241 – ANÁLISE DE MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE CISTERNAS BASEADO EM BALANÇO HÍDRICO NA ZONA RURAL DA REGIÃO POTENGI - RN

Ielisson Vagner Rangel Cortez[(1)]
Estudante do curso superior em Engenharia Civil do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.
Rafael Melo Torres[(2)]
Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professor do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.
Juvenise Tavares da Costa Freire[(3)]
Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestra em Uso Sustentável de Recursos Naturais pelo do Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Professora do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.
Maria Cleide Ribeiro de Oliveira[(4)]
Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestra em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professora do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.
Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros [(5)]
Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestra em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professora do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.

Endereço[(1)]**:** Avenida Senador Salgado Filho, 1559- Tirol – Natal – Rio Grande do Norte – 59015-000 - Brasil - Tel: +55 (84) 4005-9832 - e-mail: ielissonrangell@gmail.com

RESUMO

A escassez hídrica no semiárido nordestino torna essencial o uso de cisternas como estratégia de abastecimento. Este estudo analisou as cisternas instaladas no Projeto de Assentamento Potengi-RN, observando que a capacidade padrão de 16.000 litros é insuficiente para atender às demandas locais durante os períodos de estiagem. Essa padronização ocorre por meio de programas governamentais, como o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), que nem sempre atendem de forma eficaz às necessidades locais, desconsiderando as especificidades climáticas e pluviométricas de cada região. Foram utilizados dados pluviométricos dos últimos 14 anos, fornecidos pela EMPARN, além de informações sobre o consumo médio das famílias. A metodologia envolveu o uso de ferramentas de georreferenciamento, como o QGIS e o Mergin Maps, para o levantamento e análise dos dados; a aplicação do método de Andrade Neto para o redimensionamento da nova cisterna — que resultou na proposta de aumento da capacidade para 25.000 litros, valor superior ao atualmente utilizado —; e a modelagem 3D, realizada por meio do software Revit, que permitiu a visualização da nova estrutura, incluindo o desvio das primeiras águas, fundamental para garantir a qualidade da água armazenada.O estudo reforça a importância da adaptação das tecnologias às condições climáticas locais e sugere atualizações nos modelos de cisternas adotados por programas governamentais.

PALAVRAS-CHAVE: Cisterna, água de chuva, balanço hídrico.

INTRODUÇÃO

A problemática hídrica no semiárido nordestino torna as cisternas uma tecnologia importante para o abastecimento de água em áreas rurais, especialmente durante longos períodos de estiagem. O clima é a principal característica do semiárido, sendo determinante para o êxito da atividade agropecuária e, por consequência, para a sobrevivência das famílias, que dependem fortemente da água das chuvas (MOURA, SOBRINHO e SILVA, 2019). A população rural do semiárido, especialmente a de baixa renda, enfrenta grandes dificuldades para acessar água potável, frequentemente sendo obrigada a percorrer longas distâncias, até mesmo quilômetros para encontrar fontes de água, que, na maioria das vezes, são de qualidade inferior (SILVA et al., 2013). A captação e o armazenamento da água da chuva têm sido estratégias eficazes para garantir o acesso a água em muitas comunidades da região, uma vez que, quando as primeiras águas são captadas e eliminadas, a água da chuva apresenta baixas concentrações de contaminantes, atendendo às necessidades domésticas das famílias.

Entretanto, um problema recorrente nos projetos de cisternas para o semiárido é a padronização do volume de armazenamento. Essa padronização se dá pelo Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), criado em 2003, é uma iniciativa voltada à promoção do acesso à água no semiárido brasileiro, especialmente para populações rurais em situação de vulnerabilidade. O programa busca promover uma tecnologia social que melhore o acesso das famílias à água, por meio da instalação de cisternas de placas de cimento, projetadas para captar a água da chuva e serem de uso simples e acessível (EIRÓ e LINDOSO, 2015). As cisternas de placas possuem um funcionamento simples, captando a água da chuva que escoa pelo telhado e a armazenando em um reservatório semi-subterrâneo com capacidade de 16.000 litros (EIRÓ e LINDOSO, 2015). Muitas vezes, um único modelo de cisterna, geralmente com capacidade de 16.000 litros, é implementado em diversas localidades sem considerar as diferenças no regime de chuvas. A utilização de um volume padrão de armazenamento, sem levar em conta as diferenças entre as famílias e a variação das chuvas em cada região, acaba resultando em cisternas com tamanhos que não atendem bem às necessidades locais (SOUSA, NETO e MAIA, 2017). Essa padronização acarreta em cisternas de capacidade subestimadas ou superestimadas, resultando em desperdício de recursos hídricos ou escassez.

Embora existam diversos métodos de dimensionamento de cisternas, é fundamental avaliar quais metodologias são mais adequadas para cada contexto, levando em conta a realidade climática e a distribuição sazonal das chuvas em cada localidade. O dimensionamento considera a análise da distribuição das chuvas mês a mês ao longo do ano, relacionando a capacidade de captação de água da chuva com a identificação dos períodos consecutivos de déficit hídrico, a partir do cálculo da precipitação mínima necessária para suprir a demanda (SOUSA, NETO e MAIA, 2017). O dimensionamento baseado no balanço hídrico tem sido mostrado uma abordagem compatível para muitas regiões do Brasil. Esse método considera a distribuição mensal das chuvas ao longo do ano, comparando a quantidade de oferta com a demanda hídrica das famílias, o que permite um ajuste mais preciso do volume de armazenamento necessário.

Nesse contexto, a pesquisa foi desenvolvida em um assentamento rural na Região do Potengi-RN em parceria com o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), por meio do Núcleo de Extensão e Prática Profissional de Construção Civil (NEPPCON), e propõe a aplicação do redimensionamento das cisternas baseado no método do balanço hídrico.

OBJETIVOS

Este artigo tem como objetivo investigar os tipos de cisternas existentes em um assentamento na região do Potengi-RN e propor o redimensionamento dessas estruturas com base no método do balanço hídrico. A proposta visa adequar a capacidade de armazenamento de água à realidade climática da região e às demandas das famílias.

METODOLOGIA UTILIZADA

A pesquisa foi realizada no Projeto de Assentamento Potengi, que abrange uma área de 8.541,52 hectares e está localizado entre os municípios de Lagoa de Velhos, São Paulo do Potengi, Senador Elói de Souza, Serra Caiada, Tangará e Sítio Novo, conforme ilustrado na Figura 1.

Inicialmente, foi utilizada a plataforma Mergin Maps , um software QGIS , onde foi realizado o levantamento de dados, sincronização e compartilhamento de dados geoespaciais. Foi realizado um voo de drone para gerar um ortomosaico georreferenciado e contabilizar as edificações nas agrovilas, totalizando 80 residências na Agrovila São Paulo, 80 na Agrovila São Tomé e 101 na Agrovila São Pedro.

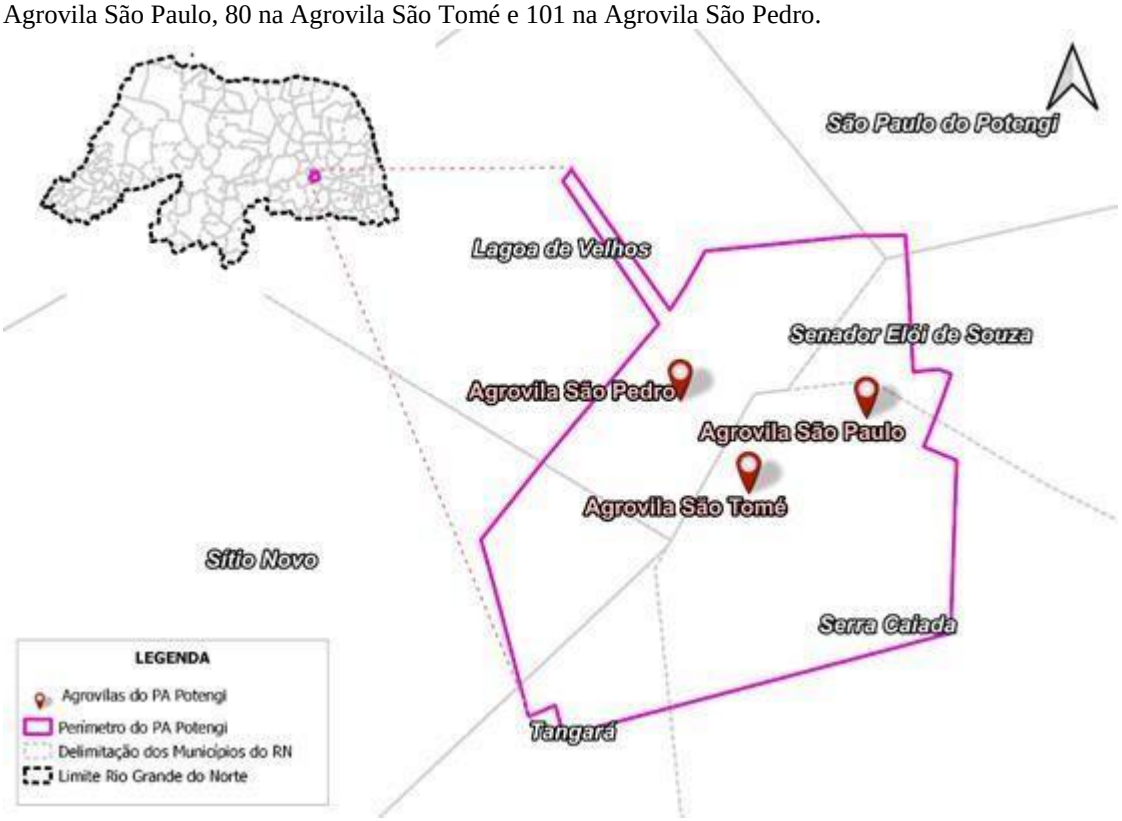

Figura 1: Mapa de localização do PA Potengi.
Fonte: Adaptado do IBGE e SIGEF em 2024

Em seguida, foi utilizado os dados da (EMPARN) Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, que forneceu um relatório pluviométrico dos últimos 14 anos da região do Potengi-RN. A partir do relatório, foi possível redimensionar as cisternas baseado no método do balanço hídrico local.

Após as coletas de dados climáticos e de consumo, foi realizado o cálculo de dimensionamento das novas cisternas. O método utilizado foi o dimensionamento de cisternas de Andrade Neto, no qual envolve cálculos e análises para determinar o tamanho adequado de uma cisterna para armazenar a quantidade necessária de água. O método permite o dimensionamento considerando os meses em déficit, ou seja, leva em conta a precipitação mensal crítica (equação 01).

Pcr = Cmensal / (A * C) Equação (1)

- Pcr é a precipitação mensal crítica (mm);
- Cmensal é o consumo mensal (L);
- A é a área de captação (m²);
- C é o coeficiente de aproveitamento (%).

Por fim, para ilustrar o projeto da cisterna com capacidade de 25.000 litros, foi utilizado o software Revit. Nesse processo, o Revit foi empregado para criar uma modelagem tridimensional da cisterna, levando em consideração o desvio das primeiras águas, conforme as especificações da NBR 10844 (1989**)**.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se que a maioria das moradias no assentamento possui cisternas (Figura 2) com o volume de 16.000 litros (figura 3). Essas estruturas desempenham um papel fundamental no semiárido nordestino, pois possibilitam o armazenamento de água da chuva para consumo humano, atividades domésticas e produção agrícola.

Figura 2: Distribuição percentual de domicílios que possuem cisterna nas comunidades da Agrovila São Paulo, São Tomé e São Pedro.
Fonte: Elaboração própria

Observa-se que as comunidades de Agrovila São Paulo e Agrovila São Tomé apresentam ampla cobertura de cisternas, com 97% e 96% dos domicílios atendidos, respectivamente. Em contraste, na Agrovila São Pedro, apenas 43% dos domicílios possuem cisterna, enquanto a maioria (57%) ainda não dispõe desse recurso.

Figura 3: Cisternas das agrovilas São Pedro e São Tomé.
Fonte: Elaboração própria em 2024

As cisternas apresentadas fazem parte do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), uma iniciativa da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA). O P1MC tem desempenhado um papel fundamental na melhoria das condições de vida de famílias rurais do semiárido nordestino, promovendo a construção de cisternas com

capacidade para armazenar 16 mil litros de água da chuva, como mostra a Figura 4.

Figura 4: Placa de identificação de uma cisterna construída pelo Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) na comunidade de Agrovila São Paulo.
Fonte: Elaboração própria em 2024

Com base nos dados coletados (Tabela 1), que chegaram ao Relatório Pluviométrico 2010-2024 da EMPARN para a cidade de São Paulo do Potengi, e na aplicação do método de Andrade Neto, foi possível redimensionar as cisternas do Assentamento Potengi. Estimou-se a capacidade de armazenamento necessária para garantir o abastecimento durante os períodos de estimativa.

Tabela 1 – Precipitação mensal acumulada (em milímetros). Fonte: EMPARN. Relatório Pluviométrico 2010-2024. São Paulo do Potengi: EMPARN, 2024.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2010*	0	17	12,9	62,6	38,1	42,5	23,5	19	2	0,2	-	-	217,8*
2011*	170	122	105,2	107	185,3	147,4	147,8	41	0,8	4,7	9,1	-	1040,3*
2012*	-	-	0*	3,2	20	72,8	46	0	0	0	0	0	142*
2013*	5	12	9,5	63,3	99,6	144,9	126,6	72,6	66,3	0	-	-	599,8*
2014*	39,4	36,5	79,8	0	90,2	104,4	33	7,6	88,6*	6,2	-	2,4	488,1*
2015	6,5	42,1	276	24,8	16,7	56,4	135,9	0	0	2,4	0	12,2	573
2016*	106,3	27,4	30	37,2	96	51,2	1	15	0	0*	0*	16,5*	380,6*
2017	20,3	10,4	89,9	97,6	48,6	24,2	196,2	0	5,8	0	0	2,1	495,1
2018	41	212	104,8	83,5	12,6	66,6	48,3	0	0	0	2	8	578,8
2019	37	170,4	133	151	102,5	39,4	68,5	15,2	0	0	0	0	717

2020	130	38	202,7	80,5	118	59,3	118,2	0	3	7,5	20	3	780,2
2021	20,2	48,5	32,7	17,2	50,9	0,6	7	19,8	2	1,9	13	15,5	229,3
2022	106,3	35,7	226	55,2	135,2	75,8	178,4	46,9	5,1	18,4	11,1	10,2	904,3
2023 *	27,4	12,2	235,7	92,6	46,6	37,1	34,6	68,8	12,1	0	135*	28,4*	730,5 *
2024 *	94,1	145,1	248,2	95,1	48,7	252	46,5*	-	-	-	-	-	929,7 *

Legenda: "*" indica total parcial referente ao ano em andamento ou dados ainda sujeitos a revisão e "-" indica ausência de dados para o período.

A média pluviométrica da região nos últimos 14 anos foi de 596,1 mm. O levantamento do consumo diário foi obtido pelo volume de água captado pelo telhado da moradia e o consumo anual das famílias (Equação 2). Para fins de cálculo, foi considerado uma área de captação de 188,55 m² onde resultou em um consumo médio diário de 41,6 litros por pessoa e, consequentemente, um consumo mensal de 6.240 litros.

Vcaptado = VconsumoAnual Equação (2)

- Vcaptado é o volume captado;
- VconsumoAnual é o volume de consumo anual

Foram realizadas análises considerando a precipitação mensal crítica de 41,36 mm, indicando que, caso o volume de chuvas fique abaixo desse valor, poderá ocorrer déficit hídrico, impactando o abastecimento de água. Os meses críticos identificados foram de agosto a dezembro. Foi avaliado o consumo hídrico mensal das famílias, permitindo determinar que a capacidade de armazenamento recomendada para as cisternas na região do Potengi, no Rio Grande do Norte, é de 25 m³ (Equação 3).

Vc = (Nd * Cmensal) – (Pd * A * C) Equação (3)

- Vc é o volume da cisterna (m³);
- Nd número de meses que apresentou deficit (P<Pcr);
- Cmensal é o consumo mensal (m³);
- Pd é a precipitação total dos meses que apresentaram deficit (m);
- A é a área de captação (m²);
- C é o coeficiente de aproveitamento.

A modelagem no software facilitou a visualização da cisterna com capacidade de 25.000 litros e o desvio das primeiras águas, permitindo uma análise mais precisa e eficiente da implementação do novo modelo da cisterna (Figura 4).

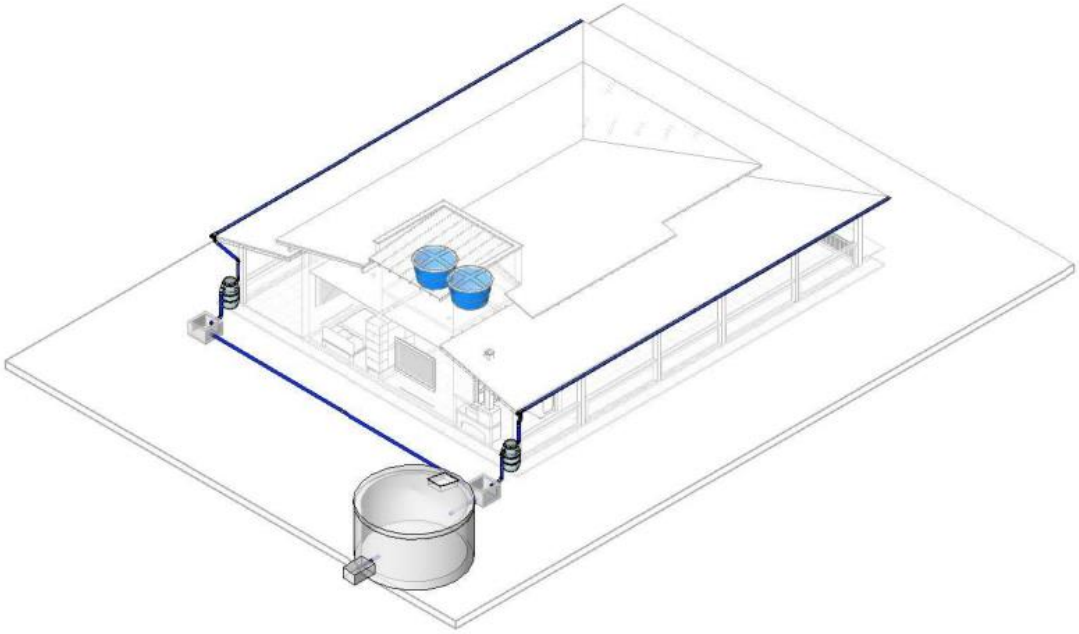

Figura 4: Modelagem 3D do sistema de captação e armazenamento de água de chuva.
Fonte: NEPPCON, 2024

A figura ilustra, por meio da modelagem, a captação de água pluvial a partir da cobertura da edificação com 188,55 m². É possível observar o direcionamento da água por meio das calhas, o sistema de desvio das primeiras águas, e o armazenamento em uma cisterna com capacidade de 25.000 litros, quantidade ideal para os moradores das agrovilas.

Diante das condições climáticas adversas da região, as cisternas representam uma solução essencial para garantir a segurança hídrica das famílias e mitigar os efeitos da seca prolongada. As cisternas não conseguem acabar com o obstáculo que é a escassez de água, mas as mesmas conseguem diminuir os efeitos desse fenômeno natural (COSTA, 2013). As cisternas não são capazes de eliminar a escassez de água, mas desempenham um papel crucial ao mitigar seus efeitos.

As cisternas são atualmente o principal modelo de solução para promover o acesso à água, desempenhando um papel importante em diversas atividades que têm um impacto direto no desenvolvimento das comunidades locais (COSTA, 2013). O modelo atual da região é de 16000 litros, padrão dos programas sociais do governo federal. O que se torna insuficiente para as famílias da agrovila, pois não é levado em consideração a irregularidade das chuvas no local, enquanto o redimensionamento sugere 25.000 litros, suficiente para os tempos de maior estiagem, além de evitar desperdícios o novo volume da cisterna está alinhado com a realidade climática da região. A água coletada e armazenada em cisternas tende a apresentar boa qualidade nos parâmetros físico-químicos, enquanto os fatores microbiológicos podem ser melhorados com a utilização de um sistema de desvio das primeiras águas da chuva (LEITE et al., 2017). Foi possível observar a ausência de desvio de primeiras águas no assentamento, algo extremamente necessário, tendo em vista que esse mecanismo evita que as impurezas e contaminantes presentes nas primeiras precipitações que afetam a qualidade da água armazenada.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa evidenciou que as cisternas de 16.000 litros, modelo padrão adotado pelos programas governamentais, são insuficientes para atender às necessidades das famílias durante os períodos de estiagem, uma vez que não consideram a irregularidade e a baixa pluviométrica da região. O estudo realizado no assentamento rural Potengi, na Região do Potengi-RN, demonstrou a importância de um método de dimensionamento de cisternas baseado no balanço hídrico, adaptado às condições climáticas das agrovilas. A proposta de redimensionamento para cisternas com capacidade de 25.000 litros, com base nos dados pluviométricos e no método de Andrade Neto,

Além disso, a ausência de um sistema de desvio das primeiras águas foi identificada como uma falha nas casas da agrovila, uma vez que esse mecanismo é essencial para garantir a qualidade da água, evitando a contaminação proveniente das primeiras chuvas. A modelagem e visualização do projeto no software Revit se mostrou muito útil, permitindo uma análise mais detalhada e precisa da nova cisterna, o que contribui para uma melhor implementação do projeto e a garantia de um abastecimento mais eficiente e seguro.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa evidenciam a necessidade de readequação das cisternas, O redimensionamento das cisternas para 25.000 litros, aliado à implementação de sistemas de desvio das primeiras águas, surge como uma solução eficaz para garantir um abastecimento de água mais seguro e adequado às necessidades das famílias.

Diante dos resultados obtidos neste estudo, recomenda-se:

- Adoção do dimensionamento baseado no balanço hídrico;
- Atualização dos modelos de cisternas dos programas governamentais;
- Criação de políticas públicas adaptativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA COSTA, E.S.T. A importância do uso de cisternas no Assentamento Oziel Pereira–Remígio PB. 2014.

DA SILVA, S.T.B.; DE ARAÚJO, L.F.; ALMEIDA, A.J.G.A.; GAVAZZA, S.; DOS SANTOS, S.M. Comportamento de dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva como barreiras sanitárias para proteção de cisternas. *Águas Subterrâneas*, v. 31, n. 2, p. 1-11, 2017.

DE MOURA, M.S.B.; SOBRINHO, J.E.; DA SILVA, T.G.F. Aspectos meteorológicos do semiárido brasileiro. 2019.

DE SOUSA, A.B.; NETO, C.O.A.; MAIA, A.G. Análise dos métodos de dimensionamento de cisternas com base na avaliação de volumes calculados para zonas pluviais homogêneas distintas. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, p. 147-160, 2017.

EIRÓ, F.; LINDOSO, D.P. Reinvenção de práticas clientelistas no Programa Um Milhão de Cisternas–P1MC. *Ciência e Sustentabilidade*, v. 1, n. 1, p. 62-76, 2015.

EMPARN – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. Disponível em: http://www.emparn.rn.gov.br/. Acesso em: 13 abr. 2025.

LEITE, I.R.D.; SANTOS, L.C.A.; PEREIRA, M.C.M.; BARBOSA, P.G.; DE MEDEIROS, F.K. Desvio das primeiras águas: uma revisão sobre sua influência na qualidade da água em cisternas. *Anais II CONIDIS*. Campina Grande: Realize Editora, 2017.

MARINHO, J.O.; CAMPOS, J.O.; DE LIMA, V.R.P. A importância das cisternas de placas na zona rural de Serra Redonda-PB: uma análise da comunidade Torre. *Revista Geotemas*, v. 9, n. 1, p. 07-27, 2019.

NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

PASSADOR, C.S.; PASSADOR, J.L. Apontamentos sobre as políticas públicas de combate à seca no Brasil: cisternas e cidadania? *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, v. 15, n. 56, 2010.

SILVA, N.L.; DOS SANTOS, D.B.; KLEIN, M.R.; AZEVEDO, D.O.; MEDEIROS, S.S. Impactos socioeconômicos do projeto cisternas II em comunidades do município de Ibipeba, Bahia. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 16, 2013.