

# TECNOLOGIA PARA CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA, BASEADA EM ESTRUTURAS FUNCIONAIS DE CACTÁCEAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Wedsley Oliveira de Melo<sup>1</sup>

Itamar Ferreira da Silva<sup>2</sup>

Catarina de Oliveira Buriti<sup>3</sup>

Humberto Alves Barbosa<sup>4</sup>

## 1 Introdução

No Semiárido brasileiro, cerca de 38% da população vive na zona rural, o que corresponde a uma estimativa de 8,5 milhões de pessoas (IBGE, 2010). Nesse sentido, adaptar tecnologias hídricas adequadas à convivência da população com a seca é um dos maiores desafios à região. Uma das estratégias de convivência com o Semiárido, sempre defendida e valorizada por técnicos, sociedade civil e estudiosos, são sistemas de captação e armazenamento de água da chuva (BURITI; BARBOSA, 2018).

Historicamente, as políticas adaptadas à seca na região basearam-se na prática de estocar água, medida considerada fundamental para minimizar o problema hídrico. Desde os anos 1990, houve uma mudança de paradigma em direção às tecnologias para captação e armazenamento de água da chuva. Das grandes obras de engenharia, como açudes, canais e barragens, que desde o início do século XX, concentravam água em determinados pontos geográficos, passaram a ter destaque, a partir de então, as pequenas cisternas para reservar água. São tecnologias sociais simples, de baixo custo e de fácil replicação, que permitem reservar água para os períodos de seca (BURITI; BARBOSA, 2018).

As tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva já estão bastante avançadas e contempladas em importantes políticas para a região (BRITO et al., 2015). Elas permitiram implementar um dos maiores programas mundiais, em larga escala, de aproveitamento de água da chuva, para ampliação do abastecimento de populações rurais, de comunidades difusas, do Semiárido brasileiro (GOMES; HELLER, 2016).

Todavia, essas soluções ainda são insuficientes para atender às demandas por água das famílias da área rural do Semiárido. A quantidade de água armazenada na cisterna não é capaz de suprir as necessidades básicas de consumo das famílias,

1 Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTIC). E-mail: wedsley@gmail.com.

2 Programa de Pós-Graduação em Design/Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: itadesigner@yahoo.com.br.

3 Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTIC). E-mail: catarina.buriti@gmail.com.

4 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis)/Universidade Federal de Alagoas (Ufal). E-mail: barbosa33@gmail.com.

### Agradecimentos

Os dois primeiros autores agradecem ao Laboratório de Botânica, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), e ao Laboratório de Anatomia Vegetal, do Instituto de Biologia, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pelo apoio para a realização desta pesquisa. A terceira autora agradece pelo apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio do “Projeto de Pesquisa e Difusão: Monitoramento Ambiental por Satélite para Planejamento da Agricultura Familiar no Semiárido Brasileiro” (Processo no 154467/2018-9). O quarto autor agradece pelo apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), através do Projeto Pró-Alertas (Processo no 88887.091737/2014-01).

durante os períodos de secas. Além disso, as condições precárias dos domicílios das áreas rurais, decorrentes dos baixos níveis sociais e econômicos das populações, conferem riscos potenciais à qualidade da água armazenada nas tecnologias hídras (GOMES; HELLER, 2016; SANTOS; SILVA, 2009). Na última década, a região enfrentou a “Seca do Século” (2010-2017), considerada uma das mais longas e intensas secas da sua história. Durante o período, a população rural enfrentou uma situação crítica de vulnerabilidade social, ainda dependendo das tradicionais operações de carros-pipa para suprir suas demandas por água (BURITI; BARBOSA, 2018).

Assoluções tecnológicas já existentes, simples e de baixo custo, foram implantadas, para atenderem a demandas emergenciais de água para abastecimento humano, em razão de ainda não existirem outras maneiras que reduzam o déficit hídrico na região, de forma mais constante e duradoura (MELO, 2019). Nesse contexto, o presente artigo tem o objetivo de analisar a viabilidade da construção de uma tecnologia móvel para captação e armazenamento de água da chuva, baseada na utilização de princípios funcionais de plantas xerófilas do Semiárido brasileiro.

O trabalho foi baseado nos princípios científicos da biomimética, ciência que busca solucionar problemas do cotidiano das pessoas, de forma sustentável, a partir da observação do funcionamento dos sistemas da natureza (ARRUDA, 2012). A designação desta recente e promissora área de estudo científico provém da combinação das palavras gregas *Bíos*, que significa vida, e *Mímesis*, que significa imitação. Assim, o objetivo da biomimética é o estudo das estruturas biológicas e das suas funções, adaptando as estratégias e soluções da natureza em diversas áreas, como engenharia, biologia, design, administração, medicina e tecnologia.

A aplicação de princípios inspirados na natureza podem influenciar na criação e desenvolvimento de projetos de *design* e tecnologia. Neste trabalho, foram investigados os sistemas naturais e a estrutura fisiológica de plantas xerófilas do Semiárido brasileiro, relacionadas ao armazenamento de água. O estudo analisou como algumas espécies de cactáceas sobreviveram e evoluíram ao longo do tempo, adaptando-se a uma das condições climáticas mais rígidas do Planeta: a Caatinga brasileira.

A tecnologia móvel de captação e armazenamento de água da chuva visa atender a alguns desafios identificados hoje no mercado. São eles: 1) garantir estruturas de captação de água da chuva, higiênicas e seguras, não dependendo, para isso, de calhas e telhados precários, que interferem na qualidade da água armazenada; 2) disponibilizar tecnologias de baixo custo para estocar água da chuva, que mantenham as adequadas condições de potabilidade do recurso hídrico; 3) permitir mobilidade para coleta e armazenamento de água da chuva, exatamente nos locais onde ocorrem as precipitações, de forma cada vez cada vez mais isoladas; 4) oferecer sistemas para captar e armazenar água da chuva, sustentáveis e eficientes, a partir da aplicação de características evolutivas e adaptativas, análogas à fisiologia das cactáceas do Semiárido.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Métodos e interpretação dos dados

Para a realização desta pesquisa, utilizou-se o método descritivo e a abordagem qualitativa. O método descritivo permite registrar e descrever características, relações ou fenômenos entre variáveis dos dados coletados, sem que haja interferência do pesquisador nos objetos analisados. Como o trabalho é realizado com plantas, geralmente alocadas em ambiente externo, o processo foi de descrição e observação das características estruturais de cada espécie.

Segundo Prodanov (2013), o uso desses levantamentos permitem descrever minuciosamente experiências, processos, situações e fenômenos. O objetivo é conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema para o qual procura-se uma resposta, ou de uma hipótese que se busque comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.

A técnica empregada foi a pesquisa exploratória, que possui um planejamento flexível, mas permite estudar o tema sob diversos ângulos e aspectos. Também foi feita a pesquisa bibliográfica, que segundo Lakatos e Marconi (2003), permite compreender que, se de um lado a resolução de um problema pode ser obtida através dela, por outro, tanto a pesquisa de laboratório quanto a de campo (documentação direta) exigem, como premissa, o levantamento do estudo da questão que se propõe analisar.

## 2.2 Procedimentos metodológicos

Na primeira etapa da pesquisa, foi realizado um levantamento de plantas xerófilas, no Cactário Guimarães Duque, localizado na sede do Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTIC), em Campina Grande (PB). Foram catalogadas e descritas, de forma técnica e detalhada, um total de 130 espécies de cactáceas e suculentas, desde a sua origem (família e subfamílias), status de conservação, localização geográfica, além de formas de captação e reserva de água.

A segunda etapa consistiu na coleta das amostras de cactáceas, em visitas de campo ao Cactário Guimarães Duque e à Estação Experimental do Insa, localizada no Sítio Lucas, zona rural de Campina Grande (PB).

Em uma terceira etapa do estudo, foram realizadas visitas ao Laboratório da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), para identificar as espécies mais indicadas para a pesquisa. Foram selecionadas as seguintes espécies: (A) mandacaru (*Cereus jamacaru*); (B) palma forrageira (*Opuntia ficus* e *Nopalea cochenilifera*); e (C) coroa-de-frade (*Melocactus*). Os critérios para escolha das espécies foram plantas de pequeno porte, com idade jovem (menos de 6 meses), por possuírem as mesmas estruturas das plantas adultas, com a vantagem de serem mais maleáveis ao serem seccionadas.

Na sequência, as espécies coletadas passaram por análises laboratoriais. Inicialmente, no Laboratório de Botânica, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), em Campina Grande (PB), as espécies foram preparadas para serem fatiadas pelo micrótomo, equipamento no qual as amostras foram inseridas e cortadas em lâminas. Este procedimento, que consiste em fotografar as estruturas internas das cactáceas, foi realizado no Laboratório de Anatomia Vegetal, do Instituto de Biologia, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no período entre novembro de 2018 até abril de 2019.

Na última etapa, foram identificados os padrões visuais das estruturas fisiológicas das cactáceas selecionadas. As imagens obtidas pelo microscópio foram utilizadas para a criação dos padrões visuais, e a partir de um formato escolhido, usadas para aplicação em um conceito de sistema de armazenamento de água, baseado no funcionamento das plantas xerófilas do Semiárido brasileiro.

## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Análise laboratorial das estruturas celulares das cactáceas

As imagens das estruturas celulares das plantas xerófilas, selecionadas para este estudo, foram capturadas, em três níveis de ampliação, no Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Botânica, do Instituto de Biologia da Universidade Estadual

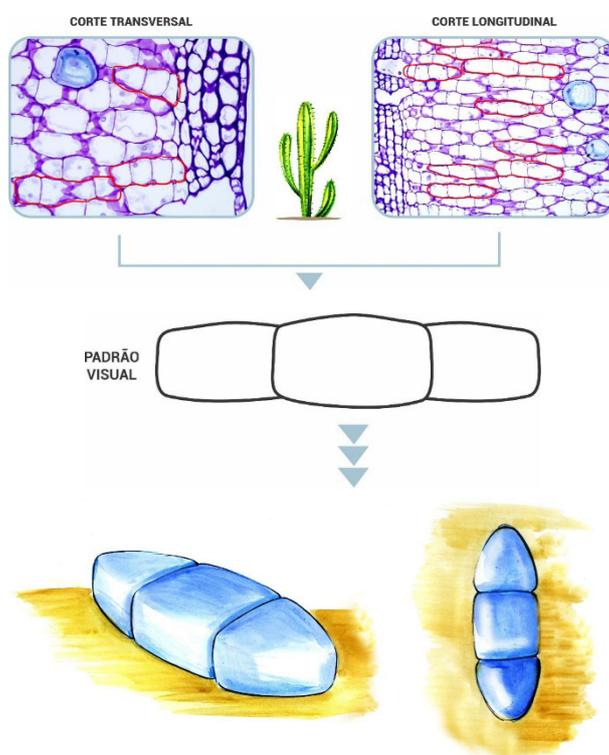
de Campinas (Unicamp), localizado em Campinas (SP), no período de novembro de 2018 a abril de 2019.

O processo analógico teve início com as informações coletadas sobre a estrutura vegetal e o funcionamento das partes das plantas. Buscou-se também novas fontes de dados sobre formas, funções, organização, princípios e processos das cactáceas analisadas. A partir da composição natural, pode-se imitar características e atributos para o desenvolvimento de produtos análogos, desde que a analogia seja definida anteriormente, como será mostrado a seguir.

Para a criação dos padrões visuais do estudo, buscou-se verificar a utilização de repetições formais, nas quais grupos de células tivessem a mesma ou aproximada forma, sendo elas agrupadas ou formadas por módulos que, unidos, viravam um grupo ou núcleo independente. O módulo é a menor extensão, que inclui todos os elementos de um grupo ou padronagem (RÜTHSCHILLING, 2008).

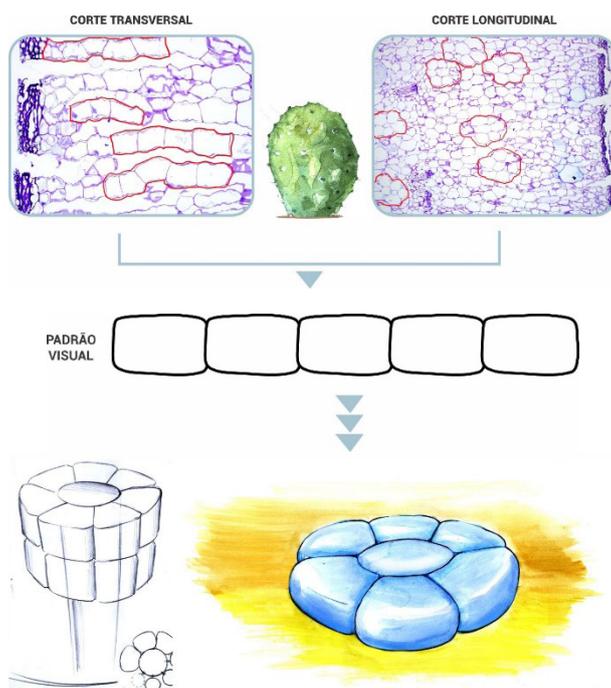
O módulo pode apresentar o formato de uma figura geométrica ou ainda ser algo amórfico. Rüttschilling (2008) relata que antes de configurar um padrão é de primordial importância o *designer* se apropriar dos conceitos referentes ao módulo e os seus sistemas de repetição. Assim, chegou-se à sequência abaixo de esboços estruturais, baseados em cada conjunto de imagens das espécies analisadas. As formas extraídas e criadas, com base nas imagens de cada planta, são apresentadas a seguir

O mandacaru gerou uma sequência de elementos, em blocos de 3 módulos, com a parte central semelhante a um retângulo e as laterais tendo suas bordas mais angulares (Figura 1).



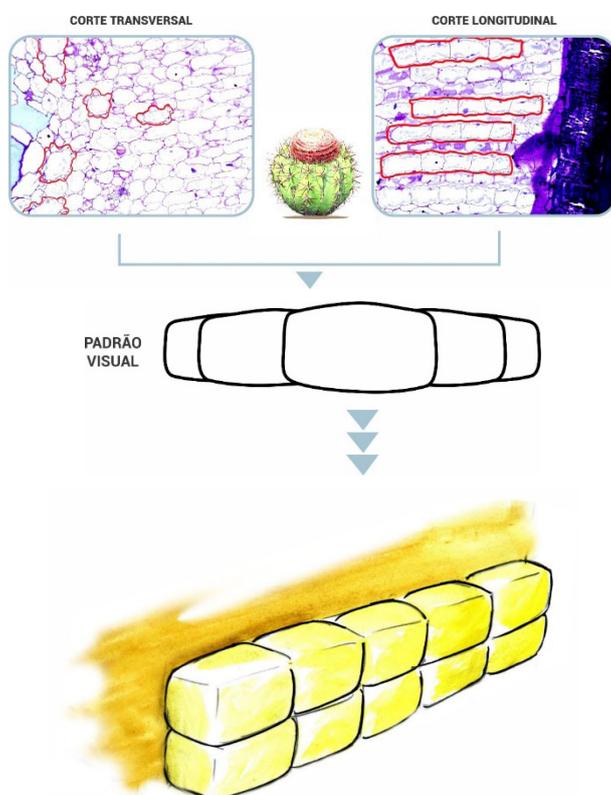
**Figura 1.** Elaboração dos estudos baseados na composição celular do mandacaru. Fonte: Melo, 2019

Na palma forrageira, os elementos repetitivos se agrupam de 5 em 5 módulos, com tamanhos aproximadamente iguais e em sequência repetitiva (Figura 2).



**Figura 2.** Elaboração dos estudos baseados na composição celular da palma forrageira. Fonte: Melo, 2019

E, por fim, a coroa-de-frade, onde pode-se observar que existem duas formações de elementos repetitivos, uma com blocos em sequência de 3 em 3 aproximadamente retangulares, e, na outra formação, a disposição das células ocorre de forma circular, semelhante ao formato de uma flor (Figura 3).



**Figura 3.** Elaboração dos estudos baseados na composição celular do a coroa de frade. Fonte: Melo, 2019

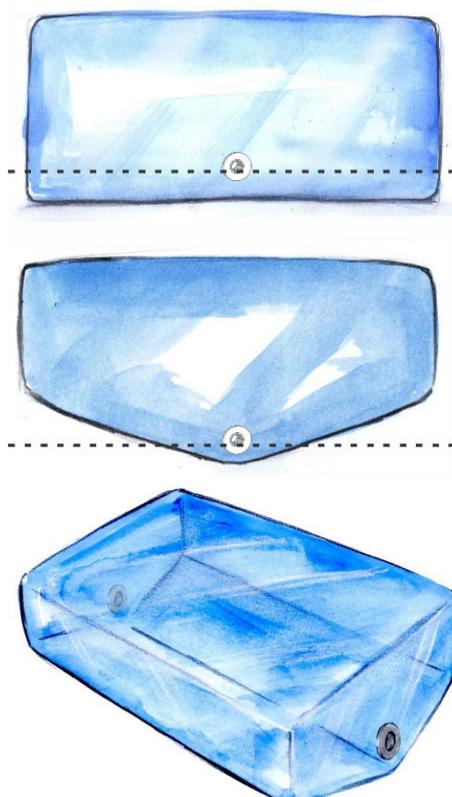
### 3.2 Modelo conceitual da tecnologia hídrica, baseado nas funcionalidades das plantas xerófilas

Com base nas fotografias laboratoriais das estruturas internas das plantas xerófilas, foi definido que seria utilizado o formato base do padrão visual da coroa de frade. Esta cactácea apresenta um sistema sequencial repetitivo, capaz de ser replicado sem muitas variações formais. A partir da definição do módulo para produção do conceito, teve início à fase projetual das partes do sistema, bem como à simulação do seu funcionamento. A Figura 4 ilustra o processo de elaboração de como funciona o sistema, a partir da montagem dos módulos.



**Figura 4.** Detalhe do funcionamento do sistema - 1: Vazio, 2: Sendo preenchido por água e 3: Totalmente cheio. Fonte: Melo, 2019.

A partir da observação do seu funcionamento, identificou-se que, pelo formato quadrangular do módulo, à medida que a água fosse abastecendo os blocos, na região abaixo da conexão entre eles, ocorreria um desperdício com um volume de água considerável, que não teria como ser pressionada para ser expelida e usada. Por essa razão, o padrão visual passou por um aperfeiçoamento técnico, tendo sido reavaliado e adicionado um vértice na base, visando aprimorar o funcionamento do sistema. Observe a representação na Figura 5.



**Figura 5.** Melhoramento na estrutura do módulo visando um melhor aproveitamento da água. Fonte: Melo, 2019.

Segundo cálculos de volume, cada módulo poderá ser capaz de armazenar até 360 litros de água (Figura 6).



**Volume total: 320 + 40 = 360 litros**

**Figura 6.** Volume do módulo projetado. Fonte: Melo, 2019

Na busca por encontrar um material que se adequasse às condições climáticas do Semiárido brasileiro, e que possuísse a resistência e capacidade de manutenção facilitada, para a construção do sistema conceitual, foi sugerido a utilização do material Etileno Tetrafluoretileno (ETFE), utilizado em projetos distribuídos pelo mundo.



**Figura 7.** Alguns exemplos de aplicação do ETFE

Um exemplo da sua utilização pode ser visto em painéis para cobrir a parte externa de grandes espaços, como o (A) Estádio Allianz Arena (em Bayern, Munique, clube de futebol alemão); o (B) Centro Aquático Nacional de Pequim, na China, cubo d'água dos jogos olímpicos de 2008; e o (C) Projeto Éden, a maior estufa do mundo, localizada na Inglaterra.

O ETFE é um plástico à base de flúor. Ele foi projetado para ter alta resistência à corrosão, em uma ampla faixa de temperatura. O filme ETFE é auto-limpante, devido à sua superfície antiaderente, e reciclável. É propenso a perfurações por bordas afiadas e, portanto, usado principalmente para telhados. Pode ser esticado (até 3x) e ainda ser dilatado, se ocorrer alguma variação no tamanho, em função, por exemplo, da expansão térmica.

Comparado com o vidro, o ETFE transmite mais luz, possui um melhor isolamento, custa de 24% a 70% menos para instalação, e é 99% mais leve. Além disso, este polímero é capaz de suportar cerca de 400 vezes o seu próprio peso, podendo ser esticado até três vezes seu comprimento, sem que haja perda de elasticidade. Ele tem uma superfície antiaderente, que resiste à sujeira (a própria chuva lava a sujeira que se acumula do lado de fora) e pode durar cerca de 50 anos.

O material é aplicado na construção de telhados e coberturas; também usado como revestimento termoplástico, em tubulações, tanques e vasos, para proteção adicional contra corrosão. Com relação à característica da membrana, ela é translúcida, monocamada, resistente ao fogo, hidrófuga (isola a umidade), de alta resistência, transparente, com controle solar; as resinas de ETFE também são resistentes à luz ultravioleta. Um teste de intemperismo acelerado, (comparável a 30 anos de exposição, quase não produziu sinais de deterioração do filme. Por ser um polímero, o material é moldável e facilmente compactado, podendo ser manuseado de forma semelhante aos colchões infláveis. É pré-fabricado e 100% reciclável.

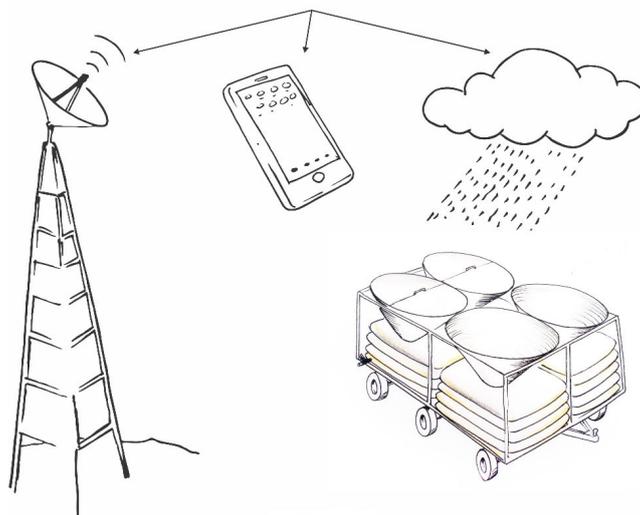
Ao contrário de plásticos potencialmente perigosos para a saúde, como o PVC, o ETFE é facilmente reciclável e de longa duração, mantendo-se em condições climáticas extremas. É rentável para produzir e tem um processo de fabricação e transporte de baixa energia, em função, em grande parte, do seu peso leve. Devido à sua elasticidade, o ETFE funciona bem em situações de desastres naturais, como terremotos, e é auto-extinguível em caso de incêndio.

Com base nos princípios funcionais de cactáceas do Semiárido, bem como nas análises formais e analógicas para criação de modelos para armazenamento de água, tornou-se viável a criação de um sistema simples, capaz de atender às demandas por água na região. Mas para que essa viabilidade seja efetiva, depende-se exclusivamente de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda (MELO, 2019).

O reservatório de água da chuva, sendo o principal componente do sistema, deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica local, para dimensioná-lo corretamente, sem inviabilizar economicamente o sistema. Foi por isso que projetamos a aplicação do modelo conceitual a um sistema móvel, acoplado a um centro de informações meteorológicas, para coleta de água da chuva, exatamente nos locais onde houver previsão de precipitações.

### 3.3 Aplicações biomiméticas em um sistema móvel para captação e armazenamento de água da chuva

Com base na pesquisa realizada, foi construído e testado o protótipo de um sistema móvel de coleta e armazenamento de água da chuva (Figura 8). Abaixo, é demonstrado o funcionamento do sistema, inspirado na fisiologia celular das cactáceas analisadas, especificamente, a formação celular da coroa de frade.



**Figura 8.** Sistema móvel de captação e armazenamento de água da chuva. Fonte: Autores

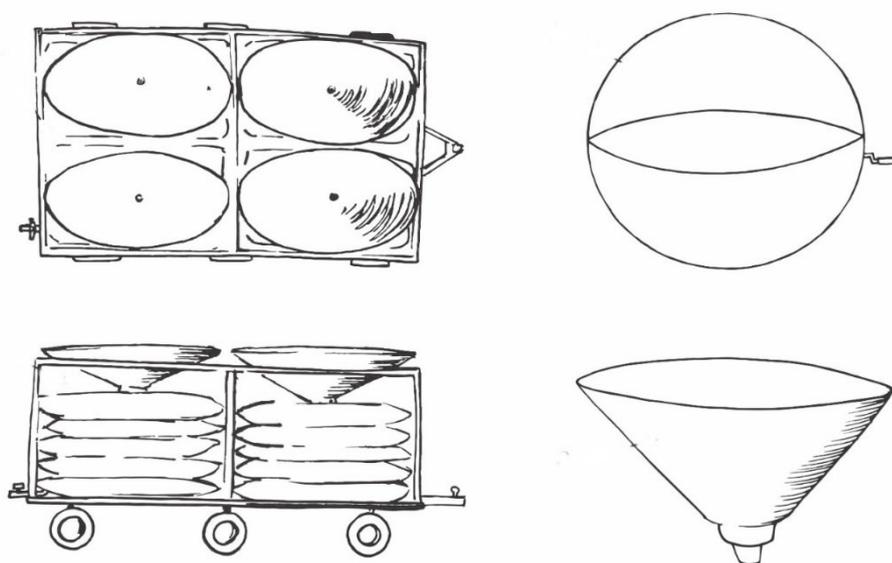
O dispositivo para o sistema portátil de coleta de água da chuva, para fins potáveis, consiste de coletores, na forma de funil, que se abrem no início da chuva, de forma fácil, de simples montagem e de baixo custo. Toda a superfície de cada funil atua como coletora de água, possibilitando vazão até os módulos que armazenam a água. O sistema permite captar água da chuva, antes que chegue ao solo. O tanque possui um gancho, em sua estrutura, para ser acoplado ao meio de transporte (Figura 9).



**Figura 9.** Sistema com módulos para armazenamento de água da chuva. Fonte: Autores

Na Figura 10, é apresentada a tecnologia móvel para captação e armazenamento de água da chuva, vista de cima e de lado, fabricada em ETFE, material leve, resistente, projetado para ter alta resistência à corrosão, em uma ampla faixa de temperatura (possibilidade de exposição à altos índices de insolação). O reservatório também possui aberturas para anexar os funis. Quando chove, a água passa pelo funil, escoo pelo reservatório, em formato sanfonado, portátil ou móvel, por meio de rodas fixadas ao reservatório, que vai se enchendo.

O tanque dobrável é interligado a funis, para permitir a passagem da água da chuva para armazenamento. Na tampa superior do reservatório, são montados funis de coleta de água, que possuem tampas móveis, a serem abertas somente quando a chuva se inicia. As tampas dos funis possuem duas partes, cada uma delas abre-se e fecha-se para as laterais esquerda e direita, de forma similar a um olho, conforme demonstrado na Figura 10:



**Figura 10.** Tecnologia móvel projetada de cima e de lado, além de formato dos funis. Fonte: Autores

Em regiões semiáridas, as chuvas são cada vez mais escassas e irregulares. Quando ocorrem, são em grandes volumes e de forma cada vez mais isolada. Assim, o coletor móvel de água da chuva, proposto neste artigo, proporciona mobilidade para coleta de água em áreas remotas, exatamente nos locais onde houver previsão para ocorrerem chuvas significativas. O sistema proposto atende a essas demandas, constituindo-se em um novo paradigma de tecnologia hídrica, voltada à captação e armazenamento de água, em diferentes locais, em função da sua característica de mobilidade. Por estar acoplada com funis e filtros, a cisterna móvel dispensa a existência de telhados ou outras estruturas para captação, ao mesmo tempo em que garante maior higiene e qualidade na água armazenada.

Recomenda-se que a tecnologia seja utilizada exclusivamente para coleta de água de chuva para beber, por garantir maior qualidade e salubridade da água, em níveis compatíveis com a saúde humana. O sistema será fabricado com material durável, leve, flexível e de baixo custo, em uma estrutura compacta e sanfonada, que permite mobilidade em qualquer tipo de meio de transporte (motocicletas, carros, carroças etc.). É importante considerar que grande parte da população rural do Semiárido tem hoje como principal veículo para locomoção bicicletas, motocicletas ou motonetas, facilmente adaptáveis para transportar a cisterna móvel.

A tecnologia será mais efetiva se utilizada com orientação de algum serviço de Meteorologia, utilizando dados de radares meteorológicos, que preveem a chegada das chuvas algumas horas antes. Essas informações podem ser disponibilizadas por aplicativo ou internet, de forma gratuita, garantindo maior eficiência ao sistema.

## Conclusões

A coleta de água de chuva é uma das medidas mais efetivas para resolver o problema da escassez de água, em regiões semiáridas, sobretudo pela possibilidade de armazenar o recurso hídrico para suprimento durante a seca. As tecnologias sociais adaptadas à captação e armazenamento de água da chuva na região representaram uma grande mudança de paradigma para o enfrentamento dos longos períodos de seca, especialmente desde sua democratização, no início do atual século. Porém, uma das limitações dessas inovações tecnológicas é por serem construídas, de forma fixa, em determinados locais, especialmente ao redor das residências. Frequentemente, estão em áreas onde caem menores volumes de chuvas, em função da variabilidade climática da região.

Assim, a proposta de criação de uma cisterna móvel, adaptada a um sistema de monitoramento meteorológico, em escala micro, representa uma nova solução tecnológica e sustentável para o problema da captação de água da chuva, em locais remotos e de baixos índices pluviométricos. Diferentemente das tecnologias sociais já existentes, a cisterna móvel não corresponde a uma grande estrutura rígida, colocada em um local fixo, dependente de investimentos em calhas e telhados para captar água da chuva.

A proposta de criação de uma cisterna móvel é inovadora por permitir aproveitar a água das chuvas que ocorrem em locais isolados. A tecnologia funciona como alternativa capaz de atender às necessidades de água para beber, adequadas aos níveis de potabilidade exigidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), especialmente a uma população que vive em áreas geográficas difusas da região. Pela característica de mobilidade, o sistema é capaz de criar reservas hídricas para atender pessoas, em diferentes imóveis ou áreas geográficas, de acordo com a demanda do produtor rural.

Dessa forma, utilizar princípios funcionais das plantas xerófilas da Caatinga, com base em fundamentos da biomimética, foi considerada uma estratégia eficiente para a elaboração de novas soluções tecnológicas para o enfrentamento dos impactos da seca no Semiárido brasileiro.

## Referências

- ARRUDA A. J. **Como a biônica e biomimética se relacionam com as estruturas naturais na busca de um novo modelo de pesquisa projetual**. Grupo de Pesquisa em Biodesign e Artefatos Industriais, UFPE, 2012.
- BRITO, L. T. L. et al. Tecnologias de captação, manejo e uso da água de chuva no setor rural. In: **Captação, manejo e uso de água de chuva**. Campina Grande-PB: INSA, 2015. p. 243-272.
- BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?** Lisboa-Portugal: Chiado Books, 2018. 434 p.
- GOMES, U. A. F.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: um milhão de cisternas rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 623-633, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: [http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=\\_EN](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=_EN). Acesso

em: 01 abr. 2020.

LAKATOS, E. M; MARCONI M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 103 p.

MELO, W. O. **Biomimética no semiárido**: análise dos princípios funcionais das plantas xerófilas para aplicação conceitual no design de sistema de armazenamento de água. 2019. Dissertação (Mestrado em Design) – Pós-Graduação em Design, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RÜTHSCHILLING, E. A. **Design de superfície**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2008.

SANTOS, M. J.; SILVA, B. B. Análise do modelo conceitual e tecnológico do programa cisternas rurais em Sergipe. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 464-483, 2009.

