Rainwater Utilization; Educational Units; Brazilian Semiarid.

Submissão: 16/03/2017

Aceite: 18/12/2017