CULTIVO HIDROPÔNICO AUTOMATIZADO COM APLICAÇÃO EM ESCOLAS E RESIDÊNCIAS — CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO — UNISOCIESC/ CAMPUS JOINVILLE

VICENTE, Arthur Augusto da Silva[1]
CROSKI, Gustavo Dias[2]
SENCZUCK, João Victor[3]
BATISTA, José Antonio Berkenbrock[4]
SENHORINHA, Márcio José Käms[5]

RESUMO

Com a constante expansão urbana acontecendo nos dias de hoje, é comum que as pessoas percam contato com a natureza. As novas gerações passam a ter menos acesso a atividades e aprendizados envolvendo aspectos da sociedade como o cultivo e manutenção de plantas. Com isso em mente, o cultivo hidropônico, com suas diversas características e vantagens se comparado ao cultivo comum, permite criar um novo ambiente de aprendizado para crianças e adolescentes em locais sem fácil acesso a plantação de alimentos. Em conjunto com microcontroladores, sensores e atuadores também é possível ensinar os jovens sobre sistemas embarcados e o conceito de automação que vem se tornando cada dia mais relevante em nossas vidas. O presente trabalho aborda sobre o que é a hidroponia, suas vantagens, diferentes tipos de cultivo e cuidados a se manterem, assim como a montagem de um sistema automatizado de exemplo, visando o baixo custo para aplicação em escolas.

Palavras-chave: Hidroponia; Cultivo; Microcontroladores.

ABSTRACT

With the constant urban expansion happening nowadays, it is common for people to lose contact with nature. New generations now have less access to activities and learning involving aspects of society such as growing and maintaining plants. With this in mind, hydroponic cultivation, with its various characteristics and advantages compared to common cultivation, allows the creation of a new learning environment for children and adolescents in places without easy access to food crops. In conjunction with microcontrollers, sensors and actuators, it is also possible to teach young people about embedded systems and the concept of automation, which is becoming more relevant in our lives every day. This work discusses what hydroponics is, its advantages, different types of cultivation and care to be maintained, as well as the assembly of an example automated system, aiming at low cost for application in schools.
Keywords: Hydroponics; Cultivation; Microcontrollers.

[1]Arthur Augusto da Silva Vicente do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário UNISOCIESC, arthurvicente0407@gmail.com;
[2]João Victor Senczck do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário UNISOCIESC, joaovictorsenczuck@gmail.com;
[3]José Antonio Berkenbrock Batista do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário UNISOCIESC, joseantoniobbatista@hotmail.com;
[4]Gustavo Dias Croski do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário UNISOCIESC, gustavocroski@hotmail.com. [5]Professor orientador: Mestre Márcio José Käms Senhorinha , Centro Universitário UNISOCIESC, marcio.senhorinha@unisociesc.com.br

Joinville – SC, 07 de Dezembro de 2023.

1. INTRODUÇÃO

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas caracterizada pela ausência de solo, optando pela alimentação contínua das raízes através de uma solução nutritiva à base de água, contendo o que é necessário para o melhor desenvolvimento das hortaliças.

Existe a possibilidade do solo não ser apropriado para cultivo, sendo ele árido ou tendo uma deficiência nutritiva para o plantio, o espaço disponível também pode ser uma variável impactante no processo (em ambientes urbanos por exemplo, onde acesso ao solo é quase impossível ou o mesmo se encontra infectado/poluído). A hidroponia é uma boa alternativa para diversos casos, e o ambiente controlado também permite que as plantas cresçam de forma consistente, garantindo a qualidade.

Com o crescente desenvolvimento da tecnologia, as pessoas estão perdendo cada vez mais o contato com a natureza e isso afeta significativamente o desenvolvimento e educação das crianças sobre o assunto. Projetos como hortas em escolas são feitos para tentar resgatar o interesse em algo tão importante. A hidroponia unida à automação agrega aos alunos o conhecimento sobre biologia, química, física, eletrônica e ecologia de uma maneira tangível ao cultivar plantas sem solo. Ela oferece uma oportunidade de explorar conceitos científicos como nutrientes, fotossíntese, ciclo da água e o funcionamento dos ecossistemas. Isso pode estimular o interesse dos alunos pela ciência, além de ser um ótimo meio educacional para a área da eletrônica e automação. O objetivo do presente trabalho visa aplicar a hidroponia de forma automatizada com o baixo custo em escolas de ensino básico, por meio de microcontroladores, sensores e atuadores, aumentando o consumo de alimentos saudáveis e incentivando os alunos a desenvolver projetos de sistemas embarcados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CULTIVO DE ALIMENTO NAS ESCOLAS

Segundo Society for Nutrition Education and Behavior (2018), crianças

que aprendem a cultivar verduras e legumes nas aulas tendem a ter uma alimentação mais saudável, já que adquirem a vontade de experimentar o alimento plantado.

A implantação de projetos de horta comunitária é importante para a promoção da educação ambiental e o incentivo à melhoria da qualidade nutricional dos participantes. Trabalhando-se com hábitos alimentares saudáveis, os estudantes passam a ter melhorias na qualidade de vida, deixando de consumir tantos alimentos industrializados, de fácil e rápido preparo. Assim, torna-se indiscutível a importância da escola para motivar a educação alimentar, uma vez que é na infância e na adolescência que se fixam hábitos alimentares, que se tornam difíceis de modificar na idade adulta (MORGADO; SANTOS, 2008).

Levar os alimentos para a sala de aula, tentando, de algum modo, transformá-los em elemento pedagógico, faz com que as crianças participem das ações de educação alimentar desenvolvidas e não fiquem como meros espectadores (MAGALHÃES; GAZOLA, 2002).

2.2 TIPOS DE CULTIVO HIDROPÔNICO

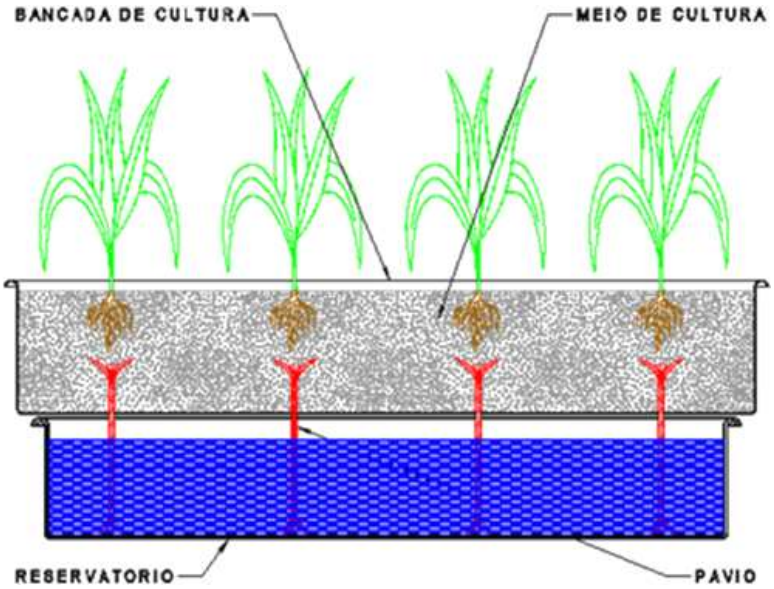
Segundo Souza (2010), cultivos hidropônicos podem ser separados em duas categorias: ativas (também chamadas de dinâmicas) ou passivas (também conhecidas como estáticas). Cultivos ativos utilizam de bombas d'água para movimentar as soluções de nutrientes através do sistema, enquanto cultivos passivos mantêm a solução estática, próxima às raízes.

Um exemplo comum de cultivo estático é o feito em casa, com um vaso contendo a planta e o substrato responsável por reter a água que contém os nutrientes. Este sistema é intitulado Sistema de Pavio. Outros sistemas—também apontados por Souza—comumente utilizados nos dias de hoje são o Sistema de Leito Flutuante, de Sub-Irrigação, de Gotejamento, Sistema Aeropônico e Sistema NFT. O tipo de sistema ideal para determinado cultivo depende de alguns fatores, tais como clima, orçamento e nível de cuidado exigido pelo produto sendo plantado.

Sistema de Pavio: Este é um sistema passivo, no qual as hortaliças têm suas raízes submersas em um extrato que recebe a solução de nutrientes por

meio de um pavio que os leva até esse extrato. As raízes então utilizam de capilaridade para absorver os nutrientes agora presentes no substrato (figura 1).

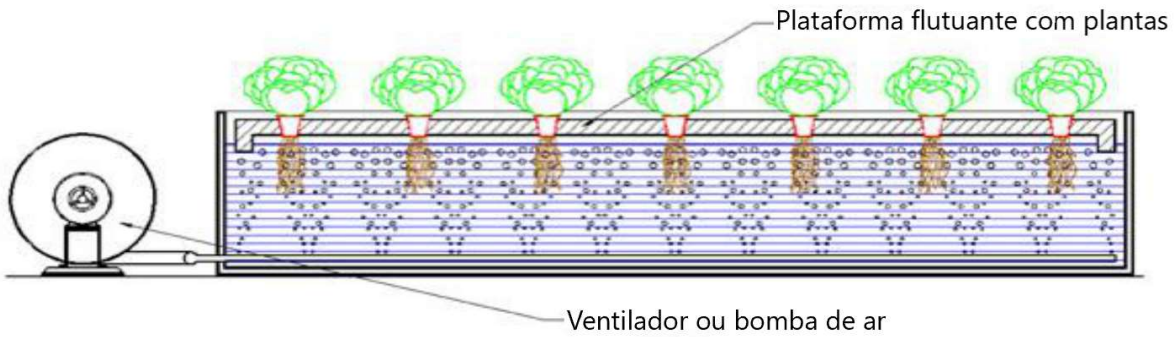
Figura 1 – Cultivo através do sistema de pavio.



Fonte: www.hydor.eng.br.

Sistema de Leito Flutuante (DFT - Deep Film Technique): Dependendo da forma como o ar é circulado neste sistema ele pode ser ativo ou passivo. Neste sistema, as hortaliças ficam suspensas por uma plataforma, enquanto as raízes permanecem submersas (parcialmente ou não) na solução de nutrientes (figura 2).

Figura 2 – Cultivo através do sistema de leito flutuante
DFT - Deep Film Technique

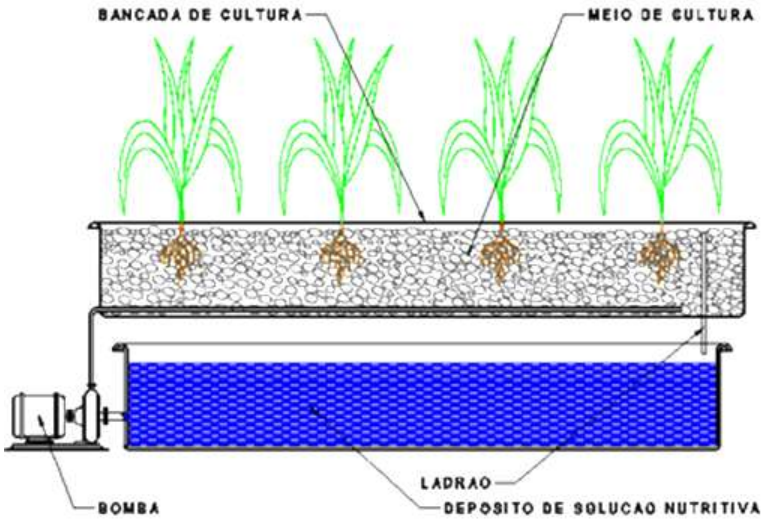


Fonte: www.hydor.eng.br.

Sistema de Subirrigação: Sistema ativo utilizando bomba. A bomba de

água é responsável por abastecer o recipiente das hortaliças com a solução, que então é esvaziado após um certo período. A solução então volta para um reservatório, e o processo é repetido (figura 3).

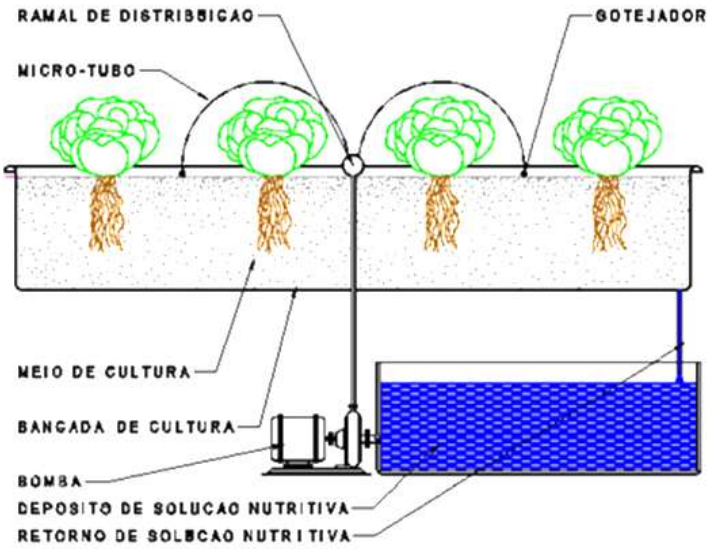
Figura 3 – Cultivo através do sistema de subirrigação.



Fonte: www.hydor.eng.br.

Sistema de gotejamento: Neste sistema ativo, as raízes das plantas permanecem submergidas em substrato, enquanto a solução nutritiva é dispensada no leito das hortaliças por gotejadores. A solução pode ser reaproveitada ou perdida no solo, dependendo da instalação do reservatório que a bomba utiliza (figura 4).

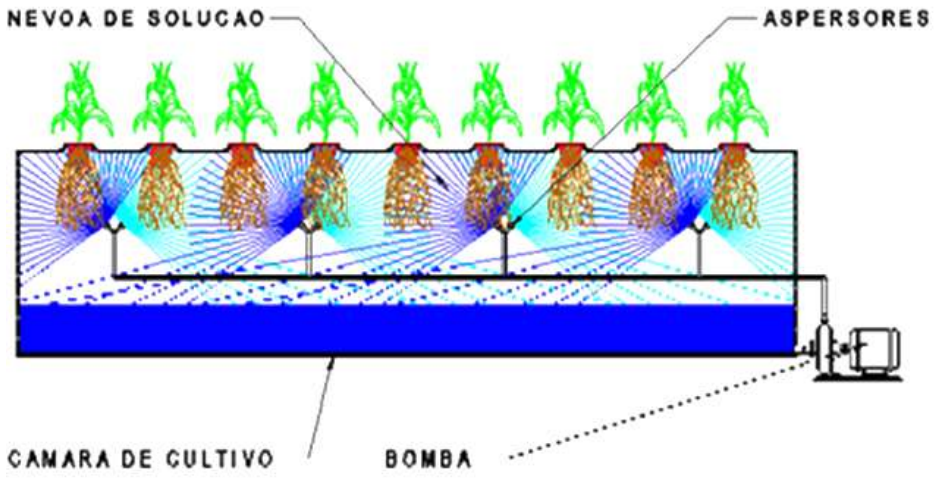
Figura 4 – Cultivo através do sistema gotejamento.



Fonte: www.hydor.eng.br.

Sistema Aeropônico: Sendo o mais tecnologicamente dependente entre todas as opções, esse sistema ativo utiliza ar úmido para manter as hortaliças saudáveis. As plantas permanecem suspensas com as raízes expostas ao ar, que é umidificado com a solução nutritiva necessária. Devido a sua alta necessidade de manutenção, este sistema raramente é utilizado em cultivos com baixo orçamento (figura 5).

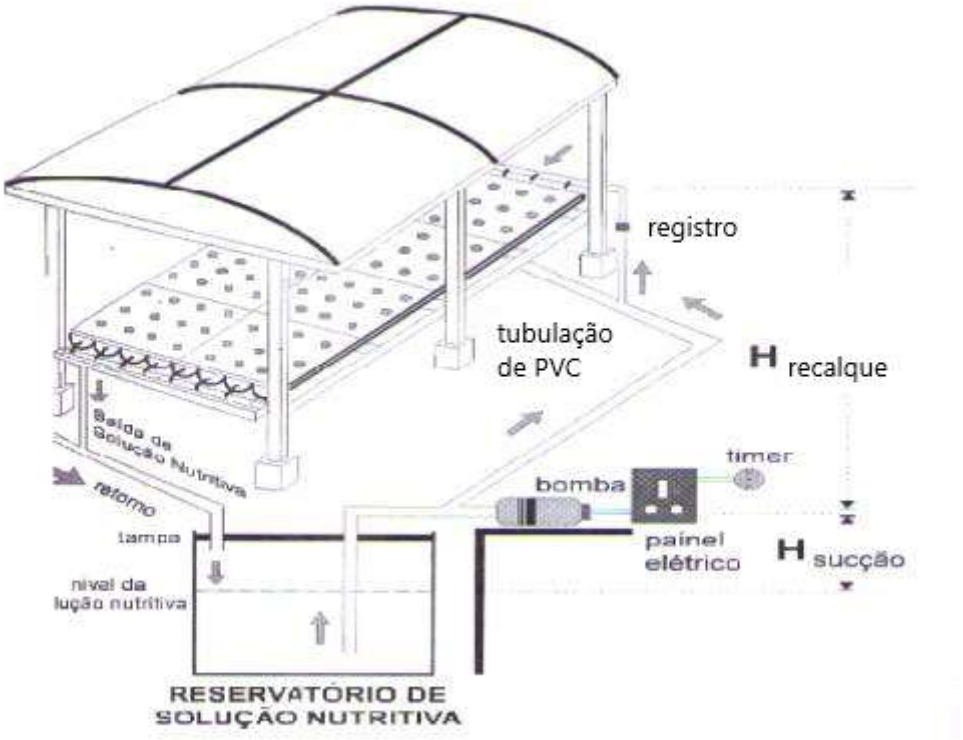
Figura 5 – Cultivo através do sistema aeropônico.



Fonte: www.hydor.eng.br.

Sistema de fluxo laminar NFT (Nutrient Film Technique): Utilizando da técnica de fluxo laminar de nutrientes para alimentar as raízes das hortaliças, esse sistema ativo fornece a solução nutritiva em intervalos, vindo de um reservatório especialmente elaborado para manter a mesma em uma temperatura constante. Os nutrientes são enviados por meio de uma bomba, percorrendo o sistema em declives especificamente calculados para a formação de uma lâmina de água, que então alimenta as raízes. A solução então volta ao armazenamento, e pode ser reutilizada (figura 6).

Figura 6 – Funcionamento do sistema de fluxo laminar NFT.



Fonte: http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidroponia.htm

2.3 CUIDADOS COM O CULTIVO

Apesar de trazer muitos benefícios se comparados ao cultivo em solo praticado nos dias de hoje, o cultivo hidropônico é em maior parte dependente de energia elétrica para alimentar tanto bombas de água quanto sensores e outros componentes, e por este motivo, os responsáveis técnicos devem certificar-se de que todo o equipamento está funcionando de acordo.

Pequenas mudanças no sistema como PH e condutividade elétrica da água ou erros na leitura de sensores também podem levar à falha do sistema, ocasionando em perda parcial ou total das hortaliças sendo plantadas.

2.3.1 PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Nas palavras de Muniz (2006) “Ph é definido como como a concentração, ou atividade, dos íons de hidrogênio, ou de hidroxila em um determinado

material”. É utilizado para a medição da acidez em um meio, definido com valores numéricos entre 0 e 14, em que 7 é a medição de Ph de caráter neutro e separa as medições ácidas (entre 0 e 7) de alcalinas (entre 7 e 14).

No contexto de plantações, tanto as em solo como as de cultivo hidropônico, o Ph influencia na presença de diferentes nutrientes, fazendo com que diferentes plantações possam precisar de solos com diferentes níveis na escala do Ph. No contexto deste trabalho, o Ph ideal para o cultivo de alface é entre 5,5 e 6,5 (LUZ, 2006).

Já a condutividade elétrica é definida pela propriedade que materiais possuem de conduzir carga elétrica. Nas palavras de Bagnato e Rodrigues (2006), “Quanto mais facilmente os elétrons fluem quando submetidos a um campo elétrico, maior é a condutividade σ do material”. É essencial medir esta condutividade, pois com tal medição é possível distinguir a quantidade de nutrientes na solução. Para o cultivo de alfaces, a condutividade ideal da solução nutritiva se encontra ao redor de 2,0 mS ou 1280 ppm (FURLANI et al, 2009).

2.3.2 INCIDÊNCIA SOLAR

É importante se atentar à exposição solar que o cultivo recebe, sendo um dos fatores críticos para o crescimento saudável dos vegetais.

O sol é um componente importantíssimo para a fotossíntese, que é responsável por transformar a energia luminosa, produzindo compostos orgânicos como a glicose (Moreira, 2013).

A fotossíntese é dividida em duas partes: fotoquímica e química. A fase fotoquímica é a única diretamente dependente de luz solar, e é responsável por produzir ATP (adenosina trifosfato) e NADPH através da fotofosforilação. Já a fase química, comumente denominada de fase escura, não necessita diretamente de luz solar e utiliza os produtos da fotofosforilação NADPH e ATP mais o CO_2 do ambiente para produzir a glicose. Para a alface, é estipulado que as temperaturas ideais para cultivo são 23 °C durante o dia e 7 °C durante a noite (JACKSON et al, 1999).

3. METODOLOGIA

Neste tópico serão dissertadas as características do trabalho, assim como, equipamentos e dispositivos empregados na construção do projeto, a lógica de programação, esquema elétrico, montagem da parte estrutural, ambiente de pesquisa e a implantação do projeto.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa teve como objetivo, explorar conceitos conhecidos sobre hortas hidropônicas para elaborar o projeto de um sistema hidropônico de baixo custo. Sua natureza é aplicada, devido a dedicação da busca de uma solução viável a ser executada em escolas com o propósito de gerar conhecimento prático em torno da automação, bem como, aumentar o consumo de alimentos saudáveis.

Este estudo teve abordagem qualiquantitativa, pois buscou desenvolver um sistema hidropônico de tamanho reduzido com materiais de fácil acesso, que possa atender a demanda alimentar das escolas, como também, comparou o custo da montagem da estrutura com diversos tipos de materiais.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

A coleta de dados para a pesquisa aconteceu em 3 escolas, 1 indústria e 4 residências, nos períodos de Setembro a Novembro de 2023, em visitas visando compreender as necessidades e os tipos de hortas comumente utilizadas nestes ambientes.

Em uma escola municipal de Joinville, localizada no bairro Boa Vista, o cultivo de hortaliças é feito através de hortas horizontais, seguindo o sistema comumente utilizado (figura 7).

Figura 7 – Horta Escolar Horizontal.

Fonte: Publicação via Facebook do usuário Escola Municipal Castelo Branco (2023)

A escola Agrícola Municipal Carlos Heins Funke, localizada no bairro Pirabeiraba, cultiva diversas hortaliças, frutas e legumes, devido principalmente a ruralidade do bairro (figuras 8,9,10).

Figura 8 – Horta escolar de grande porte - parte 1

Fonte: Os autores (2023).

Figura 9 – Horta escolar de grande porte - parte 2

Fonte: Os autores (2023).

Figura 10 – Horta escolar de grande porte - parte 3

Fonte: Os autores (2023).

A escola municipal localizada no bairro Espinheiros faz uso de hortas verticais, fixadas na parede próxima ao restaurante, geralmente mantendo os mesmos cultivos das demais escolas. As hortas servem como complemento à alimentação estabelecida nas escolas e indústrias, sendo a maior parte dos

condimentos adquiridos através de mercados e verdureiras. A maior dificuldade encontrada pelas instituições de ensino se dá ao espaço necessário para o cultivo demandado, assim como a exposição a insetos e até mesmo aos próprios alunos.

Já outra instituição localizada no bairro Floresta, faz uso de uma horta vertical (figura 11), utilizando Tubos e Conexões reaproveitados, possuindo semelhanças visuais aos sistemas hidropônicos.

Figura 11 – Horta vertical simples, feita a partir de reutilização de tubos.

Fonte: Os autores (2023).

Se tratando das residências, duas das quatro casas entrevistadas não possuem hortas, resultado da falta de espaço físico, tempo e conhecimento para o correto cultivo. Já as outras duas residências possuem diferentes cultivos, sendo uma delas para a infusão e temperos alimentícios (figura 12).

Figura 12 – Horta residencial de pequeno porte.

Fonte: Os autores (2023).

Por fim, uma das residências detém um sistema embrionário de hidroponia, sendo fator determinante para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso (figura 13).

Figura 13 – Horta hidropônica embrionária.

Fonte: Os autores (2023).

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Neste tópico, temos por finalidade a apresentação do fluxograma das etapas de pesquisa (figura 14) e o detalhamento de cada uma delas, respectivamente.

Figura 14 – Fluxograma das Etapas da Pesquisa.

Fonte: Autores (2023)

Estudo de caso:

Segundo a ONU(Organização das Nações Unidas), até 2050 teremos 70% da população vivendo em centros urbanos, ou seja, os impactos à natureza devem ser maiores em relação ao atual momento, onde cerca de 50% da população mundial ainda vivem em áreas rurais. Esta crescente mudança, vista exponencialmente desde o último século expõe as necessidades de medidas sustentáveis para o meio urbano e uma das premissas deste trabalho visa propor ações conscientes que reduzam esses impactos. Segundo pesquisa do Instituto Escolhas, o correto aproveitamento dos espaços da Região Metropolitana de São Paulo com hortas urbanas, teriam potencial de alimentar mais de 20 milhões de pessoas, ou seja, quase toda a população local, além de gerar mais de 180 mil empregos. Possuir uma horta própria em sua residência aumenta a consciência da percepção individual sobre o alimento saudável, além de diminuir a cadeia de distribuição em massa, responsável pela perda parcial dos alimentos, além de emissão de gás carbônico, provenientes dos meios de transporte.

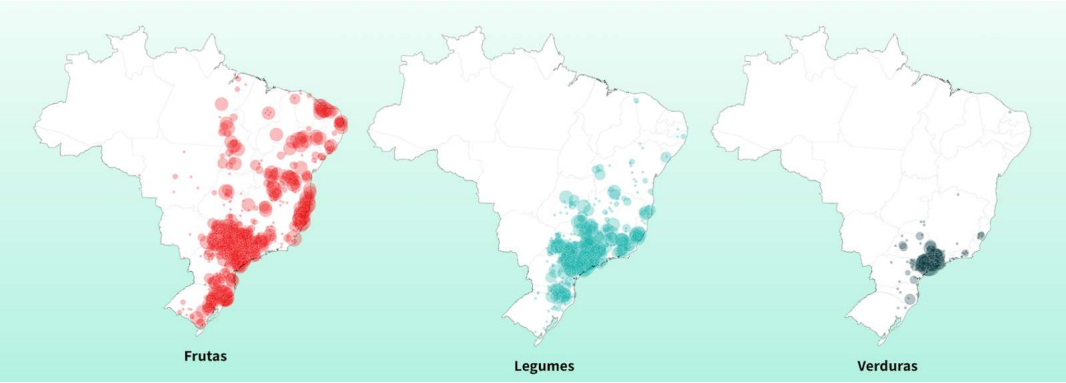
Análise de demanda:

Devido a tamanha diversidade encontrada em solo brasileiro, variando consumo baseado nas culturas locais, o estudo de demanda foi feito considerando o maior aglomerado urbano da América Latina, a Região

Metropolitana de São Paulo, possuindo cerca de 10% da população nacional.

O Entreposto Terminal de São Paulo(ETSP), também conhecido como Ceagesp(Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo) é o maior centro de abastecimento da América Latina e publicou em seu relatório de resultados de 2019 o volume comercializado e os municípios de origem no período. A origem das frutas é o mais amplo quando comparado aos legumes e verduras, evidenciando tamanha necessidade logística para o transporte, já as verduras representam um volume menor, cerca de 1,3% do consumo total comercializado pelo ETSP (figura 15).

Figura 15 – Demanda de frutas, legumes e verduras comercializados no ETSP, segundo o município de origem (2019).



Fonte: Agricultura na Metrópole por Instituto Escolhas.

Volume comercializado, em toneladas, dividido pelos seguintes setores: frutas, legumes, diversos, verduras, pescados e flores (figura 16).

Figura 16 – ETSP por Setor(ton.)

Fonte: Relatório de Gestão Ceagesp (2019).

Análise de aplicação:

Baseado na análise de demanda, entende-se necessário ações que facilitem e aumentem o consumo de frutas, legumes e verduras, provendo sustentabilidade, vida saudável e diminuição da ampla cadeia de distribuição nacional.

Entretanto, o cultivo aplicado nas escolas, indústrias e residências tem diversas limitações em suas aplicações, muitas vezes relacionadas ao espaço físico necessário e às condições naturais de produção. O cultivo hidropônico é a solução que trará benefícios aos seus usuários, sendo um cultivo mais sustentável que os métodos tradicionais, evitando a contaminação do solo, combatendo as mudanças climáticas de cada região, degradação do meio ambiente e a extinção de espécies ocasionadas pelos cultivos intensos e superexplorados. Permitindo também o consumo racional da água, visto que ela é totalmente reutilizada em seu processo. Além da maior qualidade dos alimentos cultivados, se tornando um processo rentável e de fácil controle.

3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

3.4.1 Materiais da estrutura

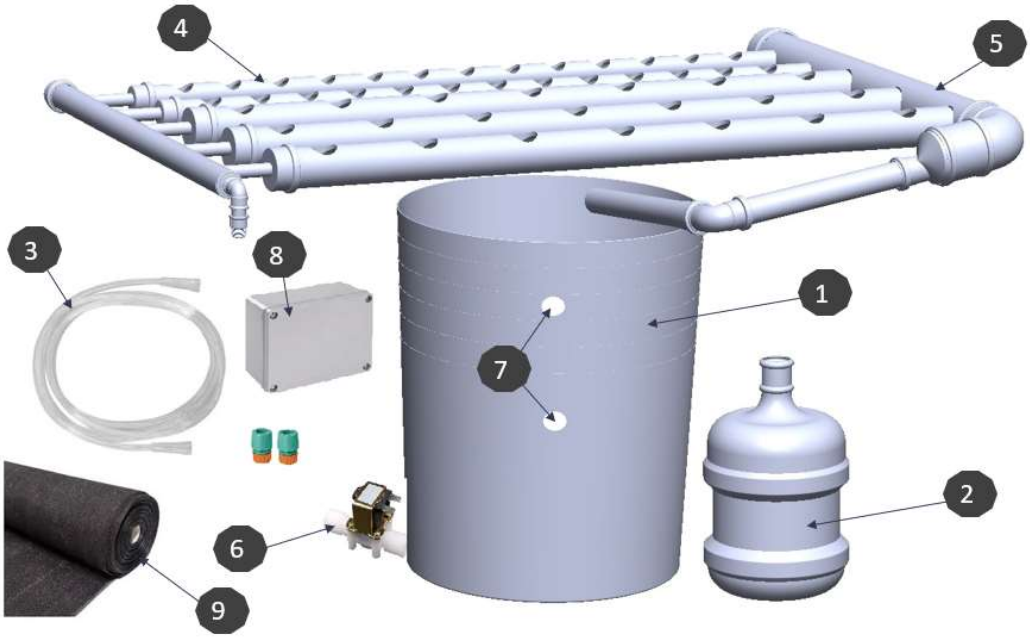
O projeto de automação foi elaborado buscando o menor custo possível, focando principalmente nas partes onde a automação é essencial para controlar um sistema hidropônico. Devido a natureza do projeto, este com intuito de ser aplicado em escolas, procuramos utilizar materiais de fácil acesso no mercado,

sendo alguns destes, já sendo aplicados nas escolas, como é o caso da plataforma Arduino.

De todos os sistemas pesquisados e estudados, a técnica de hidroponia do fluxo laminar NFT foi a escolhida por ser um sistema ativo relativamente simples de baixa manutenção, e que apresenta um baixo custo para um sistema compacto em relação a outros métodos ativos como o leito flutuante.

Foi elaborada uma estrutura com tubos de plástico PVC (figura 19), para comportar 47 plantas, sendo divididas em 2 ciclos, o primeiro chamado de berçário comportando 26 mudas, e o segundo ciclo de engorda, com capacidade de 21 plantas. O tempo de permanência das plantas neste dois ciclos é de 15 dias cada, totalizando 30 dias até o período da colheita.

Figura 19 – Modelo em 3D da Horta Hidropônica.



Fonte: Autores (2023).

Legenda:

1. Reservatório principal: onde ficará armazenado a solução aquosa com os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas;
2. Reservatório de nutrientes: tanque de solução nutritiva concentrada, responsável por manter o nível de nutrientes do reservatório principal controlado;
3. Alimentação de solução Nutritiva: uma mangueira leva a solução da

bomba até os tubos de PVC nos canais de entrada;

4. Segmentos de cultivo: contêm tubos de PVC inclinados 2º graus onde a solução irá passar, nas aberturas circulares no tubo serão colocadas as plantas;
5. Retorno da solução: canos PVC posicionados no final da estrutura levam a solução que passou pelas plantas, até o reservatório principal;
6. Alimentação de água: Válvula solenóide ligada a uma mangueira leva a água sem solução para o reservatório;
7. Boias: fazem o controle do nível da solução do reservatório;
8. Caixa de Passagem: armazena todos os componentes eletrônicos da automação.
9. Tela de Sombreamento: ameniza os impactos do sol e as altas incidências de intempéries;
10. Base da estrutura: a definir pelo usuário.

Foi utilizado como reservatório da solução nutritiva, um cesto de lixo com capacidade de 100 litros na cor branca (figura 20). Escolhemos um reservatório com grande capacidade para armazenar a solução, pois, quanto maior essa capacidade, menor vai ser a mudança de temperatura desse líquido durante o dia. O cesto foi posicionado embaixo da estrutura, onde se localiza a área com a menor incidência solar, escolha da cor branca também considerou o estudo Dornelles e Roriz (2007), que indica que essa cor absorve cerca de 20% do calor solar, a menor absorção em comparação entre todas as cores.

Figura 20 – Cesto de Lixo 100 Litros.

Fonte: Mais Plast (2023).

Para armazenar o líquido de solução nutritiva concentrada, foi definido o uso como recipiente, uma bombona (figura 21) d' água com a capacidade de 10 litros, que é mais do que suficiente para manter o nível de nutrientes do reservatório por meses sem a necessidade de reposição. A bombona foi colocada ao lado do reservatório, embaixo da estrutura com o mesmo intuito de proteger dos raios do sol.

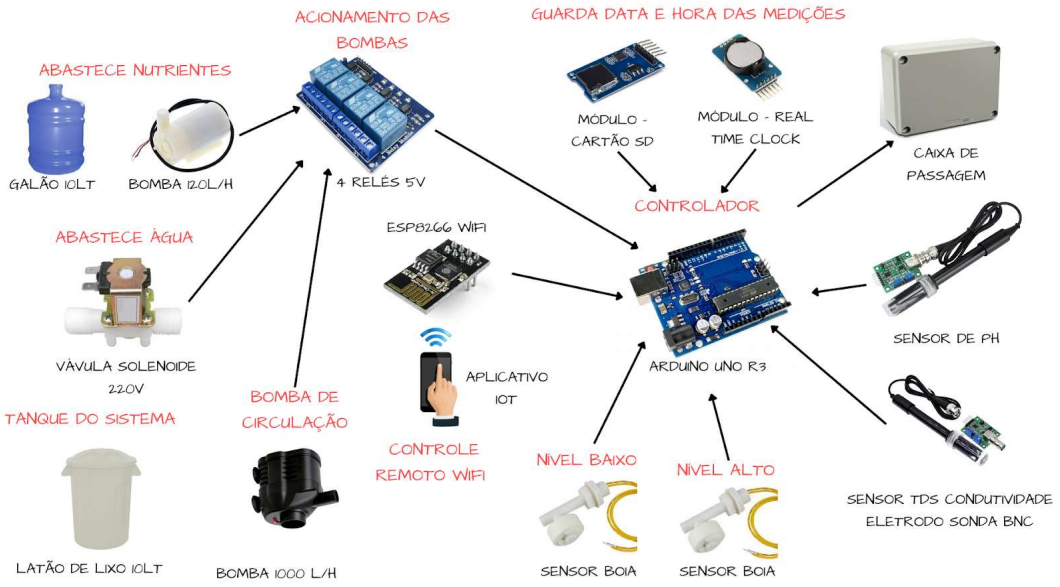
Figura 21 – Bombona de 10 Litros.

Fonte: Sete Gotas (2023).

3.4.2 Materiais de automação

A automação é a parte mais importante deste trabalho, tudo que foi utilizado para realizar a parte de automação do projeto está exemplificado no fluxograma (figura 22).

Figura 22 - Fluxograma dos materiais.



Fonte: Os Autores (2023).

Para fazer o controle de todos os sensores analógicos e digitais, escolhemos o arduino uno R3, contendo o microcontrolador o ATmega328P que possui 14 pinos de entrada/saída digital e 6 entradas analógicas, que são mais que suficiente para essa aplicação. O arduino é um dispositivo frequentemente usado para realizar pequenos projetos, utilizando uma linguagem de programação C + +.

A alimentação é feita com 220Vca da rede. Já o arduino é alimentado por uma fonte 9Vcc.

O principal controle necessário para esse sistema, é o de condutividade elétrica, o módulo analógico TDS Meter V1.0 é responsável por informar para o processo qual a quantidade de nutrientes dissolvidos na água. Outro controle analógico usado, foi o módulo PH4502C com eletrodo, responsável por medir o nível do pH da solução nutritiva.

Em relação ao controle do nível do reservatório, foram utilizados dois sensores de nível modelo boia. Um deles é utilizado como nível baixo, quando

acionado liga a válvula de vazão solenóide 1\2, que é desligada somente quando atinge o outro sensor de nível alto.

Para guardar as medições, o projeto utilizou um módulo Micro SD Card, e um módulo Real Time Clock tanto para saber o horário das medições, quanto para saber se era noite ou dia.

A bomba escolhida para fazer a circulação da água no sistema que fica submersa dentro do tanque reservatório de solução nutritiva foi a Sarlo Better SB1000C 220V. Essa bomba tem um fluxo de água ajustável de 600 lt\h até 1000 lt\h, que é mais do que o suficiente para o sistema composto de 5 segmentos de cultivo, disponibilizando até 200 lt\h por segmento, além de uma coluna de água de 2 metros.

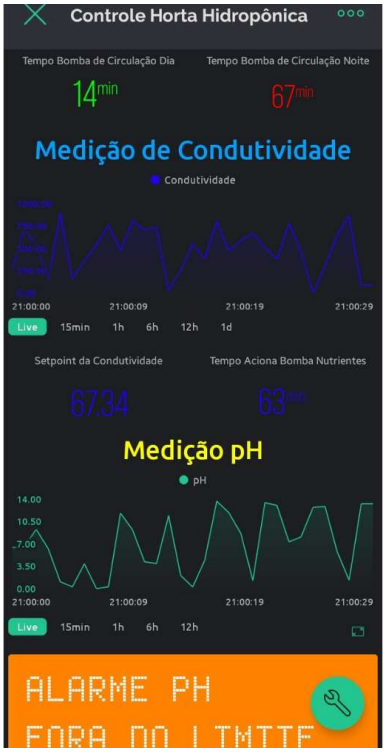
O bombeamento de nutrientes de forma automática na água do reservatório é feito por uma mini bomba de água com vazão de 120 Lt\h. A mini bomba é alimentada 5V do arduino.

Devido ao sol atrapalhar o desenvolvimento das alfaces, foi colocado sobre a estrutura um sombrite para diminuir a incidência solar direta nas plantas, principalmente em lugares mais quentes e no verão esse item é de suma importância.

Para fazer o acionamento da bomba de circulação, válvula solenóide e a bomba de nutrientes, utilizamos um módulo com 4 relés com bobina 5V.

A interação com o sistema é feita remotamente. Para realizar essa aplicação, foi utilizado o módulo ESP8266 wifi para fazer a integração do Arduino com o aplicativo Blynk (figura 23). O aplicativo permite ao usuário, o controle do sistema embarcado afastado do sistema, alterando os parâmetros, averiguando falhas e constatando medições de pH e condutividade.

Figura 23 - Tela de controle remoto Blynk.



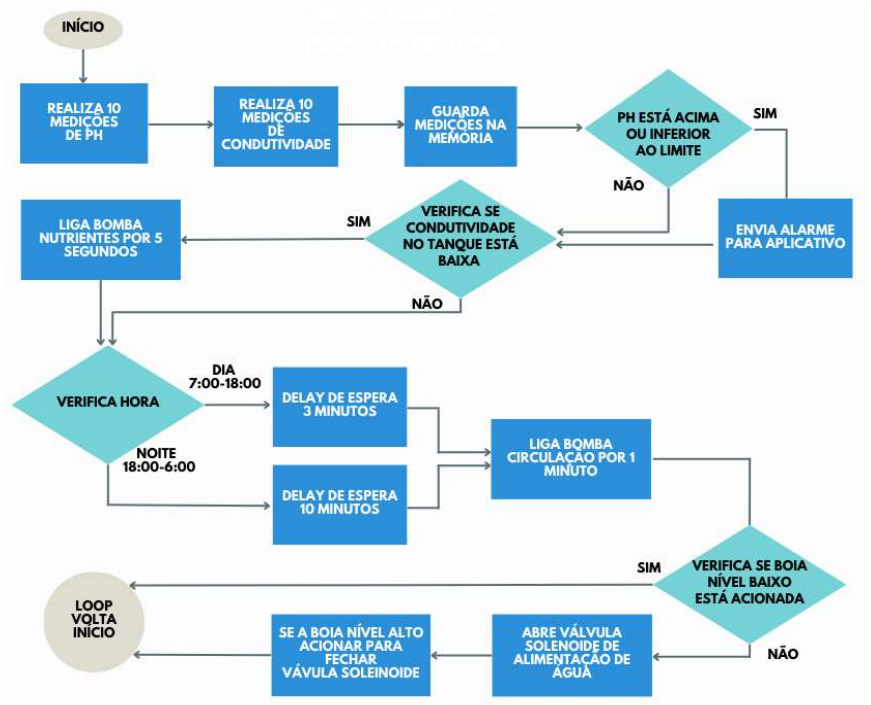
Fonte: Autores (2023).

E por fim, para guardar e proteger toda parte eletrônica, foi utilizado uma caixa de passagem plástica com 154 mm de comprimento 110 mm de largura e 70 mm de fundo.

3.4.3 Etapas da programação

O controle de todos componentes eletrônicos foi elaborado seguindo um passo a passo de tarefas para ser executado pelo microcontrolador, essa sequência de passos está exemplificada no fluxograma abaixo (figura 24).

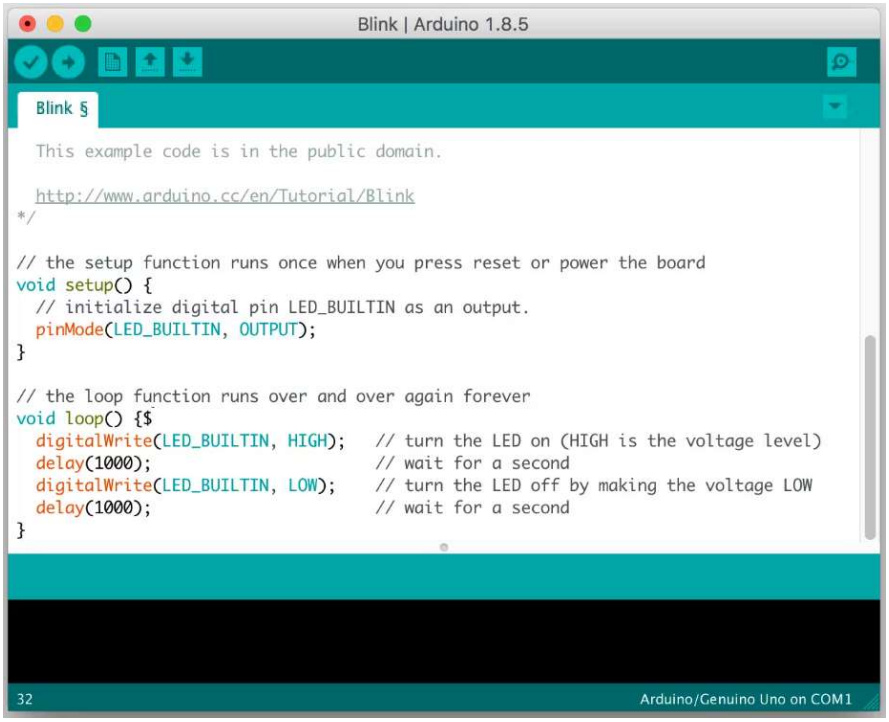
Figura 24 - Fluxograma programa arduino



Fonte: Os Autores (2023).

A programação será desenvolvida no software Arduino IDE (figura 25) futuramente, na etapa de aplicação do projeto físico.

Figura 25 - Arduino IDE.

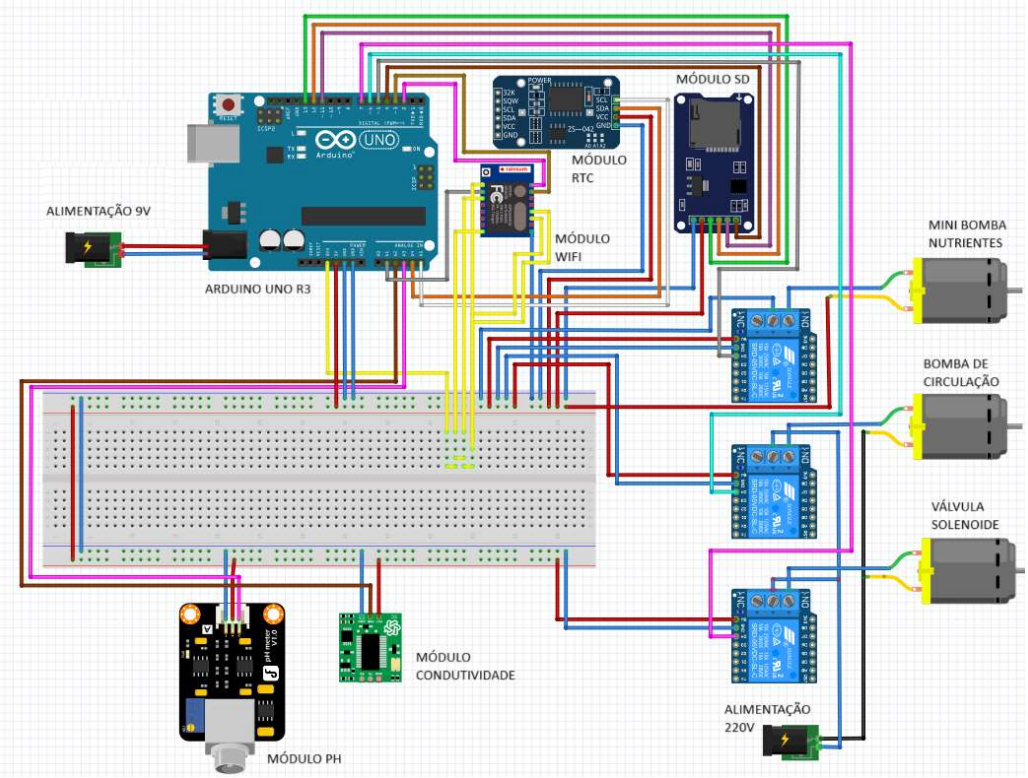


Fonte: Capterra (2023).

3.4.4 Esquema elétrico

O esquema elétrico de ligações dos componentes de automação foi desenvolvido no software Fritzing (figura 26).

Figura 26 - Esquema elétrico do circuito.



Fonte: Autores (2023)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo deste trabalho foi analisar o método mais simples e eficaz de hidroponia, com o menor custo possível. A parte da automação do sistema teve um custo fixo, já a parte estrutural do projeto foi elaborada com materiais diversos buscando o menor custo.

4.1 CUSTO DOS COMPONENTES E MATERIAIS

O custo dos materiais fixos (quadro 1) foi feito pesquisando nos principais e-commerces do Brasil, buscando o menor custo. Esses materiais são necessários no funcionamento do projeto e não podem ser retirados.

Quadro 1 - Custo dos materiais fixos.

MATERIAL	QTD	PREÇO
Arduino UNO R3	1	R$ 89,90
Mini Bomba de Água Submersível 3V	1	R$ 9,90
Módulo WiFi - ESP8266	1	R$ 14,50
Módulo Relé 2 Canais 5V	1	R$ 26,90
Sensor De Ph Ph4502c Com Eletrodo	1	R$ 139,00
Módulo De TDS Condutividade	1	R$ 79,00
Bomba Submersa Sarlo Better 1000 Lt\h	1	R$ 78,00
Válvula De Vazão Solenoide 220v 1/2	1	R$ 39,70
Boia Sensor Nivel Lateral Agua	1	R$ 27,00
Boia Sensor Nivel Lateral Agua	1	R$ 27,00
Módulo Cartão MicroSD	1	R$ 7,90
Cartão de memória SanDisk SD 16GB	1	R$ 39,99
Real Time Clock RTC DS3231 com Bateria	1	R$ 34,90
Fonte Chaveada 9V 1A	1	R$ 22,90
Mangueira Silicone para Mini Bomba	1m	R$ 5,90
Mangueira Jardim 5m Metros	5m	R$ 15,90
Kit Engate Rápido Para Mangueira	2	R$ 11,90
Caixa De Passagem Steck Cinza 154x110x70mm	1	R$ 23,99
Cesto de Lixo 100 Litros Com Tampa	1	R$ 89,20
Tubo 25mm	1m	R$ 4,00
Tubo 50mm	4m	R$ 45,00
Tubo 75mm	6m	R$ 60,00
Tubo 100mm	1m	R$ 20,00
Cap 25mm	1	R$ 2,00
Cap 50mm	2	R$ 10,00
Cap 75mm	3	R$ 15,00
Cap 100mm	1	R$ 5,00
Joelho 100mm	1	R$ 5,00
Joelho 50mm	1	R$ 3,00
Joelho 25mm	1	R$ 1,00
Luva 50mm	1	R$ 4,00
Redução 100mm p/50mm	1	R$ 7,00
Adaptador 25mm	1	R$ 4,00
Tela de Sombreamento 2x2m	1	R$ 14,70
VALOR TOTAL		R$ 968.48

Fonte: Os autores (2023).

4.2 CUSTO DOS INSUMOS, MUDAS E ENERGIA

Para o cultivo de hortaliças folhosas como o alface, se faz necessário o consumo periódico de macro e micronutrientes para todas as fases de cultivo. Por isso, empresas como a PLANTPAR, especializada em Fertilizantes de Precisão, oferecem kits de fertilizantes específicos para hidroponia e fertirrigação. A empresa oferta kit de 25 kg de Flex Vermelho(Micros quelatizados EDTA, nitrato de potássio, MKP, MAP Cristal, entre outros) e Flex azul(Nitrato de Cálcio e Magnésio).

Cada Flex utiliza 42,9 gramas do produto para cada 100 litros de água, com um reajuste de 4,29 gramas a cada 0,047 mS/cm(Flex Azul) e 0,053 mS/cm(Flex Vermelho) em 100 litros de solução nutritiva.

Segundo a forma de preparo, indicada pelo fabricante o consumo inicial do projeto a 2,0 mS/cm para 100 litros será de 85,8 gramas para cada flex. Diversos fatores podem interferir no consumo médio de nutrientes, sendo a quantidade e tipo de plantas cultivadas, junto à temperatura da região onde está sendo aplicada. Com isso, foi representada uma estimativa mensal, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Consumo de Nutrientes.

Solução	Quantidade	Preço	Consumo inicial	Custo médio mensal	Total médio mensal
Flex Azul	12,5 kg	R$ 204,50	85,8 g	R$ 1,40	R$ 2,80
Flex Vermelho	12,5 kg	R$ 204,50	85,8 g	R$ 1,40	

Fonte: Os autores (2023)

O custo de cada muda de alface varia dependendo da região, do fornecedor e da quantidade comprada. Procurando diversos fornecedores, o valor médio encontrado por muda foi de R$0,80 centavos para variedades de alface crespa, lisa e americana.

O consumo mensal de energia é baixo, sendo a bomba de circulação, o componente que mais consome energia 15W, o arduino operando com todos os sensores ligados, consome no máximo 5W. A bomba durante o dia é ligada das 7:00 às 18:00 por 165 minutos, e a noite das 18:00 às 7:00 fica ligada 70 minutos, ficando ligada por 3,75 horas por dia, já o arduino com todos os equipamento ficam ligados 24 horas por dia. O custo total foi de R$2,64 por mês, considerando o valor de R$0,50 o kWh para 5.2875kWh, conforme a tabela abaixo (quadro 3).

Quadro 3 - Consumo energia.

Equipamento	Watts	Horas por dia	Dias mês	kWh	Total
Bomba de Circulação	15W	3,75 h	30	1.6875kWh	5.2875kWh
Arduino	5W	24 h	30	3.6kWh	

Fonte: Os autores (2023)

4.3 CUSTO DA ESTRUTURA

A fim de obter uma análise mais abrangente e uma flexibilidade maior na construção, foram orçados 3 diferentes materiais para a base do sistema, segue quadro 3 com estruturas de diferentes materiais (quadro 4).

Quadro 4 - Tabela com o custo dos materiais da estrutura.

Valor das estruturas base			
Material da Estrutura	Item	Quantidade	Preço
Base de Tubos de PVC	Tubo 40mm	9 m	R$ 53,00
	CAP 40mm	4 und	R$ 13,00
	T: 40mm	8 und	R$ 32,00
	Joelho: 40mm	4 und	R$ 8,00
	Total:		**R$ 106**
Base de Alumínio	Perfil de aluminio em L	9 m	R$ 60,00
	Parafuso autobrocante	20 und	R$ 14,00
	Total:		**R$ 64**
Base de Madeira	Madeira 4,5X4,5	6 m	R$ 70,00
	Parafuso chipboard	50 und	R$ 8,00
	Total:		**R$ 78**

Fonte: Os autores (2023)

Vale salientar que no valor da estrutura não consta custo de ferramentas para a montagem, já que são utilizadas ferramentas comuns.

A base da estrutura vai servir apenas para suportar o sistema e gerar um ângulo de até 8º para a declividade da água, sendo assim, não há uma regra de qual material utilizar. Seria possível inclusive utilizar algum suporte já pronto, para apoiar o sistema hidropônico. Então foi dado preferência ao custo benefício.

Ao avaliar as três estruturas, dá para se notar que a feita de alumínio sai mais em conta e é bem resistente ao ambiente chuvoso, seu ponto negativo é que está propício à amassados e pode se danificar ao aplicar muito peso, seria necessário tomar cuidado ao movimentar todo o sistema de lugar, já que o perfil de alumínio é fino.

Quando olhamos para a base feita de madeira, temos uma estrutura firme, resistente e bem acessível, seu ponto negativo é que ao estar exposto ao tempo, seria necessário manutenções.

Já a base de tubos de PVC, tem seu ponto positivo de ser resistente ao tempo e ao peso. Por ser planejada ela é toda encaixada, facilitando a mobilidade ao movimentar o sistema. Mesmo sendo o sistema mais caro, acaba se tornando viável pela praticidade.

Também foi orçado em uma empresa que trabalha com a venda de bancadas hidropônicas que tem seus materiais personalizados propriamente para a hidroponia. A estrutura de uma bancada semelhante custa em torno de 1200 reais, cerca de 10 vezes mais caro que a estrutura proposta pela equipe.

5. CONCLUSÃO

Diante do exposto, constata-se que o projeto de um sistema automatizado de horta hidropônica de baixo custo para escolas no Brasil revelou-se uma iniciativa promissora e inovadora. A abordagem de combinar a produção de alimentos saudáveis com a aprendizagem prática dos alunos é fundamental para promover hábitos alimentares saudáveis desde a infância, além de fornecer conhecimentos valiosos sobre ciência, tecnologia e sustentabilidade.

Analisando as opções de sistemas disponíveis, estabeleceu-se que o sistema NFT seria o mais apropriado para o projeto, visto que os materiais necessários para a construção seriam menos numerosos se comparados a outros sistemas como o aeropônico ou de gotejamento. O sistema que se aproxima mais ao custo desejado seria o de leito flutuante, mas foi decidido que o NFT ainda seria mais apropriado devido a construção da estrutura ser mais compacta.

Ao analisar as opções de estruturas para a horta hidropônica revelou características distintas em cada material. O alumínio se destacou pela economia e resistência, porém, é mais propenso a danos físicos. A base de madeira oferece robustez e acessibilidade, mas exige manutenção devido à exposição ao clima. Já a base de tubos de PVC, embora seja a opção mais cara, se destacou pela resistência ao tempo e ao peso, além de proporcionar facilidade de mobilidade devido ao seu design planejado e encaixado.

Dessa forma, a escolha da estrutura dependerá das necessidades específicas de cada escola, considerando fatores como o ambiente local, disponibilidade de recursos e o grau de manutenção desejado. Em última análise, a implementação desse sistema hidropônico não apenas contribuirá para o aumento do consumo de alimentos saudáveis, mas também enriquecerá a experiência educacional dos alunos, capacitando-os com habilidades práticas e conscientização sobre a importância da agricultura sustentável.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAGNATO, Vanderlei S.; RODRIGUES, Vinícius. **Análogo mecânico para condutividade elétrica dos metais: Efeito da temperatura**. São Carlos, 2006.

CANAL AGRO ESTADÃO. **Hidroponia: o que é preciso saber para introduzir esse sistema?** Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/>. Acesso em: 09 out. 2023.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. ME - MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Relatório de Gestão. 2019. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/05/RELAT%C3%93RIO-DE-GEST%C3%83O_Ceagesp_2019_completo.pdf>.

CURSOS CPT. **Quais os principais tipos de sistema hidropônico?** Disponível em: <https://www.cpt.com.br/artigos/quais-os-principais-tipos-de-sistema-hidroponico>. Acesso em: 25 out. 2023.

DE SOUZA, Elton Soares. **Controle de Sistema Hidropônico Utilizando a Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes**. Itajuba, 2010.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. **Métodos alternativos para identificar a absortância solar de superfícies opacas**. Ambiente Construído, [S. l.], v. 7, n.

3, p. 109–127, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3745>. Acesso em: 19 nov. 2023.

FELTRIM, Anderson L; FILHO, Arthur B. Cecílio; BRANCO, Roberto B. F; BARBOSA, José C; SALATIEL, Luciana T. **Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP**. Campina Grande, 2005.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 2 - Solução Nutritiva**. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em: 05/12/2023

INSTITUTO ESCOLHAS. **Mais perto do que se imagina: os desafios da produção de alimentos na metrópole de São Paulo**. 2020. <https://agriculturanametropole.escolhas.org/>

INSTITUTO ESCOLHAS. **O potencial da produção de alimentos na metrópole de São Paulo, agora em formato interativo**. 22 de Janeiro de 2021. https://escolhas.org/o-potencial-da-producao-agricola-de-alimentos-na-metropole-de-sao-paulo-agora-em-formato-interativo/

INSTITUTO ESCOLHAS. **Métodos alternativos para identificar a absortância solar de superfícies opacas**. 22 de Janeiro de 2021. Disponível em: <https://escolhas.org/o-potencial-da-producao-agricola-de-alimentos-na-metropole-de-sao-paulo-agora-em-formato-interativo/>.

LUZ, José Magno Q; GUIMARÃES, Silése T M R; KORNDORFER, Gaspar Henrique. **Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício**. Uberlândia, 2006.

MOREIRA, Catarina. **Fotossíntese**. Revista de Ciência Elementar, 2013.

NEWS, Onu. **Perspectiva Global Reportagens Humanas.** 19 de fevereiro de 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701#:~:text=Popula%C3%A7%C3%A3o%20Mundial%20Segundo%20a%20ONU%2C%20atualmente%2055%25%20da,muitos%20pa%C3%ADses%20est%C3%A3o%20implementando%20processos%20de%20pol%C3%ADticas%20descentralizadas>.

OBJETIVO ARARAQUARA. **Pesquisa revela que o cultivo de horta na escola estimula estudantes a ter uma alimentação saudável**. Disponível em: <https://www.objetivoararaquara.com.br/pesquisa-revela-que-o-cultivo-de-horta-na-escola-estimula-estudantes-a-ter-uma-alimentacao-saudavel/>. Acesso em: 26. out. 2023

PLANTAR FERTILIZANTES DE PRECISÃO. **Kit Hidropônico Alface - Flex Vermelho + Flex Azul - 25 kg**. Disponível em: <https://plantpar.com.br/hidroponia/kit-hidroponico-alface-flex-vermelho-flex-azul-25-kg>. Acesso em: 5 dez. 2023.