

## ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE POSSÍVEIS SUBSTITUTOS AO POLIPROPILENO EM ESTRUTURA COLETORA DE ÁGUA DA ATMOSFERA.

*Comparative analysis between possible substitutes to polypropylene in an atmosphere water collecting structure.*

Henrique Nunes Pereira Oliva<sup>1</sup>  
Aparecida Daniela de Oliveira<sup>1</sup>  
Douglas Emanuel Souza Veloso<sup>1</sup>  
Eduardo Eugênio Cardoso Malveira<sup>1</sup>  
Murilo Corradini Baruffi<sup>1</sup>  
Victor Lucas Fernandes<sup>1</sup>  
Marcos Weuller Barbosa Henrich<sup>1</sup>

**Resumo: Objetivo:** o presente trabalho apresenta a estrutura biomimética, denominada Warka Water, capaz de captar água da atmosfera por meio de condensação. Desse modo, o estudo a seguir tem como objetivo a verificação da possibilidade de substituição da malha coletora de polipropileno por meio de experimentações, bem como a criação de um protótipo para ratificação da usabilidade do coletor. **Metodologia:** para o ensaio, foram adquiridos três tipos de malhas compostas por materiais distintos, porém similares ao polipropileno. As malhas foram expostas a um vaporizador para análise do efeito de condensação. Em seguida, houve a construção do protótipo em questão. **Resultados:** A malha composta de nylon apresentou maior capacidade hidrofílica na fase de experimentação, e, por conseguinte, foi designada para a instalação no protótipo construído, porém, quando a estrutura foi submetida ao ambiente para captação, constatou-se que não houve a formação de gotas na malha coletora, todavia, os motivos para tal ocorrência foram explicitados e analisados no decorrer desse artigo. **Conclusão:** de acordo com os estudos apresentados, é possível afirmar que os materiais analisados, apesar de possuírem características semelhantes ao polipropileno, deixam a desejar, principalmente, no que se refere à capacidade hidrofílica, portanto, não são aplicáveis ao contexto do presente ensaio. Além disso, vale ressaltar que houve a ocorrência de outros elementos influenciadores no resultado final, tais como a baixa umidade do ar no local do teste e a pouca predisposição, dos materiais estudados, a perderem calor para o meio, preconizando a necessidade de novas investigações em condições mais propícias.

**Palavras-chave:** Warka Water; Malha coletora; Condensação.

---

<sup>1</sup> Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros FIP-MOC

Autor para correspondência: Henrique Nunes  
Pereira Oliva.  
E-mail: hnpo@hotmail.com

Artigo recebido em: 18/09/2017.  
Artigo aceito em: 30/06/2018.  
Artigo publicado em: 09/01/2019.

## ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE POSSÍVEIS SUBSTITUTOS AO POLIPROPILENO EM ESTRUTURA COLETORA DE ÁGUA DA ATMOSFERA.

OLIVEIRA, H. N. P.; OLIVEIRA, A. D.; VELOSO, D. E. S.;  
MALVEIRA, E. E. C.; BARUFFI, M. C. B.; FERNANDES,  
V. L.; HENRICH, M. W. B.

**Abstract: Objective:** this work presents a biomimetic structure denominated Warka water, able to capture water of the atmosphere by means of condensation. Thus, the following study has the objective of verify the possibility of replacement of the polypropylene collecting mesh through experiments, as well as the creation of a prototype for ratification of the collector usability. **Methodology:** they were obtained three types of meshes composed of different materials for the test, but similar to polypropylene. These meshes were exposed to a vaporizer for analysis of the condensation effect, then there was the construction of the prototype. **Results:** the mesh composed of nylon showed higher hydrophilic capacity in the experimental phase and was therefore assigned to the installation in the built prototype, however, when the structure was submitted to the capture environment, it was verified that there was no formation of droplets in the mesh, moreover, the reasons for such occurrence were explained and analyzed in the course of this work. **Conclusion:** through this study, it is possible to understand that the analyzed materials, even having characteristics similar to polypropylene, are unsuitable in that refer hydrophilic capacity, therefore they are not applicable to the context of the present test. It is noteworthy that there were other influencing elements in the result, such as the humid low air at the test location and the low predisposition of the studied materials to lose heat to the environment, advocating the need for further research in different conditions.

**Keywords:** Warka Water; Collecting mesh; Condensation.

## INTRODUÇÃO

O acesso regular à água potável e segura, embora seja um direito humano básico, não tem sido estendido a toda a população, especialmente àquela encontrada em áreas periurbanas esquecidas pelas políticas públicas de saneamento e saúde. Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde, 152 milhões de pessoas na América Latina e Caribe, e, cerca de 2,4 bilhões de pessoas no mundo, não têm acesso à água ou encontram deficiências no abastecimento e precariedade nos serviços básicos de saneamento, segundo um levantamento global da Unicef e da World Health Organization - WHO.<sup>1</sup>

No contexto vigente, a busca por novas fontes de água potável cresce com o passar do tempo, dado a sua relação inerente às demandas básicas do ser humano. Essa problemática está inserida em um contexto em que vários fatores afetam na perda da eficiência do ciclo hidrológico, contribuindo para a escassez da água, aliada à sua distribuição irregular ao longo do território, tanto nacional quanto internacional.<sup>2</sup>

Analisando opções que

propusessem novos métodos para obtenção de água, juntamente com a forma que essa se dispõe, nota-se que a coleta da água, presente na atmosfera, não é suficientemente explorada pelos homens, porém é feita com grande eficiência por alguns seres em ambientes hostis, tais como, a flor de lótus, algumas espécies de cactos e um besouro habitante de um deserto da Namíbia.<sup>3</sup>

A partir do estudo desses seres, nasceu em 2012, na Itália, o projeto Warka Water, que foi batizado dessa forma graças a uma figueira nativa da Etiópia. Arturo Vittori, arquiteto italiano idealizador do projeto, é co-fundador do estúdio de arquitetura e *design*, Architecture and Vision,<sup>3</sup> o qual tem levado o projeto para lugares remotos da Etiópia em busca de uma melhor qualidade de vida para a população local.

Dentro da estrutura de bambu, há uma malha de polipropileno pendurada que coleta as gotículas de água da umidade do ar e o orvalho, que, na região montanhosa da Etiópia, pode coletar de 50 a 100 litros em uma única noite. Cada uma das torres custa em média US\$ 550 e precisa de quatro

OLIVEIRA, H. N. P.; OLIVEIRA, A. D.; VELOSO, D. E. S.;  
MALVEIRA, E. E. C.; BARUFFI, M. C. B.; FERNANDES,  
V. L.; HENRICH, M. W. B.

peças e uma semana para ser construída.<sup>3</sup> A estrutura depende apenas de fenômenos naturais tais como gravidade, condensação e evaporação e não requer energia elétrica. A água, proveniente do sistema, pode servir, também, como fonte alternativa para a população rural que enfrenta desafios no acesso à água potável.

Em vista disso, o presente trabalho teve como objetivo a criação de um protótipo para ratificação da usabilidade desse sistema de captação, verificando conjuntamente a possibilidade de substituição da malha coletora de polipropileno, por meio de experimentações.

## METODOLOGIA

O trabalho baseou-se na ideia de projetar e desenvolver uma estrutura capaz de captar água da atmosfera por meio de condensação e verificar a possibilidade de substituição do polipropileno no processo de coleta. A pesquisa, levando em consideração as definições citadas anteriormente, foi de caráter bibliográfico, com base nas referências de GRECCO *et al.* (2017)<sup>4</sup> e FERREIRA (2017)<sup>5</sup>, entre outros. Além disso, o trabalho tem caráter experimental, com análise da aplicação de materiais (fibra de vidro, nylon e polietileno).

A estruturação do projeto deu-se em duas etapas: a primeira exploratória e descritiva, tendo como objetivo a familiarização com os conceitos de biomimética e meteorologia, por meio de levantamento bibliográfico, em sua maioria encontrados na internet, e no acervo da biblioteca Guglielmo Turano, de modo a definir a melhor abordagem a ser adotada, levando em consideração o tema abordado, seguindo então para um estudo do projeto Warka Water<sup>4</sup>, a fim de analisar as estruturas já existentes para determinar a melhor forma de concepção do protótipo e de escolha da malha.

A segunda etapa, de caráter experimental, destinou-se a análise comparativa das malhas selecionadas e a construção do protótipo que, para fins de estudo e executabilidade, terá sua escala reduzida. Para melhor compreensão do trabalho a ser executado, foi elaborado o modelo da estrutura em 3D no *software* SolidWorks,

conforme a figura 1.

**Figura 1: Estrutura representada em *software 3D*.**



### ***Elaboração da armação***

Para a construção da estrutura do Warka Water foi utilizado o bambu da espécie *Phyllostachys pubescens* coletado na cidade de Itacambira/MG. Após a coleta, o bambu foi transportado para o Centro de Prática de Engenharia, Arquitetura e Gestão – CEPEAGE, localizada em Montes Claros/MG.

### ***Construção do protótipo***

Tendo como fundamento o

estudo desenvolvido e a representação em 3D da estrutura, deu-se início ao processo de construção do protótipo conjecturado. Esse processo realizou-se em duas etapas distintas: a aquisição dos materiais necessários e a montagem do sistema. A tabela 1 explicita os elementos que compõem o Warka Water:

**Tabela 1: Componentes do Warka Water.**

<b>Antena</b>	Um grupo de antenas com objetivos refletivos em sua ponta mantém os pássaros longe da estrutura.
<b>Estrutura</b>	O treliçamento, realizado com as varetas de bambu, proporciona rigidez e resistência estrutural para a torre, além de oferecer leveza ao conjunto.
<b>Cobertura</b>	A cobertura proporciona sombra e um ambiente agradável para os usuários da torre.
<b>Cordas</b>	A rede de cordas foi adicionada para verificar estabilidade à estrutura alta e em balanço.
<b>Malha</b>	Uma malha permeável permite a passagem de ar através do material, capturando gotículas de orvalho que caem por gravidade.

OLIVEIRA, H. N. P.; OLIVEIRA, A. D.; VELOSO, D. E. S.;  
MALVEIRA, E. E. C.; BARUFFI, M. C. B.; FERNANDES,  
V. L.; HENRICH, M. W. B.

<b>Coletor</b>	A gotícula que se desprendem da malha caem no coletor e se direcionam até o reservatório. Este também funciona como uma superfície formadora de orvalho.
<b>Funil</b>	Com a função de filtrar e encaminhar a água para o reservatório.
<b>Reservatório</b>	Armazenamento de toda a água coletada para uso humano.
<b>Base</b>	Base robusta com a função de manter a estrutura afastada do solo e dar rigidez à torre.

---

Fonte: GRECCO, 2015.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

### *Montagem da armação*

Os troncos de bambu foram cortados em pedaços menores com comprimento de um metro com o propósito de facilitar o manuseio, e, então, com o auxílio de uma serra fita, esses pedaços foram reduzidos a varetas de modo que as suas espessuras permitissem a sua inflexão. da malha polimérica.

Posteriormente, deu-se início a montagem dos arcos que sustentam o arranjo treliçado da estrutura. O diâmetro selecionado foi de 60 centímetros e foram montados cinco arcos. No momento seguinte, as varetas foram fixadas ao arco por arames de forma a ficarem entrelaçadas entre si, como se percebe na figura 2. O processo mencionado foi repetido para a criação de mais um arranjo semelhante, porém com o dobro do tamanho para a fixação

**Figura 2: Arranjo treliçado vinculado aos arcos**

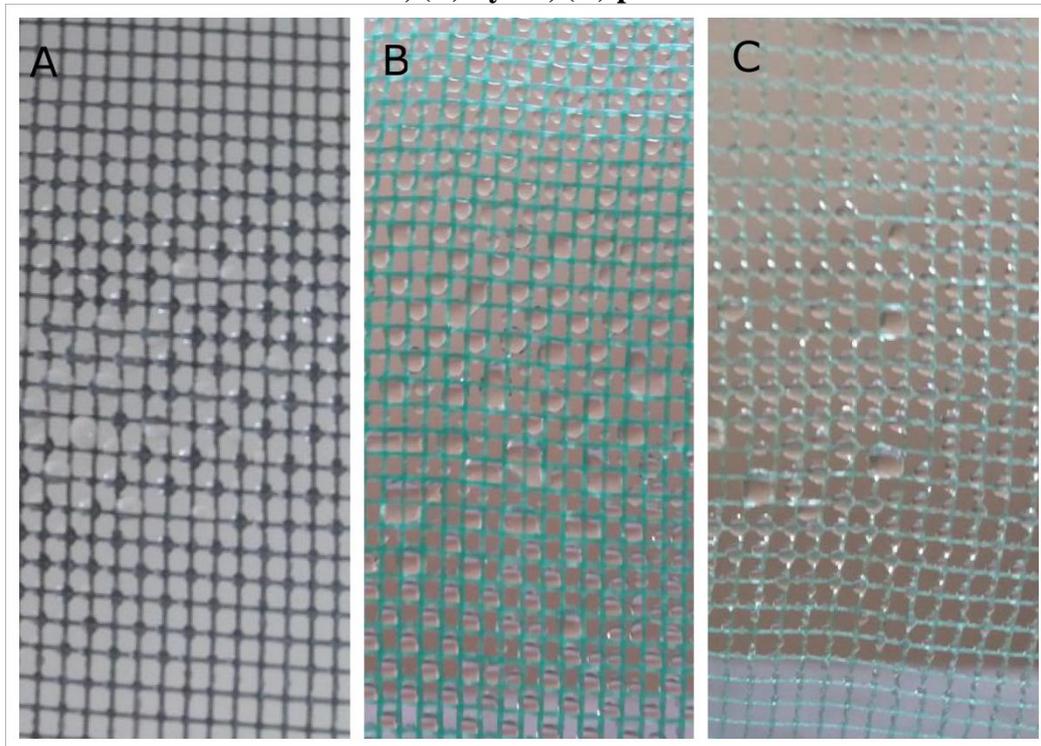
### ***Aquisição e testes das malhas***

Para a realização dos testes de verificação da possibilidade de mudança no material da malha, de maneira que não houvesse alteração no resultado final esperado, foram adquiridas três malhas de materiais distintos sendo elas

de fibra de vidro, de polietileno e de nylon. Para testar a capacidade hidrofílica dos materiais, as malhas foram postas defronte a um vaporizador e foi observada a quantidade de água que se condensava nos fios, fenômeno evidenciado na figura 3.

OLIVEIRA, H. N. P.; OLIVEIRA, A. D.; VELOSO, D. E. S.;  
MALVEIRA, E. E. C.; BARUFFI, M. C. B.; FERNANDES,  
V. L.; HENRICH, M. W. B.

**Figura 3: Condensação da água nos emaranhados dos fios. Em (A) fibra de vidro, (B) nylon, (C) polietileno.**



Após a efetuação dos testes, aferiu-se que a malha com o desempenho mais satisfatório foi a composta por nylon. Consequentemente, esta foi escolhida para a construção do protótipo. A tela de nylon foi cortada e fixada dentro da estrutura. Para confecção do coletor inferior, utilizou-se lona plástica fixada à torre em forma de cone.

Com a finalização dos módulos principais, a torre foi montada, figura 4, e se deu início à fase de testes. As avaliações ocorreram em uma zona residencial no bairro Ibituruna entre os dias 01 e 4 de junho de 2017. A área onde a torre foi posicionada, apesar de residencial, possui grande extensão e não apresentou grande quantidade de obstáculos à passagem de massas de ar.

**Figura 4: Torre finalizada**

### *Coleta de água*

Foram realizadas aferições diárias na torre, em horários entre quatro e seis horas da manhã, contudo, quatro dias se passaram e não foi verificada a formação de gotas de orvalho no coletor ou sequer na malha polimérica.

A baixa umidade do ar, que chegou próxima de 30%, nesse período, em conjunto com a pouca capacidade hidrofílica do nylon, contribuíram expressivamente no resultado final, que acabou não sendo o esperado para captação hídrica. Além dos fatores

citados, também se faz pertinente evidenciar um terceiro elemento atuador no fenômeno estudado: a temperatura da malha, que deveria estar menor que a temperatura do ar no momento em que houvesse o orvalho, ou seja, é necessário que o material do tecido possua a predisposição a perder calor rapidamente para o ambiente.

### DISCUSSÃO

A estrutura estudada e os testes realizados se fazem pertinentes visto que o tema se alinha com o ODS #6 (Objetivo de Desenvolvimento

OLIVEIRA, H. N. P.; OLIVEIRA, A. D.; VELOSO, D. E. S.;  
MALVEIRA, E. E. C.; BARUFFI, M. C. B.; FERNANDES,  
V. L.; HENRICH, M. W. B.

Sustentável), proposto pela ONU<sup>7</sup>, que prega a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. E, para se atingir uma sociedade com dignidade e garantir o cumprimento dos direitos humanos estabelecido pelas Organizações das Nações Unidas, o engenheiro deve proporcionar o desenvolvimento igualitário para todas as nações, e não somente das detentoras de tecnologia e conhecimento científico.

No presente trabalho, foi possível atestar a existência de empecilhos que vão além das características hidrofílicas do sistema de captação. Destaca-se, entre eles, a necessidade do tecido coletor perder calor rapidamente para o meio em que se encontra, fator que foi determinante para a falha que se observa em Grecco.<sup>4, 8</sup>

Esta característica singular pode ser compreendida quando analisado um fato presente no cotidiano de indivíduos que tenham contato com a civilização moderna: a formação de orvalho sobre a lataria dos veículos automotores, que, geralmente, são constituídas por ligas metálicas. Os metais tendem a perder calor mais rápido para o ambiente do

que outros materiais, como por exemplo, a madeira.<sup>9</sup> Devido a esta característica, as latarias se resfriam mais rapidamente do que o ar, atingindo a temperatura de ponto de orvalho rapidamente.

Também em Grecco<sup>8</sup>, constatou-se a capacidade da estrutura Warka Water de coletar água pluvial, apesar do seu *design* ser voltado para captação do orvalho. Isso se deve ao seu coletor impermeável e de grandeza radial. Esse fator não pôde ser ratificado, nesse trabalho, visto que não houve chuva no período de aferição.

É sabido que a coleta de água da atmosfera é um método legítimo, que vem sendo, cada vez mais, propagado pelo mundo de maneiras distintas, sobretudo com a iniciativa Warka Water,<sup>10</sup> de forma que a falha, aqui apresentada, não tem o intento de refutar a sua efetividade. Faz-se crucial o estudo das condições climáticas do local onde a estrutura será implantada, assim como das características do material que compõe a malha e do seu arranjo geométrico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que os materiais analisados, apesar de possuírem características semelhantes ao polipropileno, deixam a desejar principalmente no que se refere à capacidade hidrofílica. Portanto, esses materiais, isto é, a fibra de vidro, o polietileno e o nylon, não são aplicáveis ao contexto do presente ensaio. Além disso, vale ressaltar que outros

elementos influenciaram no resultado final, tais como a baixa umidade do ar no local do teste e a pouca predisposição, dos materiais estudados, a perderem calor para o meio. Com isso, preconiza-se a necessidade de novas investigações em condições mais propícias de umidade, além do uso de materiais distintos.

## REFERÊNCIAS

1. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Progresso on Drinking Water and Sanitation – 2014 update*, Genebra, Suíça, 2014.

2. BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. v. 4, n. 1. Taubaté, São Paulo. 2007. p. 75-108.

3. VITTORI, A. *An ideia to feed the world*. 2012. Disponível em: <<https://youtu.be/41mLIEoo6D4>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

4. GRECCO, Felipe Trovatti *et al.*

Projeto warka water: um estudo sobre viabilidade de coleta de água através do orvalho na cidade de Campo Mourão-PR. *Engevista*, v. 19, n. 5, p. 1251-1268, 2017.

5. FERREIRA, Carlos Gonçalves Félix. *Perguntar à natureza - Biomimicry thinking: o biodesign como solução para a escassez de água*. 2017. Tese de Doutorado.

6. THE TITI TUDORANCEA. Montes Claros, Brasil: gráfico do clima. 2017. Disponível em: <[https://www.titudorancea.com/z/clima\\_temperatura\\_montes\\_claros\\_brazil.htm](https://www.titudorancea.com/z/clima_temperatura_montes_claros_brazil.htm)>. Acesso em: 10 mai. 2017.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE POSSÍVEIS  
SUBSTITUTOS AO POLIPROPILENO EM  
ESTRUTURA COLETORA DE ÁGUA DA  
ATMOSFERA.

OLIVEIRA, H. N. P.; OLIVEIRA, A. D.; VELOSO, D. E. S.;  
MALVEIRA, E. E. C.; BARUFFI, M. C. B.; FERNANDES,  
V. L.; HENRICH, M. W. B.

7. ONU, Organização das Nações Unidas. *Resolução 64/292*, 108th Plenary Meeting, Genebra, Suíça, jul., 2010.
8. GRECCO, Felipe Trovatti. Coletor de orvalho Warka Water: sua aplicabilidade e exploração de uma fonte de água alternativa. 2015, 39 fls. Tese (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão – PA. 2015.
9. CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. Tradução de Sérgio Murilo Stamile Soares; Revisão de José Roberto Moraes D' Almeida. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2015. 817 p.
10. WARKA WATER. *A New Vehicle For The Growth Of Local Productions*. 2015. Disponível em: <<http://www.warkawater.org/project/>>. Acesso em: 14 mar. 2017.