REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2024, Vol. 14, No. 29
DOI 10.23972/det2024iss29pp73-89

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

# Design e Sistemas Agroecológicos: irrigação, colorantes e projeto de espaços como exemplos de conexão

Rosângela M. L. O. Mendonça[1]; Breno P. Santos[1]; Roberto M. B. Filho[1]; Marcus P. S. Brandão[1]; Felipe B. Valverde[1]

1 *EILAB – Laboratório de Empreendimentos Integrais, Centro de Design de Ambientes (CEDA), Escola de Design, Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil*

**RESUMO**

A agroecologia está cada vez mais disseminada, mesmo em contextos urbanos, devido aos seus muitos benefícios. Este artigo aborda esses benefícios, bem como os desafios associados ao seu desenvolvimento. A metodologia de Design Sistêmico foi empregada para identificar e abordar os desafios agroecológicos, ao mesmo tempo que fomenta o interesse entre os designers. Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de promover a aproximação entre o design e a agroecologia apresentando elementos do design que venham apoiar o potencial de transformação social dos sistemas agroecológicos – em especial, aplicados a hortas urbanas agroecológicas – e a atratividade da atuação neste setor para os profissionais do design. Para isso, são apresentados exemplos de interrelação entre design e sistemas urbanos agroecológicos, apontando seu potencial de desenvolvimento pela importância de suas áreas de aplicação e contribuições mútuas. Com foco na irrigação, foram exploradas soluções de design que fossem econômicas, eficientes em recursos e fáceis de implementar. Seis conjuntos de experimentos sobre irrigação por gotejamento frugal foram conduzidos para identificar as variáveis que influenciam os padrões de irrigação e recomendar configurações adequadas para contextos específicos. Os métodos de teste evoluíram ao longo dos experimentos, passando de processos manuais para coleta de dados automatizada usando sensores e Arduino. Além disso, foi ressaltado como os designers podem se beneficiar da agroecologia integrando recursos como corantes naturais e design ambiental, que se alinham com áreas tradicionais de especialização em design. Deste modo, este estudo mostra processos e análises que fomentam a colaboração entre design e agroecologia e a valorização destas áreas, oferecendo potencial transformador para a sociedade ao mesmo tempo em que promove a sustentabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE**

*Design Sistêmico; agroecologia; irrigação; colorantes; ambientes.*

# Design and Agroecological Systems: irrigation, colorants and environment design as examples of connection

**ABSTRACT**

Agroecology is increasingly widespread, even in urban contexts, due to its many benefits. This article addresses these benefits as well as the challenges associated with its development. The Systemic Design methodology was employed to identify and address agroecological challenges while fostering interest among designers. Thus, this work was developed with the aim of promoting the connection between design and agroecology by presenting design elements that support the potential for social transformation of agroecological systems – especially, applied to agroecological urban gardens – and the attractiveness of working in this sector for design professionals. For this, examples of the interrelationship between design and agroecological urban systems are presented, highlighting their development potential, due to the importance of their areas of application and mutual contributions. With a focus on irrigation, design solutions that are cost-effective, resource-efficient, and easy to implement were explored. Focusing on irrigation, design solutions that were cost-effective, resource-efficient, and easy to implement were explored. Six sets of experiments on frugal drip irrigation were conducted to identify the variables influencing irrigation patterns and to recommend suitable configurations for specific contexts. The testing methods evolved throughout the experiments, transitioning from manual processes to automated data collection using sensors and Arduino. Additionally, it was highlight how designers can benefit from agroecology by integrating resources such as natural colorants and environmental design, which align with traditional areas of design expertise. This study showcases processes and analyses that foster collaboration between design and agroecology, offering transformative potential for society while promoting sustainability.

**KEYWORDS**

*Systemic Design; agroecology; irrigation; colorants; environment.*

CONTATO: Rosângela M. L. O. Mendonça – *romiriam@arquicad.com.br*

© 2024 – Revista Design & Tecnologia

## 1. INTRODUÇÃO

Práticas que respeitam os preceitos da agroecologia que, em seu caráter holístico, valoriza e promove as condições territoriais, culturais e socioeconômicas locais, têm o potencial de gerar transformações sociais ao se constituir em uma agricultura sustentável. A agroecologia possui um referencial teórico que defende o respeito ao território, a colaboração e o respeito às pessoas, rejeitando o uso de agrotóxicos nocivos ao meio ambiente e destacando a importância da diversidade na agricultura. Transformando seus princípios e práticas em realidade, ela valoriza também as fontes ancestrais de conhecimento, fruto do saber popular (Embrapa, 2006). Assim, sistemas urbanos agroecológicos estão em pleno desenvolvimento, sendo um movimento que possui diversos benefícios para a sociedade (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2019; GRUPO AUÊ, 2022; [Autor] et al., 2020; [Autor]; MARTINS, 2019; REDE; GRUPO AUÊ; NEA, 2016). A agroecologia atua: em favor da saúde, como contexto de defesa da soberania alimentar e nutricional; pela qualidade do meio ambiente e preservação da biodiversidade e de toda forma de vida; no resgate, manutenção e valorização de saberes tradicionais; como espaço de lazer multigeracional contribuindo para a saúde mental e relações sociais; pela coesão social, lidando com a autonomia, a inclusão e a acessibilidade; como espaço de manifestações culturais e compartilhamento de conhecimentos; como forma de apropriação pela sociedade de terrenos baldios e de risco geológico, perigosos e insalubres, transformando-os em locais de promoção da qualidade de vida.

Apesar dos benefícios sociais incontestáveis os espaços agroecológicos envolvem uma atividade produtiva que é fisicamente árdua e traz pequeno retorno econômico ao produzir vegetais vendidos in natura, que tem valor de mercado relativamente baixo. Assim, é necessário gerar estratégias para otimizar seus recursos e estimular os cidadãos a se dedicarem a esta atividade, pois a quantidade de mão de obra é um dos gargalos desse sistema, em especial nos núcleos urbanos.

O design teria recursos para tal; mas ter sua atuação associada a uma produção primária, especialmente no Brasil, normalmente não é atrativo ao Designer. Apesar de designers de referência, como Gui Bonsiepe, terem exemplos de trabalho, como apresentado na Figura 1, para aplicação no setor agrícola (BONSIEPE, 2012), este não é um setor no qual se concentrem os esforços dos designers.




Figura 1 Design para o setor agrícola – corta-palhas. Projeto do Grupo de Diseño Industrial, Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Santiago de Chile, 1973. Fonte: (BONSIEPE, 2012)

Uma referência dessa escassez é o número de artigos encontrados no Sistema Capes Periódicos (CAPES, 2020). Fazendo a busca por assunto, com as palavras "design agricultura agroecologia", houve um retorno de 569 resultados, sendo que vários deles tinham a palavra "design" apenas no seu "abstract" como tradução de "projeto". Se à busca acrescenta-se a palavra "água", o resultado se reduz para 165 artigos. Se ainda se acrescenta "irrigação", temos um retorno de apenas 88 ocorrências.

Para se estabelecer um relacionamento, é preciso haver interesses mútuos das partes envolvidas. Então, com o objetivo de fomentar esse relacionamento, este artigo apresenta nossa atuação fazendo a conexão entre esses dois setores, evidenciando formas que o designer pode contribuir com a agroecologia, bem como formas que a agroecologia contribui para os trabalhos de design.

Utilizando a mentalidade do Design Sistêmico (DS – metodologia que será apresentada em mais detalhes na seção 2) temos elaborado, desde 2017, abordagens para contribuir para o desenvolvimento da agricultura urbana para que seja alcançado seu potencial de transformação da sociedade. Nesse contexto, trabalhamos buscando a formação de redes de relacionamento atuando pela sustentabilidade integral (ambiental, social, econômica e cultural).

O DS foi também utilizado para indicar o foco deste projeto. Como parte do processo do desenvolvimento de abordagens sistêmicas, estão: a identificação dos recursos que compõem o sistema; a avaliação da sua qualidade (para utilizar recursos não poluentes e com a pureza adequada ao uso); e estratégias para a sua otimização. Uma dessas estratégias consiste em conectar diferentes sistemas produtivos de forma que as partes que não são úteis para o sistema inicial analisado possam ser utilizadas por outros contextos produtivos (princípio do OUTPUT/ INPUT e dos RELACIONAMENTOS). Igualmente, não utilizar mais do que o necessário e evitar desperdícios, são formas de sustentabilidade ativada pela prática do princípio do OUTPUT/ INPUT. Um dos recursos valiosos, essenciais para sistemas agroecológicos, é a água. Portanto, identificar formas de otimizar seu uso é um estímulo para o desenvolvimento e proliferação de hortas urbanas agroecológicas.

Também, se pensamos nas pessoas envolvidas (ativando o princípio do DS da VALORIZAÇÃO DAS PESSOAS) a irrigação manual, prática corrente, tem o inconveniente de demandar muito tempo de mão de obra e desperdiçar água com a evaporação. Assim, utilizar metodologias de design para identificar e desenvolver uma forma de irrigação eficiente é contribuição relevante.

Mais uma vez, pensando na importância das pessoas em todas as iniciativas produtivas, vislumbra-se a necessidade do desenvolvimento de uma estratégia que estimule os designers a empregarem seus esforços neste setor, criando oportunidades que tragam benefícios para todos. Também a sustentabilidade cultural justifica a busca por elementos que mantenham o estímulo dos envolvidos para que a atividade tenha futuro longevo. Entendendo a cultura como a essência dos indivíduos (valores, tradições, hábitos, conhecimentos compartilhados com seu grupo social) ela é a motivação que os leva a tomar iniciativas e fazer escolhas, inclusive de engajamento.

Identifica-se então a ligação intrínseca entre o design e os materiais como um tema atrativo. Por questões da relevância dada atualmente para a sustentabilidade, em especial à sustentabilidade ambiental, os chamados biomateriais ou materiais biológicos, são uma das apostas do futuro dos materiais, não só pela sua forma de geração e produção utilizando recursos e agentes naturais, mas por serem essencialmente biodegradáveis. Nesse contexto, escolhemos lidar com corantes e pigmentos naturais, uma vez que sua aplicação pode se dar em diversos setores em que o design atua

tradicionalmente (cosméticos, embalagens, gastronomia, fios e tecidos). São materiais produzidos otimizando as relações ecológicas da produção agrícola podendo ser um produto desse sistema com maior valor de mercado, ao ser um produto de valor agregado. Deste modo, o retorno econômico é mais um incentivo ao envolvimento na produção agroecológica.

O design atua também no planejamento de espaços, e as hortas e jardins agroecológicos podem usufruir desse planejamento sistêmico.

Apresentamos aqui, portanto, elementos do design que venham apoiar o potencial de transformação social dos sistemas agroecológicos (isto é, do conjunto de elementos relacionados às atividades agroecológicas), em especial das hortas urbanas agroecológicas e a atratividade da atuação neste setor para os profissionais do Design. Para isso, apresentamos exemplos de interrelação entre design e sistemas urbanos agroecológicos, apontando seu potencial de desenvolvimento pela importância de suas áreas de aplicação e contribuições mútuas. Focamos, no âmbito da agroecologia, na utilização da água (seções 3 e 4) apresentando como foi o processo de design utilizado na escolha de sistema de irrigação adequado a um dado contexto. Esse processo é apresentado de forma detalhada, da pesquisa bibliográfica à indicação dos parâmetros mais indicados, passando por todo processo de experimentações que embasam a indicação. Como área de interesse do Designer, apresentamos aspectos da obtenção e uso de colorantes naturais (seção 5), bem como no planejamento do próprio espaço de desenvolvimento de atividades agroecológicas, inerente à atuação do Designer de Ambientes (seção 6).

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho teve como ponto de partida, projetos de extensão anteriores que nos forneceram embasamento prático do contexto da agroecologia urbana (AUTOR et al., 2018; AUTOR et al., 2020; AUTOR; MARTINS, 2019).

A metodologia do Design Sistêmico (DS) (BISTAGNINO, 2011) é nossa referência constante para praticar e estimular a sustentabilidade integral. O processo consiste em fazer a análise do sistema atual tendo por base seus cinco princípios (*output/ input*, relacionamentos, valorização dos recursos locais, valorização das pessoas e *autopoiesis*) para identificar os elementos a serem aprimorados no sistema. A partir dessa análise, buscamos estratégias para criação ou melhoria de um sistema sustentável. Desenvolvemos o que chamamos de "Empreendimentos Integrais", que são qualquer tipo de organização para uma atividade produtiva (incluindo ambientes domésticos e a própria natureza) que atua considerando genuinamente o equilíbrio do todo e a preservação contínua dos recursos com os quais se relaciona (sociais, ambientais e econômicos) (AUTOR et al., 2020).

Trabalhamos com sistemas complexos em que buscamos vislumbrar o maior número de componentes do sistema, que interferem em seu comportamento. Se, por um lado, isso significa modelar o sistema da forma mais próxima possível da realidade, por outro torna o sistema de difícil assimilação. Assim, utilizamos a tática de, apesar da visualização do todo, atuar de forma específica em alguns pontos que colocarão o sistema na direção desejada. No caso deste trabalho, por exemplo, propomos atuar nas questões da irrigação e da produção de colorantes naturais como incentivo a ambos os setores envolvidos – Design e Agroecologia.

Utilizamos também a pesquisa bibliográfica e testes práticos de laboratório, trabalhando com os princípios físicos envolvidos no sistema em estudo como será descrito a seguir.

## 3. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Relacionado ao uso da água no contexto das hortas agroecológicas, do ponto de vista do Design Sistêmico existem preocupações com a qualidade da água (coleta e uso de água da chuva, uso de água cinza, purificação/ tratamento da água, não-poluição das águas) e quantidade (uso eficiente, preservação das fontes e nascentes, disponibilidade para todos). Tratando de sustentabilidade e ações globais como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a ODS6 trata especificamente este tema: "Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos".(BARBIERI, 2020; IPEA, 2019). Aqui, vamos focar no uso da água, relacionado a sistemas de irrigação.

A irrigação consiste em fornecimento regular de água para o cultivo, com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir perdas na produção especialmente as relacionadas a seca e estiagem. Além disso, ao fornecimento de água pode estar associada a aplicação de outros insumos como, por exemplo, os fertilizantes.

Em propriedades agrícolas, para se ter um sistema de irrigação é necessário obter concessão pública. No Brasil, a Agência Nacional de Águas é o órgão emissor, que exige o cumprimento de alguns requisitos visando resguardar a disponibilidade hídrica local e garantir a qualidade e o controle na utilização das águas. Uma vez feito isso, é possível requerer linhas de crédito para montar um sistema de irrigação (BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS, [s.d.])

Existem diversos tipos de irrigação e o mais adequado a ser empregado deve considerar aspectos do solo, clima, cultura, disponibilidade de energia e condições socioeconômicas. Cada tipo tem suas vantagens, desvantagens e particularidades que devem ser observadas para a escolha. A irrigação pode ser (BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS, [s.d.]):

- Por superfície: a distribuição da água acontece pela gravidade na superfície do solo – a água é lançada diretamente no solo. São feitos canais de irrigação onde a água circula por gravidade, com a parte central mais elevada para as plantas (menor custo de implantação e manutenção; sofre pouco efeito do vento; permite águas com sólidos em suspensão).

- Por aspersão (convencional fixos, semi-fixos ou portáteis; autopropelido; pivô central): Pulverização de água aplicada no ar, gotas caem sobre a cultura, como se fosse a chuva (fácil adaptação a diversos tipos de solo, culturas e topografia; pode ser automatizado; tubulações podem ser desmontadas e removidas da área para facilitar o preparo do solo; custos de implantação e manutenção mais altos que o de superfície; pode ser influenciado pelo vento e umidade relativa);

- Localizada (pontuais – gotejadores; lineares – tubo poroso ou "tripa"; superficiais - microaspersores): a água é aplicada com emissores em partes da área ocupada pelas raízes das plantas, formando uma faixa úmida. É ideal para solos densos, que têm baixa capacidade de infiltração. A água pode ser aplicada em fluxo baixo para que o solo a absorva, reduzindo ou eliminando o escorrimento superficial (custo inicial caro, por isso recomenda-se seu uso em culturas de alto valor econômico; dispensa muita mão-de-obra na operação, por ter elevado grau de automação; pouca perda por evaporação).

- Subirrigação: a água é aplicada abaixo da superfície do solo, diretamente nas raízes das plantas.

A boa irrigação é feita quando ela não molha apenas a superfície, mas também a região que fica ao redor da planta, de

modo que a água seja absorvida pelas raízes. Assim, a planta inteira é hidratada e recebe todos os nutrientes adequados. Porém, para cada necessidade e forma de plantio, há um tipo de sistema de irrigação adequada (AGROPÓS, 2022).

O objetivo deste projeto é indicar um sistema que seja prático, econômico, com facilidade de obtenção dos recursos e eficiente no fornecimento da água, da forma e em quantidade adequadas ao tipo de cultivo. Sua aplicação principal são hortas urbanas, familiares e comunitárias; portanto, uma escala menor que uma propriedade rural. Outra característica é a dificuldade de obtenção de água, já que algumas vezes os terrenos em questão, estão localizados em regiões que não são servidas pela água das concessionárias urbanas. É preciso ainda considerar que a água também é um insumo, cujo preço de obtenção se soma aos demais custos de produção, o que é um problema especialmente para comunidades de baixa renda.

Assim, tanto por essas características do contexto de aplicação quando pela sustentabilidade (economia de recursos e, especialmente, recursos hídricos), a economia de água é importante.

Considerando: que a irrigação por gotejamento "é um método de irrigação controlado e específico, que tem como característica a economia de recursos hídricos" em razão da aplicação direta no solo, evitando desperdício pela evaporação; a possibilidade de controle da quantidade de água fornecida às plantas; a economia de mão de obra com a aplicação de recursos de automação (AGROPÓS, 2022); vamos concentrar nossos testes neste método de irrigação.

Identificamos alguns métodos de irrigação por gotejamento, inclusive diversos com demonstrações por vídeo. Alguns utilizando os sistemas comerciais utilizando mangueiras de gotejamento, bicos e outros, chamados caseiros, utilizando garrafas PETs (Figura 2).

Considerando os valores da inclusão e como a população de baixa renda tem especial necessidade de acesso a recursos que lhe permitam ter segurança alimentar e nutricional, um outro conceito surge aqui como critério de escolha do foco deste trabalho – sistemas frugais. O adjetivo frugal está relacionado à economia no uso de recursos. A inovação frugal surge como área de interesse ao lidar com soluções econômicas e criativas, utilizando recursos simples e disponíveis para construção de soluções, atendendo especialmente as necessidades das classes menos favorecidas (ANDRÉ VICTOR SCORZA LEMOS; REIS; COSTA, 2022; KOERICHÉVERTON; CANCELLIER, 2019).

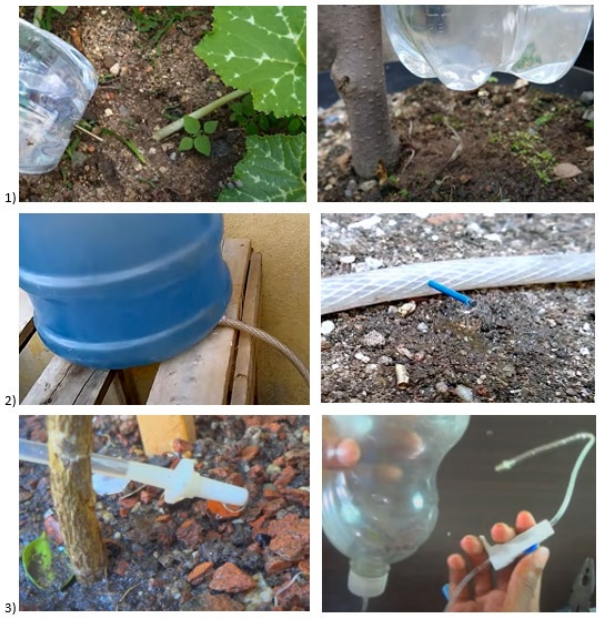



Figura 2 Sistemas de irrigação por gotejamento caseiros: 1) Furo no fundo de garrafa PET com parafuso; 2) galão 20 litros, mangueira, haste de cotonete e prego; 3) garrafa PET com equipo hospitalar (DUK, 2022).

Por incentivar ao designer o conhecimento da ciência por trás dos fenômenos, o que mais nos chamou atenção para testarmos foi o sistema caseiro que utiliza alguns princípios físicos – a capilaridade e os vasos comunicantes. A capilaridade é a tendência que algumas substâncias apresentam de subirem ou descerem por paredes de tubos finos (tubos capilares) ou de se deslocar por curtos espaços existentes em materiais porosos, como tecidos de algodão ou esponjas; esse mecanismo permite que os fluidos se desloquem ainda que estejam contra a força gravitacional, devido à atração no ponto de contato entre líquidos e sólidos. O princípio dos vasos comunicantes é caracterizado pela altura do líquido ser a mesma em todos os recipientes que se comunicam, independente do seu formato, desde que o líquido e a pressão nos recipientes sejam os mesmos. Encontramos dois modelos desse gotejamento que utiliza garrafa PET e cordão como mostra a Figura 3.




Figura 3 Sistema de gotejamento 1 (à esquerda) (WORLD CLIK, 2020)e 2 (à direita) (MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO, 2021), com garrafas PET e cordão.

Com o Sistema 2, apresentado pelo Manual do Mundo (2021), é possível controlar o fluxo da água que cai e o sistema funciona sem abastecer, segundo eles, uns sete dias. A pressão atmosférica também garante esse fluxo, através do ar que entra junto com a água na garrafa e a "prende". Além disso, o barbante amarrado com o arame dentro da mangueira possui capilares que garantem a direção desse fluxo de água, também, com a ajuda da pressão atmosférica.

Utiliza como materiais: garrafas PET de 2 litros (ou 1 PET e uma de vidro), mangueira de equipo hospitalar, barbante de algodão e arame fino.

Procedimento:

1) Cortar uma das garrafas ao meio, colocar sobre a outra garrafa, tampando-a, e traçar uma linha onde a tampa da garrafa ficou;
2) Fazer dois furos, um no nível do traço e outro 1 cm acima;
3) Cortar um pedaço de mangueira (vai depender do tamanho da planta) e um barbante de comprimento 5cm maior que a mangueira;
4) Desfiar o barbante e utilizar 4 fios;
5) Cortar um pedaço de arame 5 cm maior que o barbante;
6) Enroscar os dois, entortando a ponta do arame, encaixando o barbante e apertando-o;
7) Passar o arame com o barbante dentro da mangueira;
8) Passar a mangueira no furo superior da garrafa pelo lado que sobrou de barbante e arame;
9) Usar uma porca para encaixar na parte do arame que sobrou para garantir que a ponta da mangueira não vá subir;
10) Moldar a mangueira de maneira que a porca fique no fundo da garrafa;
11) Cortar o arame e o barbante que sobraram na ponta de fora da mangueira;
12) Encher a garrafa não furada de água;
13) Colocar água também até o nível traçado na garrafa cortada;
14) Virar uma garrafa em cima da outra;
15) Deixar escorrer um pouco de água até entrar um pouco de ar dentro da mangueira;
16) Sugar o canudo para que a água comece a escorrer;
17) Regular o fluxo da água pela altura da mangueira, conforme desejado.

Já o Sistema 1 utiliza apenas a garrafa e cordão, e o vídeo já exibe sua aplicação no plantio de alfaces. Apesar das imagens buscarem comprovar que o sistema funciona para o objetivo pretendido, tínhamos alguns questionamentos, imaginando que algumas variáveis envolvidas ali, influenciariam a característica do gotejamento. Assim, decidimos partir do sistema que pudesse utilizar o mínimo de recursos e que estes sejam fáceis de serem encontrados. Portanto o Sistema 1 foi adotado como referência para os testes a serem realizados, conforme detalhado a seguir.

## 3.1 Testes de Sistema de Irrigação por Gotejamento

A partir do Sistema 1, conforme apresentado por World Click (2020), resolvemos testar algumas variações, considerando serem elementos que teriam o potencial de afetar o padrão do gotejamento.

### *3.1.1 Primeiro bloco de experimentos (CEI e CEII)*

No **primeiro conjunto de experimentos (CE I**) mantivemos as garrafas na horizontal e buscamos avaliar a influência: da diferença de altura entre a ponta interna do cordão e a externa (utilizando o efeito sifão, isto é, transportar o líquido de uma altura para outra mais baixa, passando por um ponto mais alto), a influência do tipo de material do cordão (nylon – núcleo de corda de nylon com cobertura de polipropileno – ou algodão, sempre de 6mm de espessura), garrafa com ou sem incisão, a quantidade de água na garrafa.

Os primeiros quatro experimentos (E1 a E4) foram feitos em ambiente interno, com quatro copos (Figura 4); os demais quatro (E6 a E8) foram feitos em ambiente externo, com 6 copos (Figura 5). As medições do volume transferido (ml) eram feitas em intervalos múltiplos de 24h.



Figura 4 Teste do CE I (Interno) Experimento 2. Fonte: Próprios Autores (2022)



Figura 5 Teste do CE I (externo) Experimento 8 – vista superior e no nível dos copos). Fonte: Próprios Autores (2022)

O Quadro 1, a seguir, apresenta as configurações e resultados coletados.

Quadro 1 Dados dos Conjuntos de Experimentos CEI.

| | CORDÃO | | PREPARAÇÃO CORDÃO | | SIFÃO | | GARRAFA | | VOLUME | TEMPO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E2 | algodão | nylon | sem molhar | molhado | com | sem | com incisão | sem incisão | (ml) | (h) |
| 1 | X | | X | | X | | X | | 0 | 72 |
| 2 | | X | X | | X | | X | | 151 | 72 |
| 3 | X | | | X | X | | X | | 34 | 72 |
| 4 | X | | | X | | X | X | | 3,5 | 72 |
| E3 | | | molho | molho e lavado | | | | | | |
| 1 | X | | | X | X | | | X | 27 | 24 |
| 2 | X | | | X | X | | | X | 27 | 24 |
| 3 | X | | X | | X | | X | | 61 | 24 |
| 4 | X | | X | | X | | X | | 70 | 24 |
| E4 | | | molho | molho e lavado | | | | | | |
| 1 | X | | X | | X | | | X | 62,5 | 24 |
| 2 | X | | X | | X | | | X | 72 | 24 |
| 3 | X | | | X | X | | X | | 14 | 24 |
| 4 | X | | | X | X | | X | | 13,5 | 24 |
| E5 | | | seca | molhada | | | 1 litro | | | |
| 1 | X | | | X (molho/ seca/ molhada) | X | | X | | 87,5 | 24 |
| 2 | X | | | X (molho/ seca/ molhada) | X | | X | | 89 | 24 |
| 3 | X | | | X (continuando) | X | | | X | 28 | 24 |
| 4 | X | | | X (continuando) | X | | | X | 22 | 24 |
| 5 | | X (amarela) | X | | X | | | X | 8,5 | 24 |
| 6 | | X (vermelha) | X | | X | | | X | 9,2 | 24 |
| E6 | | | seca | continuidade | | | | | | |
| 1 | X | | | X | X | | X | | 52,5 | 24 |
| 2 | X | | | X | X | | X | | 51 | 24 |
| 3 | X | | | X | X | | | X | 19 | 24 |
| 4 | X | | | X | X | | | X | 14,5 | 24 |
| 5 | | X (amarela) | | X | X | | | X | 16,5 | 24 |
| 6 | | X (vermelha) | | X | X | | | X | 16,6 | 24 |
| E7 | | | seca | continuidade | | | 400ml | | | |
| 1 | X | | | X | X | | X | | 25 | 48 |
| 2 | X | | | X | X | | X | | 34,5 | 48 |
| 3 | X | | | X | X | | X | | 4,2 | 48 |
| 4 | X | | | X | X | | X | | 4,2 | 48 |
| 5 | | X (amarela) | | X | X | | X | | 24,5 | 48 |
| 6 | | X (vermelha) | | X | X | | X | | 24,2 | 48 |
| E8 | | | seca | continuidade | | | 1250ml | | | |
| 1 | X | | | X | X | | X | | 45,5+36,8 +26,6+19,6+15,2 | 24+24+24+24+24 |
| 2 | X | | | X | X | | X | | 39,2+31,4+17,8+12+8 | 24+24+24+24+24 |
| 3 | X | | | X | X | | X | | 32,5+19,5+10,5+6,6+5 | 24+24+24+24+24 |
| 4 | X | | | X | X | | X | | 21,2+ 18,2+16,5+13,2+3,2 | 24+24+24+24+24 |
| 5 | | X (amarela) | | X | X | | X | | 109,2+88+90,5+55,6+46,6 | 24+24+24+24+24 |
| 6 | | X (vermelha) | | X | X | | X | | 56 + 52,5+ 41, 2+30,3+ 21,6 | 24+24+24+24+24 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando CEI (E1 a E8, sendo que E1 foi um período considerado de treinamento e estabilização), identificamos que seus resultados se apresentaram inconclusivos, uma vez que o número de variáveis foi muito grande, muitas vezes sem repetições para aferir os resultados. Algumas premissas não foram confirmadas como verdadeiras no teste, como o desempenho do cordão de algodão. Acreditávamos que ele teria uma melhor capacidade na condução da água, e os testes não comprovaram isso. Por outro lado, E2 já indicou que o efeito sifão seria relevante para o resultado.

Preparamos então **um outro conjunto de experimentos, o CEII,** apresentado na Figura 6.

Características do CEII:

- Testes simultâneos com conjuntos de garrafas sempre na vertical; todas as garrafas com um furo logo abaixo do friso primeiro horizontal (a partir do gargalo);
- Todas as garrafas de 2 litros com peso bruto (garrafa+tampinha+ cordão+ água) de 1250g e as de 1,5litros com peso bruto de 1220g;
- Corda de nylon e de algodão, todas de 62 cm – todas as cordas colocadas de molho apenas em água;
- Teste à sombra sendo que os valores das primeiro 24 horas seriam apenas para acomodação (descarte); para o teste de acomodação, o conjunto submerso (aquele em que a ponta externa do cordão condutor está imerso em água no recipiente coletor) foi composto por um copo com 50g de água;
- Fazer testes – garrafas de 2,0l: 3 de algodão e 3 de nylon (no ar – aquele em que a ponta externa do cordão condutor não em contato com líquido no recipiente coletor) + 3 de algodão e 3 de nylon (submerso);
- Fazer testes – garrafas de 1,5l: 3 de algodão e 3 de nylon (submerso);
- Todos os copos pesados inicialmente com valores individuais registrados;
- Todos os conjuntos garrafa+tampinha+corda pesados inicialmente com valores individuais registrados;

- Foram feitos os experimentos, com a leitura dos volumes de água transferidos em cada configuração. As configurações foram nomeadas com:
    - o primeiro caractere correspondendo ao número sequencial de identificação do sistema;
    - o segundo, representando o número da repetição de uma mesma configuração;
    - o terceiro, letra N ou A, se referindo ao material da corda – nylon ou algodão;
    - o quarto, letra A ou S, indicando a configuração aérea ou submersa;
    - os conjuntos que possuem o número 1 ao final correspondem às garrafas de 1,5 litros; os demais são das garrafas de 2 litros.

Foram feitas quatro leituras: a primeira após as 24h do período de acomodação, a segunda, com dois dias de intervalo, a terceira com 4 dias de intervalo e a quarta com intervalo de 7 dias. Os gráficos a seguir (Gráfico 1, Gráfico 2, Gráfico 3) apresentam os quatro valores de vazão (massa/h) obtidos para cada uma das 18 unidades (conjunto garrafa-copo



Figura 6 Conjunto de teste CEII. Fonte: Próprios Autores.

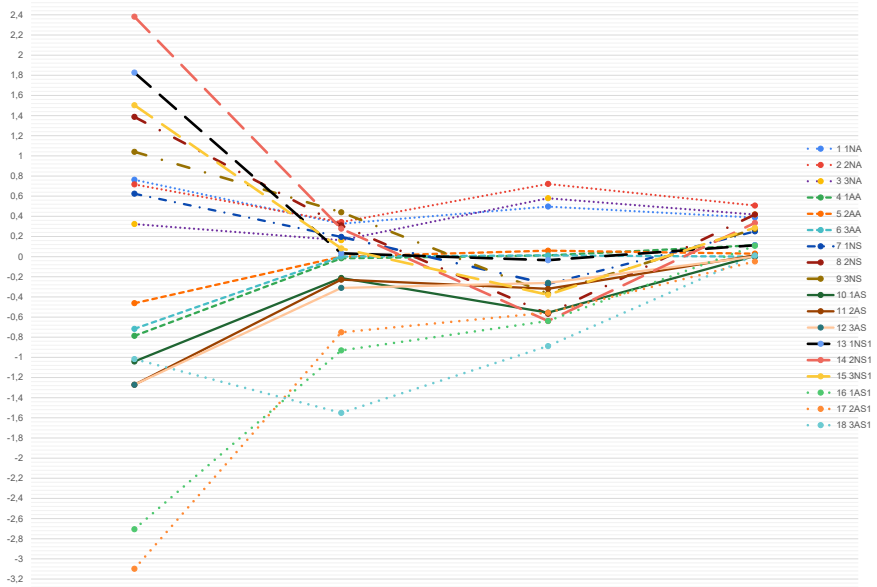



Gráfico 1 Gráfico dos valores de vazão (massa/h) das quatro leituras.

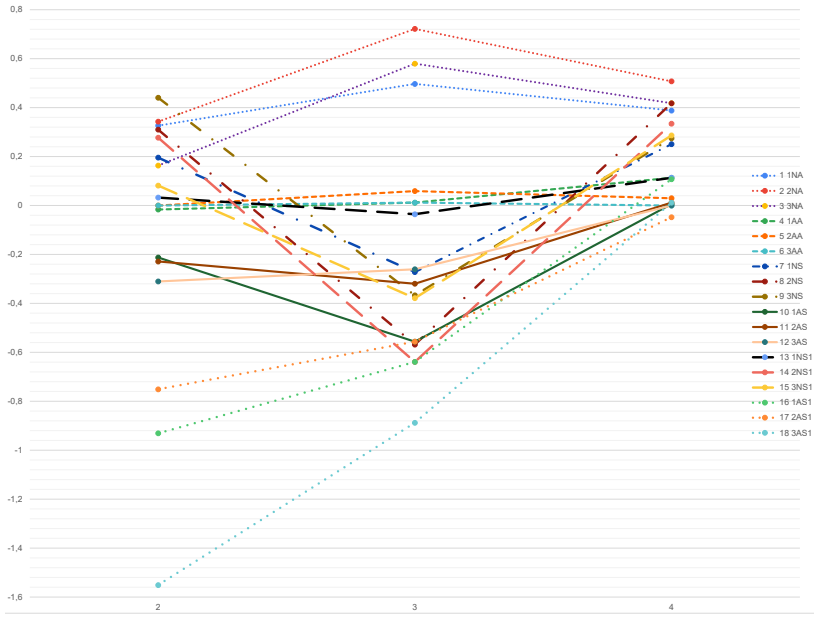



Gráfico 2 Gráfico dos três valores de vazão (massa/h) após o período de acomodação (isto é, sem a primeira leitura).

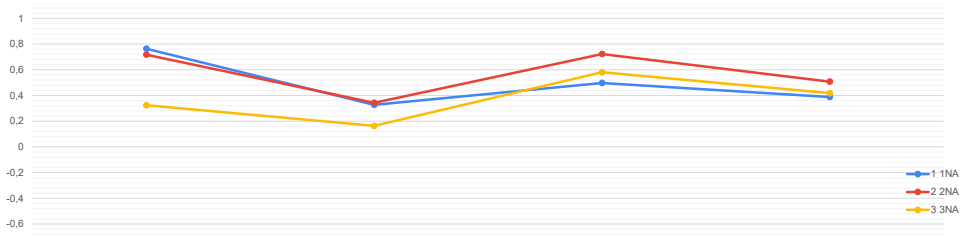



Gráfico 3 Gráfico com as quatro leituras de vazão (massa/h) dos sistemas de maior valor na última leitura.

Em CEII, foram analisadas as seguintes variáveis:

- MATERIAL: Qual o material da corda (nylon/algodão) apresenta melhor eficiência em termos de vazão;
- SISTEMA: Qual o apresenta maior vazão: corda aérea ou submersa;
- RECIPIENTE: Qual a interferência do volume do recipiente na vazão do(s) sistema(s).

Os resultados indicaram:

- O sistema com corda de nylon aéreo apresentou a melhor regularidade na vazão durante o período analisado, sempre com valores positivos;
- O sistema com corda de nylon submerso inicia com vazão relativamente alta, com quedas consideráveis na segunda e terceira medições, passando a valores positivos na quarta medição;
- Os sistemas com corda de algodão iniciam com vazão negativa, tendendo a zero considerando a vazão total no período;
- O sistema com corda de algodão aéreo, apesar dos valores negativos, apresenta uma inclinação ascendente na curva de vazão, chegando próximo a zero no final do período;
- O sistema com corda de nylon submerso com o recipiente menor (NS1) apresenta valores os iniciais registrados mais elevados; na segunda e terceira medições apresenta quedas consideráveis, com valor negativo na terceira medição, porém alcança valores similares aos outros sistemas com corda de nylon na última medição.

A partir de CEII, concluiu-se que:

- De maneira geral, todos os grupos possuem uma tendência de convergência a um parâmetro similar de vazão, considerando o período de análise;
- Considerando o período analisado, os sistemas com corda de nylon, tanto aéreos quanto submersos, apresentaram os melhores resultados;
- O sistema com corda de nylon submerso em garrafa grande (NS) apresentou os maiores valores de vazão na última medição;
- Os sistemas com corda de algodão por apresentarem uma curva ascendente de vazão no período, devem ser analisados considerando um período maior;
- Os valores negativos obtidos nas primeiras medições com os sistemas com corda de algodão sugerem que a evaporação do liquido foi maior que a vazão.

Tendo em vista essas conclusões, decidimos fazer mais um bloco de experimentos durante um período mais longo e com uma maior frequência de leituras, bem como em um ambiente mais controlado (sem o trânsito de pessoas e com leituras de temperatura e umidade).

### *3.1.2 Segundo bloco de experimentos (CEIII a CEVI)*

A partir das conclusões do bloco de experimentos anterior (CEI e CEII). este bloco de experimentos foi realizado em ambiente fechado (6,00x2,40m, pé direito de 1,70m) construído em alvenaria, coberto por laje impermeabilizada e fechado por seis portas de veneziana de alumínio de 1,00m cada e sem janelas. O ambiente é protegido da luz, vento e de grandes variações térmicas, minimizando-se assim a ocorrência da evaporação.

O primeiro conjunto de experimentos **desse bloco (CEIII)** teve como objetivo avaliar a capilaridade dos cordões. Estes experimentos consistiram em pendurar os cordões na vertical (presos ao teto), com uma de suas pontas submersa 2 cm em água com colorante. Foi feita a comparação entre os três tipos de cordão: nylon 6mm, algodão 6mm e barbante comum - 4/4 590Tex 85% algodão). Após cinco dias foi medida a altura que o líquido atingiu no cordão.

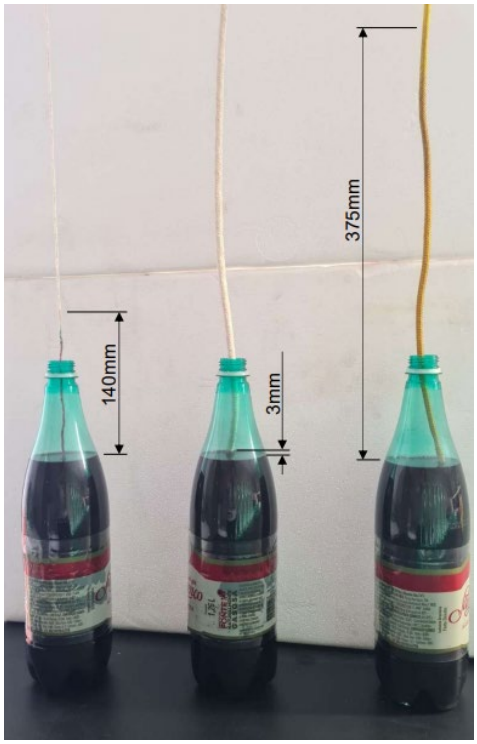



Figura 7 Conjunto de experimentos CEIIII – capilaridade dos cordões (da esquerda para a direita, barbante, cordão de algodão e cordão de nylon). Fonte: Próprios autores.

Conforme indicado na Figura 7, e como sugerido pelos experimentos do bloco anterior, percebeu-se uma grande diferença de desempenho da capilaridade entre os cordões testados. O cordão de nylon apresentou o melhor desempenho tendo o líquido subido a uma altura de 375mm. O segundo melhor desempenho foi com o barbante comum que atingiu a altura de 140mm. O pior desempenho, contrariando nossas expectativas, foi com o cordão de algodão 6mm que atingiu a altura de apenas 3mm.

Após esta análise resolveu-se descartar para os testes de gotejamento o cordão de algodão 6mm por não apresentar um desempenho razoável.

Com o objetivo de coletar um maior número de dados e ter maior precisão, decidimos colocar nos próximos conjuntos de experimento, sensores para medição do gotejamento.

**O conjunto (CEIV)** é portanto composto por 12 sistemas de gotejamento sendo cada uma formada por duas garrafas PET de 1,5l (recipiente de origem e receptor da água transferida), cordão e um sensor ótico ligado a um Arduino para a contagem e registro das gotas transferidas (Figura 8). Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware – placa de circuito eletrônico – e software de fácil utilização. No nosso sistema, os sensores ópticos geram uma entrada para o Arduíno quando a gota passa na sua frente e altera o feixe de luz. O Arduíno gera uma saída que é a contagem do número de gotas e registra, a partir de cronometragem contínua a partir do disparo da primeira gota, o momento (em segundos) em que ocorreu cada gota. A cada gotejamento também são medidas e registradas a temperatura e a umidade do ar.

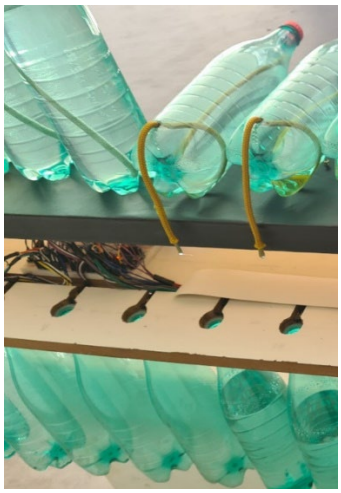


Figura 8 Conjunto de teste CEIV, mostrando a estrutura de suporte criado para os sensores conectados com o Arduíno. Fonte: Próprios autores.

Interessante notar que a montagem do setup e a estrutura de suporte dos elementos constituiu, em si, um trabalho de Design de Produto.



Figura 9 Conjunto de experimentos CEIV, analisando posição da garrafa, cordão de nylon e barbante. Fonte: Próprios autores.

O primeiro conjunto de experimentos de gotejamento deste novo bloco **(CEIV)** teve a seguinte configuração (Figura 9):

- seis conjuntos com a garrafa disposta na horizontal - três conjuntos com cordão de nylon e três conjuntos com barbante;
- seis conjuntos com a garrafa disposta na vertical – três conjuntos com cordão de nylon e três conjuntos com barbante.

Cada conjunto foi preenchido com 1250g de água, pesados em balança digital com precisão de 1g. Para o início do teste, todos os cordões e barbantes foram submersos na água de seus próprios recipientes por uma hora, para promover sua umidificação anterior ao início do teste. Após esse período, todos os cordões foram colocados em posição de teste, com comprimento suficiente para a ponta externa ficar abaixo do nível inferior da garrafa (uma vez que nos testes anteriores foi indicada a relevância do efeito sifão) e alinhados com os sensores ópticos e as garrafas de transferência (Figura 10). Finalmente, o sistema de contagem foi iniciado, dando início ao teste.

A partir da análise dos dados coletados (contagem de gotas e tempo), foram medidos os parâmetros de massa (g) e calculados os valores de vazão no tempo (g/h ou g/dia) bem como valores médios.



Figura 10 Conjunto de experimentos CEIV, mostrando o posicionamento dos cordões e barbantes.

Após aproximadamente sete dias (165,43h), para cada célula, realizou-se a medição da massa de água transferida (pesagem) e recuperados os dados registrados no Arduíno (contagem e momento de cada gota, com registro de temperatura e umidade - Gráfico 4). Dividindo-se a massa transferida pelo número de gotas da célula, obteve-se o peso médio da gota. Foram então calculados os respectivos valores de vazão (g/ h). Os gráficos que representam esses dados são apresentados a seguir.

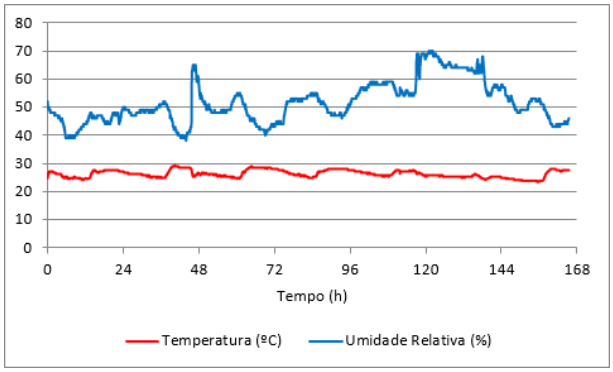



Gráfico 4 Gráfico da variação da temperatura (°C) e umidade relativa (%) ao longo do tempo de CEIV.

As células de gotejadores foram identificadas a partir do padrão XabYcZ, onde:

- X: é o número da bateria de testes – 1 (correspondendo a CEIV); 2 (correspondendo a CEV) e 3 correspondendo a CEVI);
- a: define o cordão utilizado – N= nylon; B=barbante;
- b: define a tipologia dos fios - S=simples, T=trançado, F=trançado frouxo; R=torcido;
- Y: define o número de fios = 1 a 4;
- c: define a tipologia do recipiente- H = garrafa horizontal; V = garrafa vertical; P = tubo de PVC (único para todas as células);
- Z: é o número da célula de gotejamento, dentro de seu conjunto (1 a 3: repetição com a mesma configuração).

O conjunto 1NS1V (CEIV, nylon, simples, 1 fio, vertical) apresentou uma consistência, entre os gotejadores, da massa transferida. A vazão durante o período avaliado foi uniforme, não apresentando divergência significativa durante o período avaliado (Gráfico 5). Este conjunto apresentou uma vazão média igual a 10,1g/dia.

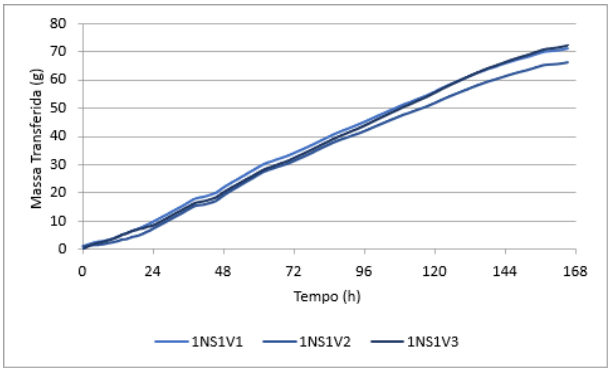



Gráfico 5 Gráfico da massa transferida no tempo das células 1NS1V (CEIV, nylon, simples, 1 fio, vertical)

O conjunto 1BS1V (CEIV, barbante, simples, um fio, vertical) apresentou uma divergência na massa transferida e na vazão entre as células. A frequência de gotejamento foi decrescente nas primeiras 16h10min, estabilizando-se durante o restante do período (Gráfico 6). Este conjunto apresentou uma vazão média igual a 7,39g/dia.

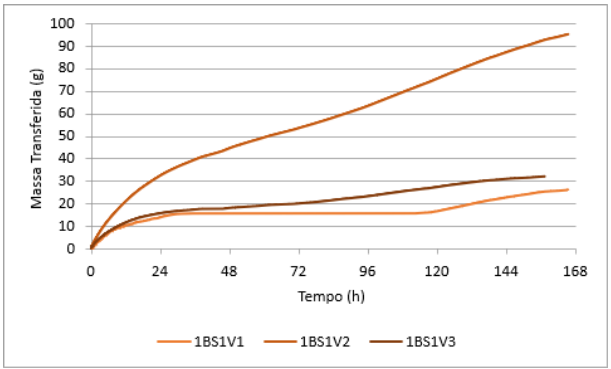



Gráfico 6 Gráfico da massa transferida no tempo das células 1BS1V (CEIV, barbante, simples, 1 fio, vertical

O conjunto 1NS1H (CEIV, nylon, simples, um fio, horizontal) apresentou uma divergência na massa transferida na vazão entre os gotejadores. A célula 1NS1H1 apresentou vazão média uniforme de 100,80g/dia nas primeiras 46h9min e uma queda brusca para 57,60g/dia até o final do período avaliado. A célula 1NS1H2 apresentou vazão média uniforme de 79,20g/dia nas primeiras 120h50min e uma queda brusca para 36,00g/dia até o final do período avaliado. A célula 1NS1H3 apresentou vazão média uniforme de 100,89g/dia nas primeiras 41h40min e uma queda gradativa para 43,20g/dia até o final do período avaliado. Percebeu-se que o comprimento exagerado do cordão fez com que este emergisse em alguns pontos e encostasse na parede da garrafa (Figura 11). Aparentemente isto comprometeu o desempenho da vazão deste conjunto (Gráfico 7). O valor médio da vazão do conjunto foi de 64,48 g/dia.



Figura 11 Conjunto de garrafas das células 1NS1H e o posicionamento dos cordões e barbantes assumido ao longo do experimento. Foto: Próprios autores.

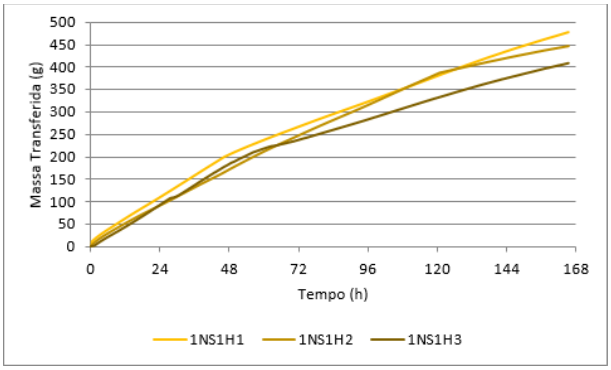



Gráfico 7 Gráfico das massas transferidas no tempo das células 1NS1H (CEIV,nylon, simples, 1 fio, horizontal).

O conjunto 1BS1H (CEIV, barbante, simples, um fio, horizontal) apresentou, entre as células, uma divergência na massa transferida e uma consistência na vazão. A vazão média foi 43,79 g/dia. A célula 1BS1H3 teve os seus dados excluídos da média por apresentar falha na contagem de gotas entre o período de 16h40min e 45h e o período entre 133h20min e 165h,26min (Gráfico 8).

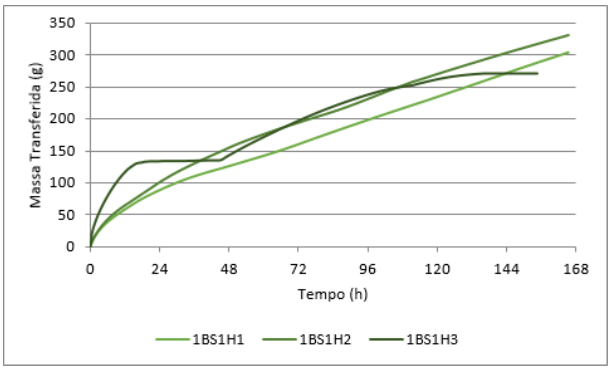



Gráfico 8 Gráfico da massa transferida no tempo das células 1BS1H (CEIV,barbante, simples, 1 fio, horizontal).

A comparação da quantidade de água transferida entre cada conjunto mostra uma grande diferença de desempenho entre os gotejadores posicionados na horizontal e os gotejadores posicionados na vertical (Gráfico 9).

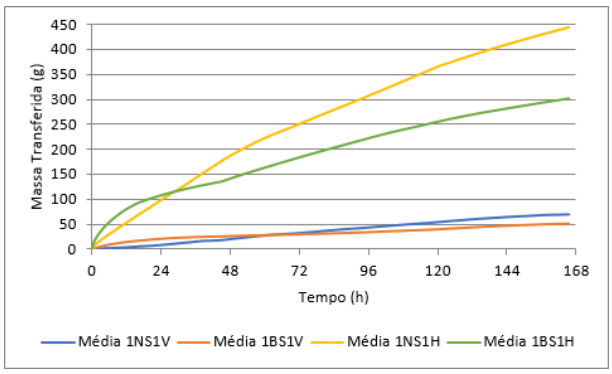



Gráfico 9 Gráfico das médias das massas transferidas no tempo de cada grupo de configuração.

Assim, as configurações em ordem decrescente de vazão média foram: 1NS1H (64,48 g/dia), 1BS1H (43,79g/dia), 1NS1V (10,1 g/dia) e 1BS1V (7,39 g/dia). Em relação ao material, o cordão de nylon demonstrou performance superior ao barbante.

Através da análise da vazão média de cada conjunto percebe-se um grande impacto da umidade nos conjuntos especialmente nos posicionados na vertical (Gráfico 10), sendo ele mais perceptível no conjunto com o cordão de nylon (Gráfico 11). Isso pode indicar uma maior sensibilidade do cordão de nylon às condições climáticas.

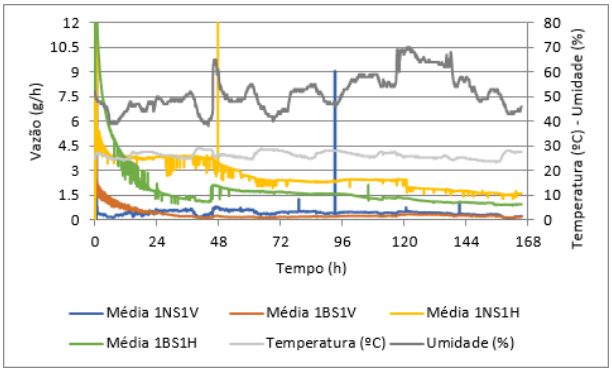



Gráfico 10 Gráfico das vazões (g/h) ao longo do tempo de cada grupo de configuração.

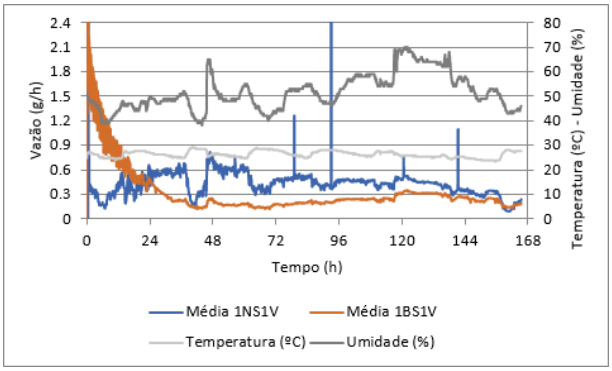



Gráfico 11 Gráfico das vazões (g/h) ao longo do tempo dos grupo de configuração com a garrafa na vertical.

Visto a melhor performance do cordão de nylon, mas a transferência consistente do barbante, foi realizado um novo **conjunto de experimentos (CEV)** para avaliar se a diferença de comportamento estava relacionada à espessura. Assim avaliamos não só o número de fios, mas também o formato do seu agrupamento – tipologia dos fios.

Foram instalados 12 sistemas de gotejamento, todos dispostos na horizontal, da seguinte forma:

- três conjuntos com cordão de nylon (2NS1H);
- três conj. com barbante de algodão comum simples. (2BS1H);
- três conj. com barbante de algodão comum torcidos com dois fios (2BR2H);
- três conj. com barbante de algodão comum trançados com três fios (2BT3H).

O restante da metodologia foi feito da mesma forma de CEIV.

O período avaliado foi de 230,25h (aproximadamente 9 dias 14h15min) com temperatura média de 25,94°C e umidade relativa média de 60,96% (Gráfico 12).

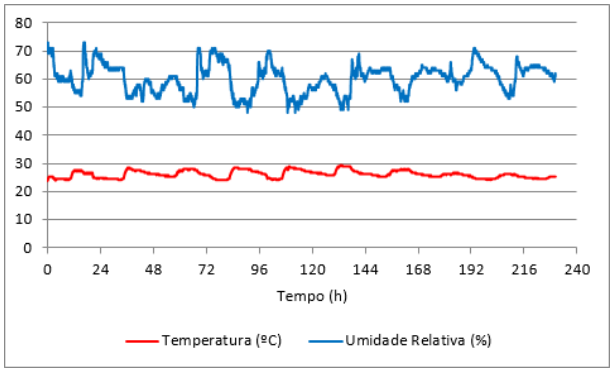



Gráfico 12 Gráfico da variação da temperatura (°C) e umidade relativa (%) ao longo do tempo de CEV.

Todos os conjuntos apresentaram falha de contagem de gotas em uma das células de gotejamento (2BS1H2; 2BR2H2; 2BT3H3; 2NS1H2), logo estes dados foram excluídos da análise.

O conjunto 2BS1H (CEV, barbante, simples, um fio, horizontal) apresentou uma divergência na massa transferida entre os gotejadores (Gráfico 13). A vazão média foi 41,9 g/dia, apresentando uma queda significativa nas primeiras 24h, seguida de uma queda suave até o final do período avaliado.

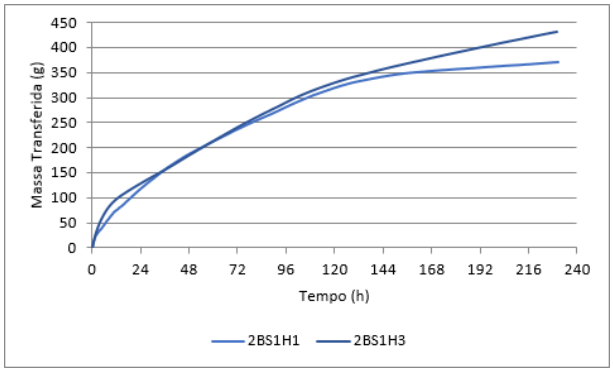



Gráfico 13 Gráfico da massa transferida no tempo das células 2BS1H (CEV, barbante, simples, 1 fio, horizontal).

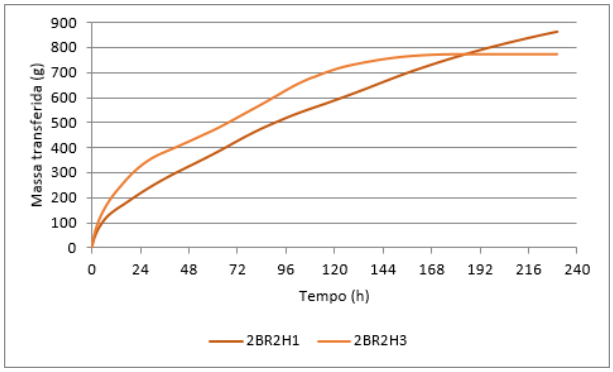



Gráfico 14 Gráfico da massa transferida no tempo das células 2BR2H (CEV, barbante, torcido, 2 fios, horizontal).

O conjunto 2BR2H (CEV, barbante, torcido, 2 fios, horizontal) apresentou uma divergência na massa transferida entre os gotejadores Gráfico 14. A vazão média foi 85,36g/dia, apresentando uma queda significativa nas primeiras 24 horas, seguida de uma queda suave até o final do período avaliado.

O conjunto 2BT3H (CEV, barbante de algodão comum trançados com três fios) apresentou divergência na massa transferida, com cada célula tendo o gotejamento cessado em momentos distintos (Gráfico 15). A vazão média no período de gotejamento ativo foi de 150,88g/dia.

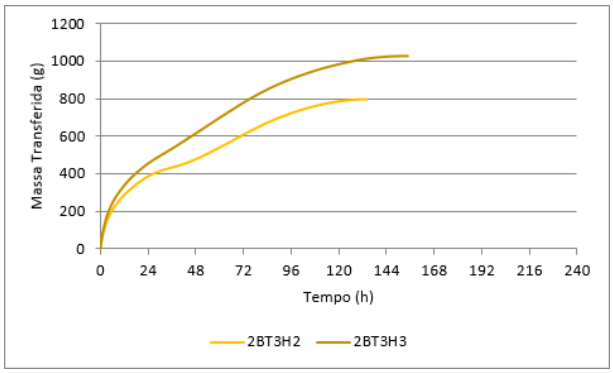



Gráfico 15 Gráfico da massa transferida no tempo das células 2BT3H (CEV, barbante, trançado, 3 fios, horizontal).

No conjunto 2NS1H (CEV, nylon, simples, 1 fio, horizontal) uma das células atingiu o limite de massa de água disponível para o experimento (secou a garrafa) (Gráfico 16). A vazão média do conjunto anterior à secagem de uma das células foi de 143,96 g/dia.

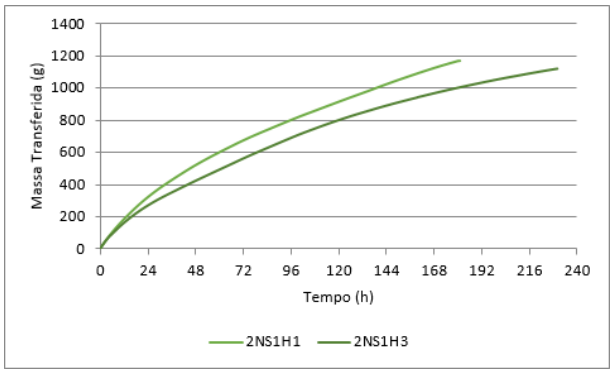



Gráfico 16 Gráfico da massa transferida no tempo das células 2NS1H (CEV, nylon, simples, 1 fio, horizontal).

Através da comparação da média da massa transferida (Gráfico 17) e vazão média de cada conjunto percebe-se que a performance em ordem decrescente foi 2BT3H (150,88g/dia), 2NS1H (143,96g/dia), 2BR2H (85,36g/dia) e 2BS1H (41,9 g/dia).

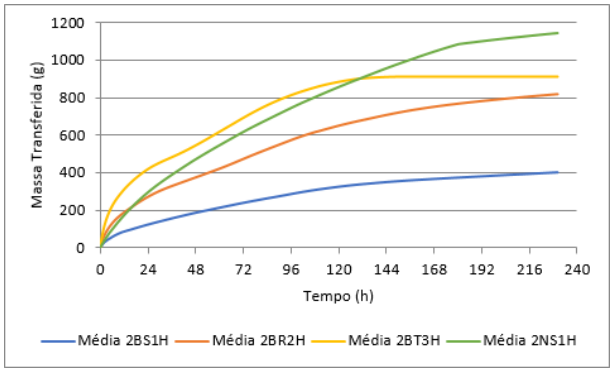



Gráfico 17 Gráfico da média das massas transferidas ao longo do tempo de CEV.

Apesar da média da massa transferida de 2BT3H ser maior que a de 2NS1H o cordão de nylon apresentou um comportamento mais regular do que do barbante trançado com 3 fios. Através da análise da vazão média de cada conjunto, percebe-se que o conjunto com a menor constância de vazão foi exatamente o 2BT3H (Gráfico 18).

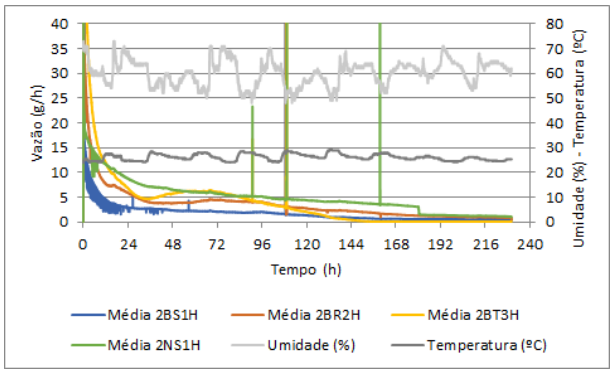



Gráfico 18 Gráfico da média das vazões (g/h) longo do tempo de CEV.

Para evitar a influência de variação dos recipientes foi montado um terceiro conjunto de experimentos deste bloco **(CEVI)**, de modo a se comparar especificamente o desempenho dos cordões e barbantes. O novo sistema substituiu então as garrafas como recipientes com a água por um recipiente único, de modo que a diferença no nível da água não interferisse no gotejamento. Utilizou-se um tubo de PVC de 100mm de diâmetro e 2m de comprimento, com 12 furos, alinhados e dispostos no sentido longitudinal, fechado nas extremidades com caps. Em cada furo colocou-se os barbantes da seguinte forma:

- três barbantes de algodão comum trançados com três fios (malha apertada) (3BR3P);
- três barbantes de algodão comum trançados com 3 fios (malha frouxa) (3BF3P);
- três barbantes de algodão comum torcidos com 2 fios (3BT2P);
- três barbantes de algodão comum torcidos com 4 fios (3BT4P).

O restante da metodologia foi feito da mesma forma do CEIV e CV.

Período avaliado 92,94h (aproximadamente 3 dias 20h56min) com temperatura média de 25,63°C e umidade relativa média de 67,12% (Gráfico 19).

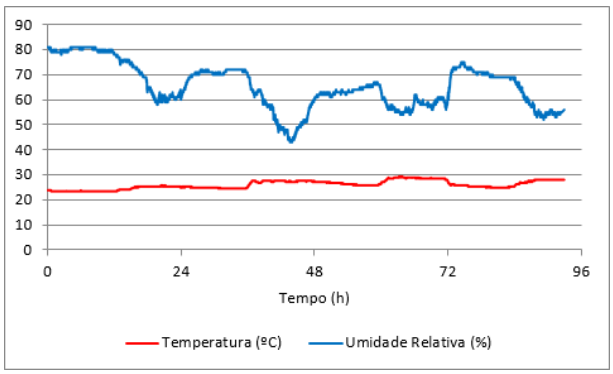



Gráfico 19 Gráfico da variação da temperatura (°C) e umidade relativa (%) ao longo do tempo de CEVI.

As células 3BR4P3 (CEVI, barbante, torcido, 4 fios, PVC) e 3BT3P2 (CEVI, barbante, trançado apertado, 3 fios, PVC)

apresentaram falha na contagem e, por isso, seus dados foram excluídos da análise.

O conjunto 3BR4P (CEVI, barbante, torcido, 4 fios, PVC) apresentou convergência na massa transferida (Gráfico 20) e na vazão de cada célula, tendo uma vazão média de 241,59g/dia.

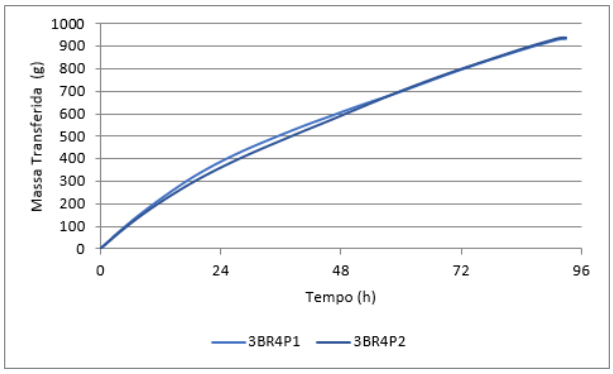



Gráfico 20 Gráfico da massa transferida ao longo do tempo das células 3BR4P (CEVI, barbante, torcido, 4 fios, PVC).

O conjunto 3BT3P (CEVI, barbante, trançado, 3 fios, PVC) apresentou grande divergência na massa transferida (Gráfico 21), sendo a vazão média do conjunto de 123,58 g/dia.

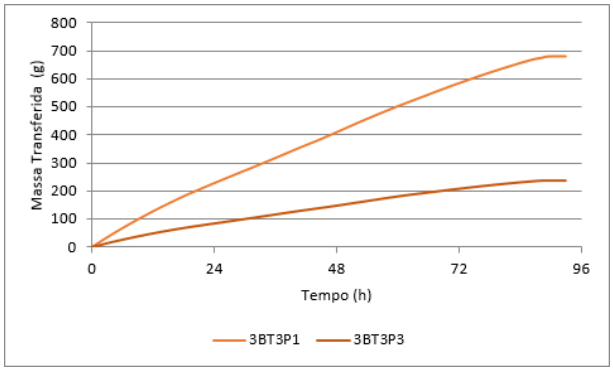



Gráfico 21 Gráfico da massa transferida ao longo do tempo das células 3BT3P (CEVI, barbante, trançado, 3 fios, PVC).

O conjunto 3BR2P (CEVI, barbante, torcido, 2 fios, PVC) apresentou divergência na massa transferida (Gráfico 22). A vazão média do conjunto foi (82,55g/dia).

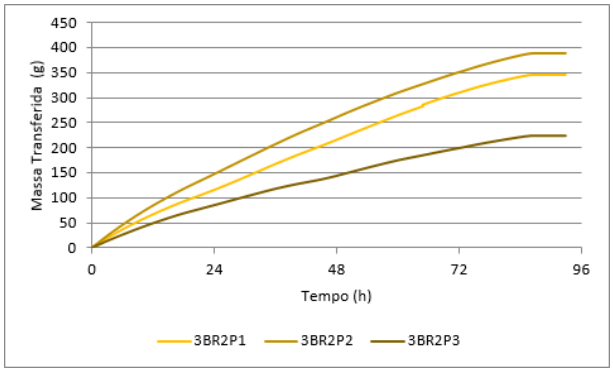



Gráfico 22 Gráfico da massa transferida ao longo do tempo das células 3BR2P (CEVI, barbante, torcido, 2 fios, PVC).

O conjunto 3BF3P (CEVI, barbante, trançado frouxo, 3 fios, PVC) apresentou divergência na massa transferida (Gráfico 23) e todas as células apresentaram um aumento na vazão, após aproximadamente 42 horas. A vazão média do conjunto foi de 242,83g/dia.

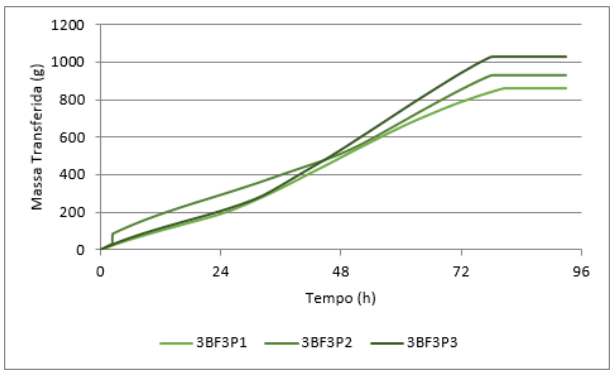



Gráfico 23 Gráfico da massa transferida ao longo do tempo das células 3BF3P (CEVI, barbante, trançado frouxo, 3 fios, PVC).

Através da comparação da média da massa transferida (Gráfico 24) e vazão média de cada conjunto, percebe-se que a performance em ordem decrescente foi 3BF3P (242,83g/dia), 3BR4P (241,59/dia), 3BT3P (123,58/dia) e 3BR2P (82,55 g/dia).

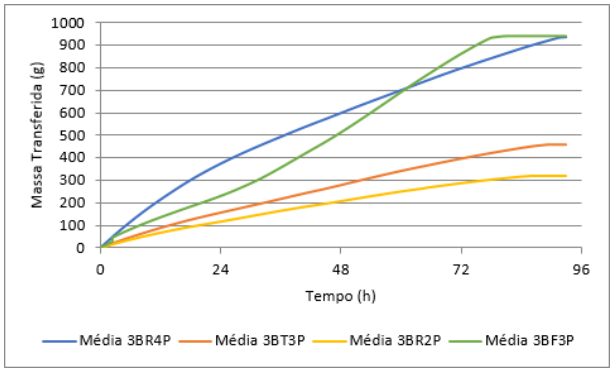



Gráfico 24 Gráfico da média das massas transferidas ao longo do tempo de CEVI.

Através da análise da vazão média de cada conjunto, percebe-se que o conjunto com a menor constância de vazão foi o 3BF3P (barbante trançado frouxo) (Gráfico 25) e que o valor mais baixo corresponde ao conjunto com menor número de fios (3BR2P).

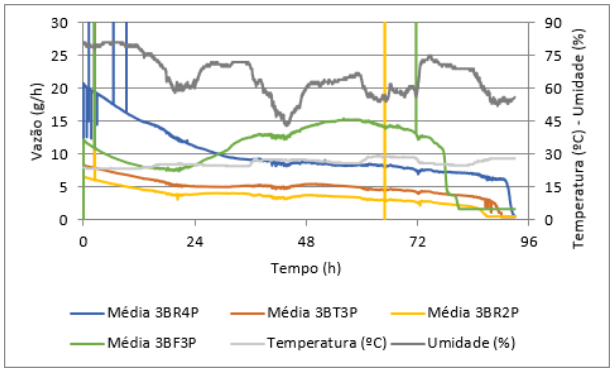



Gráfico 25 Gráfico da média das vazões (g/h) longo do tempo de CEVI

De todos os experimentos, identifica-se que o cordão de nylon tende a proporcionar uma vazão maior e mais constante, apesar de suscetível aos níveis de umidade do ar. No entanto, as configurações de barbante indicam que também atendem, com uma vazão que cresce segundo o número de fios, sendo que o torcido teria maior estabilidade.

Por outro lado, a posição vertical da garrafa teve piores resultados que a configuração com a garrafa na horizontal. Uma das possíveis razões é o grande comprimento do barbante exposto, suscetível à temperatura e umidade do ar. Outro elemento identificado é a importância da ponta externa do

cordão/ barbante estar abaixo do nível do fundo do recipiente com água.

Com esses elementos já é possível especificar configurações que sejam adequados à cada situação de plantio – ambientes internos ou externos, quantidade de água requerida pela cultura, disponibilidade de materiais. Conforme a metodologia do Design Sistêmico, é importante que as soluções sejam ajustadas à situação do TERRITÓRIO, valorizando os recursos locais.

## 4. DESENVOLVENDO FACILITAÇÕES NAS HORTAS

Nas situações reais é preciso atuar com agilidade em função das necessidades das pessoas, sua cultura e contexto envolvido. Assim, durante o período de elaboração dos testes, surgiu a demanda da Horta Esperança – horta comunitária do Aglomerado Santa Lúcia, de implementar um sistema que facilitasse a irrigação utilizando os materiais disponíveis. Os moradores haviam recebido a doação de alguns tubos de PEAD (Polietileno de Alta Densidade). Assim, em um mutirão envolvendo nossos alunos, instalamos esses tubos para irrigação, distribuindo-os pelos canteiros, fazendo furos finos ao longo deles e fixando-os ao solo com grampos de arame (cortado e curvado *in loco*), conforme Figura 12.

Esta foi uma solução de irrigação muito bem recebida pela comunidade, a partir dos materiais disponíveis, considerada como uma facilitação relevante para seu trabalho diário de manutenção da horta.

No entanto, não é uma forma que otimiza o uso da água, justificando ainda a aplicação de um sistema de gotejamento, conforme desenvolvido nos experimentos apresentados nos itens anteriores.



Figura 12 Grampo de fixação (acima) e mangueiras com furos, distribuídas nos canteiros, fazendo a sua irrigação (abaixo). Fonte: Próprios Autores.

## 5. COLORANTES NATURAIS

Uma vez tratado um lado da equação, ressaltando o interesse das hortas urbanas agroecológicas em solução de Design, partimos para o outro lado – ressaltar elementos da agroecologia que sejam estimulantes para o Designer. Conforme explicado anteriormente, apresentamos aqui os colorantes naturais como este elemento de conexão.

Corantes e pigmentos são as principais formas de colorantes que, apesar de usarem termos muitas vezes aplicados indistintamente, são elementos diferentes. Ambos conferem cor e podem ser tanto de origem natural quanto sintética. Mas os corantes são substâncias solúveis e os pigmentos são insolúveis, se bem que, com tratamento químico adequado, um corante solúvel pode ser convertido em um pigmento insolúvel. Os corantes são absorvidos pelo substrato colorido e promovem apenas o tingimento do produto, mantendo a transparência do objeto mesmo após a tintura. Já os pigmentos precisam de um agente de ligação para aderir à superfície e proporcionam simultaneamente a cobertura, a opacidade e o tingimento. Além disso, os corantes têm um poder tintorial muito superior que o pigmento, isto é, o corante requer menor quantidade que o pigmento para atingir a mesma coloração (MALACARA, 2011; UFF-EQUIPE PROUC, 2022).

Os colorantes têm aplicações na coloração de alimentos, cosméticos, fios e tecidos, papeis, tintas para uso artístico e na construção civil, relacionando-se portanto a diversas áreas, em especial ao Food Design, Design de Produtos, Design Gráfico, Design de Ambientes e Artes Visuais.

Desde os tempos mais antigos são usados para colorir materiais de decoração e corpos humanos durante cerimônias. “O primeiro cosmético moderno para os olhos e desenvolvido para uso diário foi criado em meados de 1917, [...] a partir da mistura de duas matérias primas: vaselina e carvão”, criando a Maybelline Cake Mascara (UFF-EQUIPE PROUC, 2022).

Os pigmentos naturais são suscetíveis à descoloração quando tirados da sua fonte de origem e submetidos a condições não favorávies como a presença de luz, temperaturas acima de 35°C, exposição ao oxigênio e à enzimas dos alimentos. A produção industrial em laboratório teve como objetivo o uso de processos científicos para obter produtos mais estáveis e mesmo preços mais baixos (CHISTÉ; XAVIER, 2020).

Segundo Viana (2012), seus experimentos confirmaram a literatura atribuindo ao corante natural um “baixo rendimento, mudança de cor em função do pH do meio de extração, baixo desempenho [...] no teste de lavagem e necessidade de uso de um mordente adequado para melhor fixação [...] nas fibras têxteis”.

A maioria dos colorantes naturais vem de plantas de tingimento, havendo também alguns que vêm de insetos (como a cochonilha) ou minerais. Os colorantes naturais são um recurso renovável e não dependem do petróleo, como muitos corantes sintéticos. Eles produzem diversidade de cores que se complementam e os obtidos de plantas, possuem variações sutis em função do tipo de solo e clima em que a planta foi cultivada. Já os sintéticos são muito mais uniformes (ROBERTS, 2020).

Assim, apesar de ser atribuído aos colorantes naturais baixo rendimento e preços mais altos que os industriais, eles têm qualidades de serem mais saudáveis para as pessoas e a vida em geral e sua matéria prima ser facilmente acessível (como a terra, o carvão, as plantas, os insetos). Além disso eles podem ser associados ao uso integral dos alimentos, sendo produzido por partes não comestíveis (como cascas) e flores. Isso permite que, além de serem utilizados em alimentos, podem ser utilizados em outros produtos que precisam ser

essencialmente não-tóxicos como tintas para crianças. Para utilizá-los de forma adequada, como todo material, o Designer deve conhecer suas possibilidades e seus limites.

Explorando outras possibilidades em atividades de Design, podemos mencionar o contexto do Food Design que lida com as mais diversas relações entre os alimentos e o Design – a teoria, a educação, a história e os produtos ([Autor]; DE OLIVEIRA, 2016; RICK SCHIFFERSTEIN, 2023).



Figura 13 O sistema Kaiku. Fonte: (CUNHA, 2019).

Além disso, os desafios da área podem surgir como estímulo à criação de novos produtos de design. Para produção de pigmentos naturais, a tecnóloga em design Nicole Stjernswärd inventou Kaiku (Figura 13), "uma tecnologia de vaporização que transforma resíduos de alimentos comuns, como abacates, romãs, beterrabas, limões, cebolas entre outras frutas e legumes"(CUNHA, 2019).

Peles e cascas são fervidas em água produzindo um pigmento. O sistema Kaiku utiliza o processo de "spray dryer" ou secador por pulverização/ atomizador (o mesmo utilizado para fazer leite em pó) para transformar esse líquido em pigmentos em pó.

## 6. DESIGN DE ESPAÇOS AGROECOLÓGICOS

Associando espaços agroecológicos com a educação foram desenvolvidos dois projetos: um de um Jardim Homeopático Agroecológico e outro de uma Horta Escolar Agroecológica Sistêmica.

A preservação da biodiversidade é uma preocupação global constando inclusive nos objetivos 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), 14 (Vida na Água) e 15 (Vida Terrestre) dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (IPEA, 2019). Assim, jardins botânicos têm como uma de suas missões atuar em prol da conservação de espécies vegetais.

Neste contexto, o Jardim Botânico da Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica, JB/FPMZB em Belo Horizonte, desenvolve, desde 2003, pesquisas e projetos com o uso de preparados homeopáticos em plantas e no ambiente. Em 2005 surgiu a ideia do projeto "Jardim Homeopático" que, numa visão paisagística, interconecta as plantas, com animais (representados por esculturas) e minerais utilizados no preparo de medicamentos homeopáticos. A Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde, aprovada em 2006, democratizou o acesso a tratamentos alternativos, dentre os quais a Homeopatia. Esse projeto, em gestação desde então mas não implementado por falta de recursos, viu nova oportunidade de ser realizado em 2022, com a aprovação do Contrato de Metas do Plano de Ação Governamental da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). Nesta nova versão, aos quase 1700 $m^2$ originais, somou-se uma área anexa com cerca de 350 $m^2$ situada na área de visitação do Jardim Botânico. Em uma abordagem sistêmica, foi acrescentado um jardim vernacular, como os encontrados nas áreas rurais, com o objetivo de valorizar a mulher do campo, e o cultivo de variedades crioulas e locais. Com isso, se resgata e valoriza aspectos culturais relacionadas a plantas alimentícias tradicionais, esquecidas ao longo do tempo que passam a ser denominadas como PANCs (Plantas Alimentícias Não Convencionais) (TORRES et al., 2023). O projeto contou com a parceria de equipes da administração pública (JB/FPMZB), com a academia e a iniciativa privada.

Outra parceria neste contexto foi desenvolvida com a Escola Municipal Alice Nacif, para a qual foi desenvolvida uma Horta Agroecológica Sistêmica aplicando os princípios da metodologia do Design Sistêmico. Com isso foi desenvolvido um projeto interdisciplinar, multissensorial, acessível e inclusivo. As áreas de circulação, os equipamentos, mobiliários e os pisos de materiais diversos foram criados para permitir, não só a experiência multisensorial, incluindo à experiência da visão, o tato, a audição, o olfato e o paladar, mas o acesso a todos, com oportunidades intergeracionais e de capacidades diversas.



Figura 14 Projeto do Jardim Homeopático Agroecológico – Jardim Botânico da Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica – Belo Horizonte. Fonte: Projeto Marina Portugal – Imagem: Próprios Autores.



Figura 15 Horta Escolar Agroecológica Sistêmica – Escola Municipal Alice Nacif – Belo Horizonte. Fonte: Próprios Autores.

Aspectos locais de insolação e clima foram considerados, bem como a interação entre os seres vivos, e a otimização de recursos havendo, não só espécies vegetais, mas também um galinheiro e um lago para sapos (comuns no território). A utilização da água da chuva também foi contemplada. Este projeto foi submetido à PROPAM (Programa de Recuperação d Desenvolvimento Ambiental da Bacia da Pampulha) encontrando-se em construção. O objetivo é o múltiplo uso desse espaço, inclusive com experiências práticas pedagógicas para os diversos temas lecionados, em uma abordagem transdisciplinar.

Também este projeto foi desenvolvido graças à parceria dos diversos envolvidos – equipes da administração pública (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico – SMDE/ PBH), a Escola Municipal, a iniciativa privada e a academia.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas do design e da agroecologia têm muito o que construir juntos. Podemos sistematizar e buscar bases científicas para conhecimentos empíricos otimizando processos e recursos.

Aqui, desenvolvemos conhecimentos e capacidades que poderão fundamentar outros trabalhos, utilizando metodologias para atuar em prol da sustentabilidade. Com os experimentos do sistema de irrigação, conseguimos identificar fatores de influência que darão embasamento à escolha do sistema mais adequado a ser utilizado em cada contexto específico. Isso, em si, é a prática do "agente consciente" que é fomentado pela metodologia do DS ao tratar a "valorização das pessoas". Agimos também pela otimização dos recursos, ao procurar soluções que utilizem recursos simples disponíveis no território e a irrigação que utilize a quantidade de água necessária, sem desperdícios.

De várias formas, mostramos como é importante os relacionamentos e os conhecimentos tradicionais, pois todos os resultados ocorreram graças a isso. Relacionamentos inclusivos, sem restrição de idade, formação ou classe social, e parcerias que colocam em diálogo o setor público, setor privado, a sociedade e a academia.

Apresentamos, de forma amostral, a diversidade de oportunidades que existem para o Designer no setor primário – oportunidades com ênfase no Design Gráfico, Design de Produto, Design de Ambientes e Design de Moda.

Do ponto de vista do setor agrícola, em especial para a abordagem agroecológica, ele precisa das capacidades dos Designers para aprimorar seus resultados e tornar a atividade menos extenuante e mais atrativa. É preciso incorporar recursos e conceitos que fazem parte da *expertise* do Designer, como a ergonomia, como o planejamento para se ter resultados holisticamente melhores que beneficiem também o pequeno agricultor, a agricultura familiar. Não basta produzir – é preciso pensar em todo o ciclo de vida – da diversidade do que é produzido, passando pelo bem-estar dos produtores, do equilíbrio ambiental, a remuneração justa, a produção de alimento de qualidade com formas eficientes e não poluentes de se chegar ao consumidor. O alimento precisa chegar à população na quantidade e qualidade adequadas. É preciso planejar o sistema para o equilíbrio com novas relações entre o urbano e o rural.

## AGRADECIMENTOS

Este projeto foi possível graças ao apoio da UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais, por meio de seus editais de fomento à pesquisa e extensão.

## REFERÊNCIAS

1. AGROPÓS. Conheça os Principais Sistemas de Irrigação! Disponível em: <https://agropos.com.br/sistemas-de-irrigacao/>.
2. LEMOS, A.V.S; REIS; COSTA, L. P. DA. Inovação frugal no desenvolvimento de produtos para a Horta comunitária da Esperança Belo Horizonte. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2022.
3. BARBIERI, J. C. Desenvolvimento sustentável: das origens à Agenda 2030. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/186804/epub/0?code=GcMgAORvv5E5uOoFGcbh9JZBdsbNwpyyNtJN8Evlr6KZQHruXxrUoxSOHArShKGKVdg0RbG5/zN0ZzFomI+Ixw==>. Acesso em: 18 ago. 2022.
4. BISTAGNINO, L. Systemic Design. 2nd. ed. Bra (Cn): Slow Food Editore srl, 2011.
5. BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. Irrigação, uma prática que aumenta a produtividade no campo. Disponível em: <https://boaspraticasagronomicas.com.br/boas-praticas/irrigacao/>. Acesso em: 15 abr. 2022.
6. BONSIEPE, G. Design: como prática de projeto. [s.l.] Blücher, 2012.
7. CAPES. Portal Capes Periódicos. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez171.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscador-primo.html>. Acesso em: 15 jan. 2023.

8. CHISTÉ, R.; XAVIER, A. A. O. Pigmentos naturais: potenciais fontes e efeitos benéficos. Disponível em: <https://www.comciencia.br/pigmentos-naturais-potenciais-fontes-e-efeitos-beneficos/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

9. CUNHA, R. Kaiku transforma resíduos de frutas e vegetais em pigmentos naturais. Disponível em: <https://www.stylourbano.com.br/kaiku-transforma-residuos-de-frutas-e-vegetais-em-pigmentos-naturais/>. Acesso em: 4 abr. 2022.

10. DUK, J. Canal Varanda Orgânica. Disponível em: <https://www.youtube.com/c/VarandaOrgânica>.

11. FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Caderno de Estudos - Saúde & Agroecologia. Rio de Janeiro: [s.n.].

12. GRUPO AUÊ. Anuário das Agriculturas Metropolitanas 2020/2021. Belo Horizonte: [s.n.].

13. IPEA. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/>. Acesso em: 5 jan. 2023.

14. KOERICHÉVERTON, G. V.; CANCELLIER, L. P. DE L. Frugal Innovation: origins, evolution and future perspectives. Caderno EBAPE.BR, n. outubro-dezembro, 2019.

15. MALACARA, D. Explanation of colorants from SPIE Press. Disponível em: <https://spie.org/publications/pm105_66_colorants?SSO=1>. Acesso em: 20 fev. 2022.

16. MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO. Irrigação automática muito melhor do que você imagina! Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WzyPztAnMx4>. Acesso em: 15 mar. 2022.

17. MENDONCA, R. M. et al. Systemic network around education and community gardens. Proceedings of RSD7, Relating Systems Thinking and Design 7, 2018.

18. MENDONÇA, R. M. L. O. et al. The Community Gardening Project in Belo Horizonte: practicing systemic networks, agroecology and solidarity economy. Strategic Design Research Journal, v. 13, n. 02, p. 213–233, 2020.

19. MENDONÇA, R. M. L. O.; DE OLIVEIRA, Â. Z. L. V. Working with the elderly—Issues regarding registering their experience and knowledge. [s.l: s.n.]. v. 485

20. [MENDONÇA, R. M. L. O.; MARTINS, V. A academia na rede sistêmica de empreendimentos integrais em agroecologia. In: MENDONÇA, R. M. L. O.; FIGUEIREDO, M. C. B. DE (Eds.). Economia Criativa: Práticas para Inovação e Desenvolvimento. Belo Horizonte: Editora UEMG, 2019. p. 74–98.

21. REDE; GRUPO AUÊ; NEA. Saberes Populares. Belo Horizonte: [s.n.].

22. RICK SCHIFFERSTEIN. International Journal of Food Design. Disponível em: <https://intellectdiscover.com/content/journals/ijfd>. Acesso em: 5 jan. 2023.

23. ROBERTS, T. Wild Colours natural dyes. Disponível em: <http://www.wildcolours.co.uk/index.html>. Acesso em: 26 fev. 2022.

24. TORRES, M. P. et al. Jardim Homeopático Agroecológico - Uma proposta atrativa e educativa em prol da conservação da biodiversidade. Anais do Seminário Regional de Plantas Bioativas e Homeopatia; Jornada Sul Brasileira de Pesquisa em Plantas Medicinais e Homeopatia. Anais... Passo Fundo: Even3, 2023.

25. UFF-EQUIPE PROUC. Pigmentos e Corantes. Disponível em: <http://prouc.uff.br/pigmentos-corantes/>. Acesso em: 12 fev. 2022.

26. VIANA, T. C. Corantes naturais na indústria têxtil: como combinar experiências do passado com as demandas do futuro. [s.l.] Universidade do Estado de Minas Gerais, 2012.

27. WORLD CLIK. Sistema Sustentável de Irrigação Automática por Gotejamento para Horta com Garrafas Pet e Barbante. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=z-0tkcAtRVY>. Acesso em: 20 mar. 2022.