

AUTOMAÇÃO COM ARDUINO UNO R3 NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.): UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA

Submetido em: 05 nov. 2025. Aceito: 01 dez. 2025

Deivid Vinicius Barbosa dos Santos¹
Crislane de Souza Santos²

RESUMO

As aulas de Física sempre apresentaram desafios, incluindo falta de motivação dos estudantes, carga horária limitada, poucas aulas práticas, escassez de professores qualificados, foco excessivo na memorização de fórmulas, falta de aplicação prática, falta de interdisciplinaridade e desafios no uso das tecnologias. Para melhorar o Ensino de Física, é essencial tornar as aulas mais motivadoras, práticas e contextualizadas, enfatizando a compreensão profunda dos conceitos, sua relevância na vida cotidiana e interações com outras disciplinas. A disciplina de Física deve ser vista como uma oportunidade de promover habilidades científicas e tecnológicas, incluindo modelagem, argumentação baseada em evidências, validação e comunicação de resultados. Essa abordagem deve ser enriquecida com o uso extensivo de tecnologias de informação e comunicação, como simulações e modelagens computacionais, além de laboratórios digitais e físicos. Dessa forma, a Física pode ser ensinada de maneira mais contextualizada, aplicando-a a situações do mundo real e preparando os estudantes para o exercício da cidadania. Diante desse contexto, o presente trabalho visou propor uma prática pedagógica com estudantes do Ensino Médio da EEEFM Ecoporanga, por meio da realização de um experimento multidisciplinar, o qual constitui na implantação do cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa* L.) utilizando um sistema de monitoramento por microcontrolador Arduino Uno R3, a fim de coletar dados como temperatura, umidade do ar, vazão da água, condutividade elétrica da água e pH. Para tal, foi

¹ Licenciado em Física-Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM.e-mail: deividviniciusBH@gmail.com

² Doutora em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN e Docente da U Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM.e-mail: crislane.souza@ufvjm.edu.br

incorporado um sistema de controle automatizado utilizando Arduíno Uno R3, que regulou a temperatura, pH e a umidade do sistema de cultivo, visando proporcionar aos estudantes uma experiência única de aprendizado que uniu a ciência, a tecnologia e a sustentabilidade, além de melhorar os resultados das avaliações externas para as disciplinas da área de Ciência da Natureza.

Palavras-chave: Arduíno. Cultivo Hidropônico. Ensino de Física. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

Physics classes have consistently presented challenges, including students' lack of motivation, limited class hours, few practical lessons, scarcity of qualified teachers, excessive focus on formula memorization, lack of practical application, limited interdisciplinarity, and difficulties in the use of technologies.

To improve Physics education, it is essential to make classes more engaging, hands-on, and contextualized, emphasizing deep conceptual understanding, its relevance to everyday life, and connections with other disciplines. Physics should be regarded as an opportunity to foster scientific and technological skills, including modeling, evidence-based argumentation, validation, and communication of results. This approach should be enriched by extensive use of information and communication technologies, such as simulations and computational modeling, in addition to digital and physical laboratories.

In this context, the present study aimed to propose a pedagogical practice with high school students from EEEFM Ecoporanga through the implementation of a multidisciplinary experiment, which consisted in the development of a hydroponic lettuce cultivation system (*Lactuca sativa* L.) monitored by an Arduino Uno R3 microcontroller. This system collected data such as temperature, air humidity, water flow rate, electrical conductivity, and water pH. To support this, an automated control system using the Arduino Uno R3 was integrated, regulating temperature, pH, and humidity in the cultivation environment. The aim was to provide students with a unique learning experience that combined science, technology, and sustainability, while also contributing to improved outcomes in external assessments within the Natural Sciences curriculum area.

Keywords: Arduino. Hydroponic Cultivation. Physics Teaching. Interdisciplinarity.

1 INTRODUÇÃO

As aulas de Física sempre apresentaram desafios, entre os quais se destacam a falta de concentração e a desmotivação dos estudantes, que muitas vezes consideram a disciplina desinteressante ou irrelevante para suas vidas. Esses fatores representam obstáculos significativos para os professores, dificultando o envolvimento dos discentes em projetos que despertem seu interesse e curiosidade, mesmo diante da variedade de métodos disponíveis atualmente (JÚNIOR *et al.*, 2022).

O ensino de Física nas escolas sempre enfrentou desafios consideráveis. No entanto, atualmente, de acordo com Moreira (2018), esses desafios têm se agravado, levando a uma crise no ensino dessa disciplina. A carga horária semanal, que em outros tempos chegava a seis aulas por semana, hoje é frequentemente reduzida a duas ou menos, dependendo da série do ensino médio. As aulas de laboratório tornaram-se raras e demandam professores graduados em Física. Porém, a escassez desse profissional tem se mostrado um problema recorrente em muitas escolas. Esse cenário acaba forçando os professores a priorizar a preparação dos alunos para exames e respostas corretas em detrimento de um ensino efetivo e significativo da Física.

De acordo com Gonçalves (2022), ensinar Física tem se tornado um grande obstáculo para a aprendizagem dos alunos que se sentem desmotivados em compreender os fenômenos da natureza, sendo comum uma abordagem com foco na memorização de fórmulas e definições. Essa desmotivação é devido ao modo como o ensino é realizado. Em sua maioria ocorre por meio de formas diretas de transmissão de conteúdo. Apesar deste modo de ensino ser considerado por muitos pesquisadores como ultrapassado, o que vemos na prática, é que ele é predominante quando comparado com as novas formas de ensino as quais envolvem tecnologias modernas e avançadas (JÚNIOR *et al.*, 2022).

Outro aspecto relevante para a melhoria do ensino é a interação entre professor, aluno e as diferentes áreas do conhecimento, a qual pode ser aprimorada por meio de constante atualização de saberes e de práticas voltadas à construção do conhecimento (FERREIRA *et al.*, 2022). Nesse sentido, os espaços educativos sustentáveis constituem ferramentas valiosas, pois visam educar os alunos sobre

questões relacionadas à sustentabilidade, ao mesmo tempo em que conectam essas práticas à vida cotidiana.

De acordo com Lopes e colaboradores (2023), diversas atividades podem ser desenvolvidas com base em espaços educativos sustentáveis no próprio ambiente escolar. Essas iniciativas promovem o protagonismo estudantil, favorecem a interdisciplinaridade e utilizam metodologias ativas que garantem maior aproximação entre teoria e prática. As atividades práticas no contexto escolar não apenas enriquecem o aprendizado por meio de experiências tangíveis, mas também capacitam os alunos a aplicar o conhecimento de forma significativa, preparando-os para os desafios do mundo real. Nessa perspectiva, Santos (2014) afirma que “a implantação de hortas no ambiente escolar é considerada um instrumento dinamizador capaz de inserir os sujeitos diretamente em um ambiente diverso e sustentável” e ainda ressalta que “a horta escolar permite principalmente o resgate dos valores éticos, sociais, culturais e ambientais. Além disso, possibilita práticas sustentáveis que podem ser desenvolvidas dentro desse ‘laboratório vivo’”.

Para a implantação de uma horta escolar, diversos métodos de cultivo podem ser utilizados, conforme as necessidades específicas do espaço e as preferências da escola. Entre eles, destacam-se o uso de solo de jardim, canteiros elevados, cultivo em vasos ou sistemas mais avançados, como fertirrigação, aquaponia e hidroponia.

Segundo Ferreira *et al.* (2021), a hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas sem solo, em que as raízes se desenvolvem em uma solução nutritiva composta por água e todos os nutrientes essenciais. Esse sistema tem apresentado crescimento expressivo no Brasil, sendo considerado uma alternativa inovadora e eficiente para a agricultura. Entre suas vantagens estão o crescimento acelerado das plantas, economia de água, uso de espaço reduzido e produção sustentável, resultando em maior rendimento e qualidade, além da redução da ocorrência de doenças (SANTOS *et al.*, 2002). Essa técnica é especialmente eficaz no cultivo de hortaliças, como a alface.

De acordo com Domingues *et al.* (2012), a alface, cujo nome científico é *Lactuca sativa* L., é uma das hortaliças folhosas mais consumidas e amplamente cultivadas em sistemas hidropônicos. Como esse tipo de cultivo depende diretamente do fornecimento adequado de nutrientes pela solução aquosa, torna-se essencial manter rigoroso controle de sua composição e de sua condutividade elétrica,

condição indispensável para garantir a qualidade e a produtividade das plantas (CARLET, 2020).

Com a expansão das técnicas hidropônicas no Brasil e no mundo, e a contínua evolução tecnológica, empresas e instituições de ensino têm estabelecido parcerias de pesquisa com o objetivo de desenvolver soluções avançadas, incluindo sistemas e sensores capazes de monitorar, controlar e automatizar o cultivo dessas plantas (DOMINGOS, 2019). A eficiência produtiva nesse tipo de cultivo pode ser ainda mais potencializada com o uso de microcontroladores, conforme estudos de CARLET (2020), PALANDE *et al.* (2018), DARDER *et al.* (2009), ERIDANI *et al.* (2017), KYAW e NG (2017) e YILDIRIM *et al.* (2016).

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo propor uma prática pedagógica diferenciada e interdisciplinar, a fim de tornar as aulas de Física mais atrativas e dinâmicas, além de explorar suas contribuições no processo de ensino-aprendizagem e no conhecimento adquirido pelos estudantes do Ensino Médio da EEEFM Ecoporanga. A prática proposta consistiu na implantação de um cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa* L.), utilizando um sistema de monitoramento baseado no microcontrolador Arduino Uno R3, com o propósito de coletar dados sobre temperatura, umidade do ar, condutividade elétrica da água e pH.

Considerando o contexto descrito, optamos por desenvolver essa prática pedagógica nas aulas de Física, utilizando o cultivo hidropônico com microcontroladores Arduino Uno R3 como ferramenta para abordar conteúdos programáticos da disciplina, integrando teoria e prática por meio de metodologias ativas. A escolha por essas metodologias fundamenta-se em diversos benefícios, como a compreensão mais profunda dos conteúdos abordados, a valorização do aprendizado significativo e o desenvolvimento de habilidades práticas como resolução de problemas, pensamento crítico, tomada de decisões e trabalho em equipe. Além disso, essas abordagens promovem a motivação, a curiosidade e a preparação dos estudantes para os desafios do mundo real e para suas futuras carreiras.

Em síntese, integrar teoria e prática por meio de metodologias ativas coloca o estudante no centro do processo de aprendizagem, tornando-o um agente mais eficaz, criativo e autônomo, preparado para enfrentar os desafios da vida e do mercado de trabalho. Segundo Moreira (2018), é fundamental compreender que a

Física vai muito além de fórmulas e respostas corretas. Deve ser encarada como uma oportunidade para o desenvolvimento de habilidades científicas e tecnológicas, como a modelagem, a argumentação baseada em evidências, a validação e a comunicação de resultados. Essa abordagem deve ser enriquecida com o uso intensivo das tecnologias da informação e comunicação, como simulações, modelagens computacionais e laboratórios digitais. Assim, a Física poderá ser ensinada de forma mais contextualizada, aplicada a situações reais e voltada à formação de cidadãos críticos e participativos.

2 ALGUNS ELEMENTOS QUE FUNDAMENTAM NOSSA PESQUISA

2.1 METODOLOGIA ATIVA

De acordo com Borges e Alencar (2014), as metodologias ativas são compreendidas como estratégias que auxiliam no desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem e contribuem para uma formação crítica dos futuros profissionais nas mais diversas áreas. O emprego dessas metodologias pode transformar o aprendizado em uma ferramenta multiplicadora de mudanças (Roman *et al.*, 2017). Sua utilização favorece a autonomia do educando, desperta a curiosidade e estimula a tomada de decisões, tanto individuais quanto coletivas, aproximando o contexto do estudante das práticas sociais (Borges e Alencar, 2014).

Segundo Brusdzensk *et al.* (2022), ao optar pelo uso de metodologias ativas em suas aulas, o professor desloca o foco do processo de ensino-aprendizagem para o aprendiz, tornando-o protagonista da descoberta, da investigação e da resolução de problemas. Esses modelos contrastam com o ensino tradicional, cujo foco está na transmissão de informações e conteúdos pelo professor. Os autores ainda enfatizam que a proposta de um ensino menos centrado no professor não é recente. John Dewey já propunha e aplicava um modelo educacional baseado em um processo ativo, no qual o estudante exercia sua liberdade na busca pelo conhecimento. Sua proposta fundamentava-se no aprender-fazendo, em que a aprendizagem se dava por meio da ação (Bacich; Morán, 2018), tornando-a mais significativa.

Atualmente, o grande volume de informações e as facilidades oferecidas pelas tecnologias favorecem a implementação das metodologias ativas de aprendizagem, funcionando como aliadas no processo de ensino-aprendizagem, tornando as aulas

mais dinâmicas, atrativas e inovadoras. Freire (1996) afirma que o que impulsiona o educando no processo de aprendizagem é justamente a superação de desafios, a resolução de problemas e a oportunidade de construir novos conhecimentos.

Dessa forma, aprender de modo significativo exige o abandono da aprendizagem mecânica em favor de modelos ativos. No ensino de Física, a simples memorização de fórmulas e conceitos de maneira não contextualizada configura um modelo mecânico de aprendizagem, que não se relaciona com os conhecimentos prévios do estudante e, por isso, não se fixa de forma duradoura em sua estrutura cognitiva (Brusdzensk *et al.*, 2022).

2.2 HIDROPONIA

O termo hidroponia deriva dos radicais gregos *Hydro* (água) e *ponos* (trabalho). Trata-se de uma técnica de cultivo sem solo, que foi popularizada na década de 1930; porém, seu uso para fins comerciais só se consolidou após 1980 (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000).

De acordo com Douglas (2001), os estudos que tornaram possível os desenvolvimentos da cultura sem o uso de terra em laboratório foram conduzidos por Julios e Von Sachs na Universidade de Würzburg, entre os anos de 1859 e 1865. Esses pesquisadores descobriram que, em condições controladas de adubos e água, era possível cultivar plantas. No entanto, somente em 1930, o Doutor W. F. Gericke popularizou a técnica para ser utilizada fora dos laboratórios.

Santos *et al.* (2002) afirmam que a hidroponia é uma técnica de cultivo que visa obter produtos com excelente qualidade, sabor e aspectos visuais superiores aos obtidos com a agricultura tradicional, oferecendo menor risco de contaminação por doenças endêmicas. Além disso, é adequada às exigências de alta qualidade e produtividade, com mínimo desperdício de água e nutrientes.

Carrijo e Makishima (2000) salientam que, atualmente, destacam-se quatro diferentes técnicas hidropônicas, a saber:

- I. **Sistema de Fluxo Laminar de Nutrientes** (*Nutrient Film Technique – NFT*): método no qual a solução nutritiva circula pelo sistema, entrando em contato com as raízes das plantas durante

um determinado período;

- II. **Sistema de Cultivo Imerso em Água** (*Deep Flow Technique – DFT*): método em que a solução nutritiva fica armazenada em um reservatório com profundidade entre 15 cm e 20 cm, em formato de piscina, no qual as raízes permanecem submersas;
- III. **Sistema com substratos**: semelhante ao NFT, porém com a adição de substratos como areia e serragem, que auxiliam na fixação das plantas;
- IV. **Aeroponia**: técnica em que a solução nutritiva é aspergida diretamente nas raízes suspensas no ar.

Dessa forma, a hidroponia apresenta inúmeras vantagens, pois, por não depender de condições climáticas, pode ser utilizada em diferentes locais, inclusive em regiões áridas ou degradadas, permitindo maior economia de água e nutrientes, com alta qualidade e produtividade.

Carlet (2022) ressalta que as ameaças à segurança alimentar assombram o futuro da humanidade e aumentam a necessidade de técnicas mais eficientes para a produção de alimentos, diante de uma população em constante expansão. Nesse contexto, o cultivo hidropônico mostra-se uma alternativa promissora, por sua alta eficiência e por ser alvo de inovações, como a melhor gestão da solução nutritiva, a biofortificação, a aplicação de bioestimulantes vegetais, a automatização do controle por sensores, o cultivo vertical e o uso de tecnologia de iluminação LED.

2.3 AUTOMAÇÃO PARA SISTEMAS HIDROPÔNICOS

Palande *et al.* (2018) salientam que muitos dos sistemas automatizados de hidroponia disponíveis no mercado são caros e não controlam todos os parâmetros necessários para um crescimento saudável das plantas. Em seus estudos, os autores utilizaram um sistema automatizado com microcontroladores de baixo custo e de fácil acesso para usuários domésticos, quando comparado a outros sistemas.

O microcontrolador é um circuito integrado que reúne as partes básicas de um microcomputador: portas de entrada e saída, memória e microprocessador. Em geral, o microcontrolador **ATmega328P**, presente no *Arduino Uno R3*, é o núcleo da

placa, proporcionando a capacidade de controlar e interagir com o mundo físico. Essa característica torna a placa Arduino uma ferramenta poderosa e versátil, com ampla acessibilidade e diversas aplicações em educação, prototipagem e projetos tecnológicos.

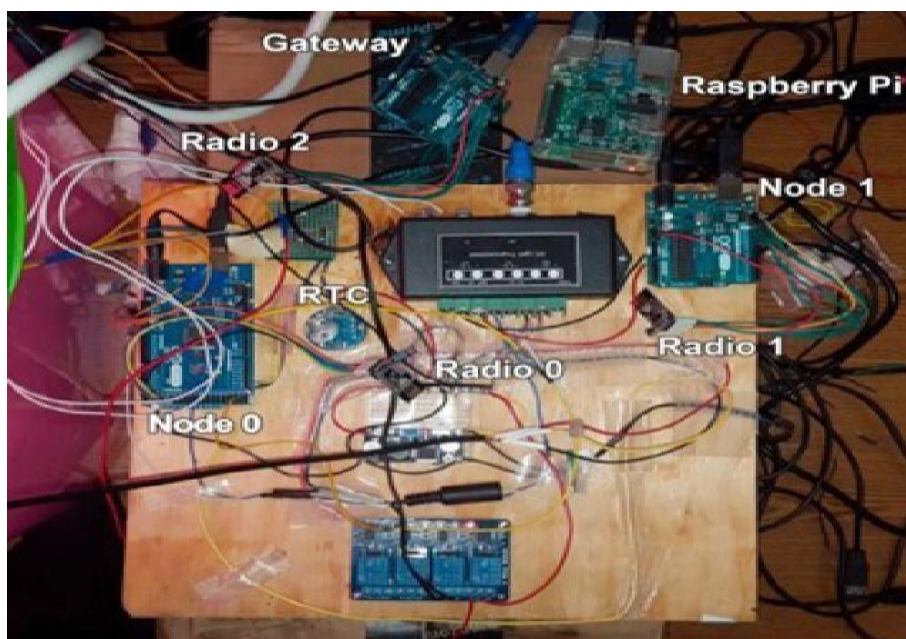
Esses dispositivos, apesar de limitados quanto à memória e processamento de dados, são amplamente utilizados em aplicações na área da Física, como medições de temperatura, pressão e condutividade elétrica — como exigido no experimento proposto. Nesses casos, o uso de um microprocessador seria dispendioso, tornando os microcontroladores uma alternativa eficiente (GIMENEZ, 2015).

A escolha do microcontrolador depende da necessidade de processamento, memória, disponibilidade de ferramentas para realizar as tarefas necessárias, bem como de fontes confiáveis de pesquisa e suporte (MAZIDI; MCKINLAY; CAUSEY, 2008).

Ainda segundo o estudo de Palande *et al.* (2018), foi desenvolvido um sistema denominado **Titan Smartponics**, no qual foram utilizados dois microcontroladores Arduino, um *Raspberry Pi* (utilizado para executar um software de automação de código aberto chamado *Domoticz*), software livre e alguns sensores, como ilustrado na Figura 1. O Arduino é uma placa de desenvolvimento de código aberto criada em 2005 no Instituto de Interação e Design, em Ivrea, na Itália. Essa iniciativa surgiu da necessidade do professor Massimo Banzi de tornar a tecnologia mais acessível e de baixo custo para os estudantes do instituto, sem que fosse necessário um conhecimento aprofundado em eletrônica e programação (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013).

O **Titan Smartponics** demonstrou sua relevância por meio de seu sistema completo de automação — que inclui controle de pH, temperatura e condutividade elétrica da solução nutritiva — bem como pela sua acessibilidade, tanto em termos de tamanho quanto de custo, tornando-se viável para o uso doméstico (PALANDE *et al.*, 2018).

Figura 1 - Componentes do sistema de hardware.



Fonte: PALANDE *et al.* (2018)

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, que engloba uma proposta de experimento dentro de um projeto interdisciplinar que abrange várias disciplinas da grade do Ensino Médio, pertencentes à grande área de Ciências Exatas e da Natureza, necessitou-se, primeiramente, realizar uma vasta revisão bibliográfica acerca do tema abordado, em conjunto com a metodologia ativa de aprendizagem, abordada no item 2.1 deste trabalho.

O projeto foi desenvolvido na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Ecoporanga, localizada no município de Ecoporanga-ES, em parceria com os professores da área de Ciências da Natureza, tendo como público-alvo estudantes da 1ª série do Ensino Médio, no decorrer dos meses de junho a outubro de 2023. O desenvolvimento do projeto teve as etapas descritas nos subitens a seguir.

3.1 CONSTRUÇÃO DA HORTA

Inicialmente, houve a apresentação da proposta e uma explicação detalhada sobre o projeto de estabelecimento da horta na escola para os estudantes. Posteriormente, utilizando os materiais fornecidos pela unidade escolar, a horta foi

construída, sendo delineada a abordagem mais adequada para a implementação do sistema hidropônico, em colaboração com os estudantes.

O referido local do experimento contou com uma estrutura para minimizar os efeitos dos raios solares, utilizando sombrite 70% para cobrir a estrutura construída para o sistema hidropônico, que teve uma bancada na qual foram instalados os canos de PVC com dimensionamento de 4 m x 2 m. A formulação da solução nutritiva usada no cultivo foi feita a partir de produtos comerciais, conforme as tabelas 1 e 2 abaixo, de acordo com as especificidades do fornecedor.

Quadro 1 - Relação dos nutrientes da solução A.

Garantias (%)			
N sol. em água	8	Mn sol. em água	0,04
P ₂ O ₅ sol. em água	8	Cu sol. em água	0,03
K ₂ O sol. em água	30	Zn sol. em água	0,019
S sol. em água	3	Mo sol. em água	0,009
Mg sol. em água	1	Ni sol. em água	0,006
Fe sol. em água	0,14	Co sol. em água	0,002
B sol. em água	0,04		

Composição: Micros quelatizados EDTA, além de nitrato de potássio, MKP, MAP Cristal, entre outros.

Quadro 2 - Relação dos nutrientes da solução B.

Garantias	
N total	10%
Ca total	15%
Mg sol. em água	2%

Composição: Nitrato de Cálcio, Nitrato de Magnésio, Produto de Fabricação Própria Sob Nº De Reg. De Produto No Mapa: Pr 000637-8.000018, e Agente Corante.

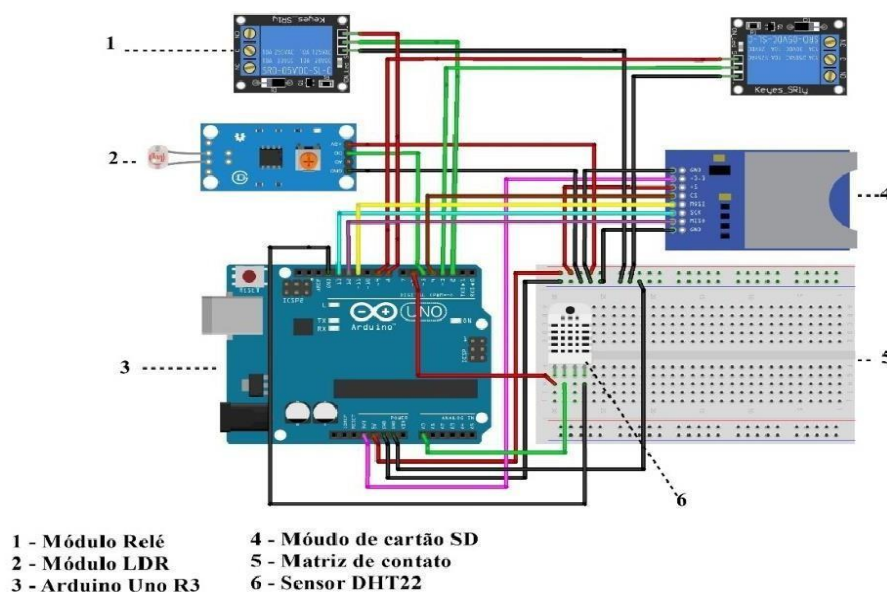
Fonte: ficha técnica do Kit Hidropônico Alface – Flex Vermelho + Flex Azul: ficha técnica. PLANTPAR FERTILIZANTES.

Para a realização do experimento, foram utilizadas a alface *Luci Brow* e o coentro, por serem cultivares bem adaptadas à região e ao cultivo hidropônico. As mudas foram produzidas pelos estudantes, que selecionaram as plantas que apresentaram maior uniformidade.

3.1.1 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE DAS VARIÁVEIS QUE FORAM ANALISADAS

Para a aferição dos níveis de salinidade (CE) e pH da solução nutritiva, foi utilizado um equipamento portátil, modelo EC-3587 da Analytical Instruments. No sistema de automação, foi preconizado o tempo de aplicação da solução nutritiva de 15 minutos, enquanto o intervalo de aplicação variava em função da temperatura do ar (T) e da umidade do ar (U), que direcionavam as diferentes programações. Durante o dia, a programação “P1” tinha intervalo de 15 minutos e “P2” de 10 minutos; à noite, a programação “P3” apresentava intervalo de 60 minutos e “P4” de 120 minutos.

Os componentes necessários para a construção do dispositivo de automação foram: matriz de contato² com 400 pontos, módulo sensor LDR³, sensor DHT11⁴ ou DHT22, módulo relé⁵, módulo SD⁶, cartão microSD⁷ com adaptador⁸ e um Arduino Uno R3⁹. A Figura 2 apresenta o diagrama de montagem do sistema de automação, conforme Rodrigues et al. (2022).

Figura 2 – Diagrama de instalação do sistema de automação com Arduino Uno R3

Fonte: ficha técnica do Kit Hidropônico Alfaface – Flex Vermelho + Flex Azul: ficha técnica. PLANTPAR FERTILIZANTES.

A integração de sistemas de automação com o Arduino Uno R3 no processo de ensino-aprendizagem pode proporcionar inúmeros benefícios aos estudantes, promovendo um aprendizado mais prático e envolvente em áreas como eletrônica, programação e engenharia. Os alunos têm a oportunidade de aplicar conceitos teóricos em projetos reais, o que facilita a compreensão de tópicos como movimento, pressão, força e energia, que podem ser visualizados e medidos por meio de sensores conectados ao Arduino. Essa abordagem incentiva os estudantes a pensar de forma criativa e a desenvolver suas próprias soluções para desafios específicos. Como ilustrado na Figura 3, o diagrama simplificado utilizado auxilia na aferição da temperatura, pressão e condutividade elétrica do sistema hidropônico por meio de sensores programados com indicação em luz de LED.

Figura 3– Print da tela do computador contendo o diagrama simplificado utilizado na aferição da temperatura, pressão e condutividade elétrica.

plaintext Copiar código

Arduino Uno	Protoboard

GND	----- GND (linha azul)
5V	----- 5V (linha vermelha)
Pino 13	----- Resistor 220 ohms -> Anodo do LED -> Catodo do LED -> GND
Pino 2	----- Sinal do Sensor PIR
5V	----- VCC do Sensor PIR
GND	----- GND do Sensor PIR

cpp Copiar código

```

int ledPin = 13;      // Pino do LED
int pirPin = 2;       // Pino do Sensor PIR
int pirState = LOW;   // Estado inicial do PIR

void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);    // Define o LED como saída
  pinMode(pirPin, INPUT);     // Define o PIR como entrada
  Serial.begin(9600);         // Inicializa a comunicação serial
}

void loop() {
  pirState = digitalRead(pirPin); // Lê o estado do PIR

  if (pirState == HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // Liga o LED
    Serial.println("Movimento detectado!");
  } else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);   // Desliga o LED
    Serial.println("Sem movimento.");
  }

  delay(1000); // Atraso de 1 segundo
}

```

Fonte: acervo dos autores

3.1.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS (AS) ESTUDANTES

Obedecendo a um cronograma para a realização do trabalho, cujo objetivo foi avaliar o impacto causado no ambiente escolar e nos estudantes, as avaliações foram realizadas da seguinte forma:

- Observação da participação dos estudantes nas atividades propostas, desde a implantação da horta até a finalização das atividades práticas e experimentais, entre outras;
- Avaliação das atividades práticas desenvolvidas nas aulas sobre propagação vegetal, Arduino e acompanhamento das variáveis analisadas, conforme observadas pelos estudantes;
- Análise das avaliações externas (avaliação diagnóstica) da Secretaria Estadual de Educação (SEDU);
- Observação da interação e percepção dos discentes durante a participação no projeto.

Dessa forma, a avaliação foi conduzida ao longo de todo o processo, de maneira processual, formativa e qualitativa, considerando a importância do projeto e os benefícios gerados aos estudantes nas esferas intelectual, emocional, social e educacional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização da pesquisa, houve um primeiro contato com os (as) estudantes em sala de aula, no qual, por meio de uma apresentação expositiva dialogada, foi explicado o que é um sistema hidropônico, suas características, demonstrando-o por meio de imagens e propondo que os estudantes participantes do projeto fossem responsáveis por alguma etapa da construção do sistema hidropônico.

A hidroponia foi construída na parte externa da escola, cujo espaço é utilizado para o desenvolvimento de eletivas voltadas para a olericultura. Na construção da hidroponia, foram utilizados materiais alternativos (madeiras reutilizadas) para a fabricação da estrutura suspensa destinada à fixação dos canos de PVC.

O desenvolvimento do projeto foi dividido em algumas etapas, conforme Quadro 3:

Quadro 3 - Etapas do projeto e construção do sistema hidropônico com utilização de Arduino Uno R3:

1ª etapa	Aula teórica em sala de aula sobre algumas formas de cultivo: em solo, aquapônico e hidropônico; Escolha da área para realização do sistema hidropônico, juntamente com os estudantes, separando as áreas de cultivo em solo, da hidroponia; Construção do <i>croqui</i> pelos (as) estudantes, juntamente com os professores envolvidos (as).
2ª etapa	Definição da área.
3ª etapa	Dimensionamento e nivelamento do terreno pelos (as) estudantes, juntamente com os professores envolvidos (as).
4ª etapa	Construção das estruturas (bancada de madeira para fixação dos canos de PVC), por uma empresa terceirizada.
5ª etapa	Perfuração dos canos de PVC pelos (as) estudantes, juntamente com os professores envolvidos (as), utilizando furadeira e instalação da bomba d'água.
6ª etapa	Aula teórica e prática sobre propagação de plantas, plantio de sementes em sistema hidropônico. Nesta etapa foram trabalhados conceitos da Física os quais estavam sendo aplicado durante a execução do experimento. Tais como, temperatura, corrente elétrica, condutividade elétrica da água, vazão da água, velocidade do fluxo, etc. Como o trabalho era interdisciplinar, professores de outras matérias, como Biologia, Química e Matemática, também realizaram aulas teóricas abordando os conceitos os quais estavam sendo trabalhados durante o experimento.
7ª etapa	Instalação e fixação dos canos de PVC, plantio das sementes e automação utilizando Arduino Uno R3.
8ª etapa	Sistematização do conteúdo trabalhado.

A Figura 4 resume alguns momentos das etapas de construção do sistema hidropônico:

Figura 4 – Algumas etapas da construção do cultivo de olerícolas utilizando o sistema hidropônico com estudantes do Ensino Fundamental e Médio.



Fonte: acervo dos autores

O primeiro passo foi analisar um terreno de fácil acesso aos usuários, que facilitasse a construção do sistema hidropônico. A área do experimento foi delimitada com o espaço de 118,08 m², situado próximo ao setor utilizado para as eletivas de olericultura (Figura 5).

Nesta etapa, pôde-se abordar, entre diversos conteúdos, a importância das unidades de medida, o Sistema Internacional de Unidades, as grandezas físicas, os conceitos de medida, áreas e volumes, conceitos estes pertinentes à Física.

Vale ressaltar que, em cada etapa realizada do experimento, por se tratar de uma proposta interdisciplinar, houve momentos em que professores de outras disciplinas

trabalharam conteúdos abordados no experimento, como Biologia, Química, Matemática e Física. Contudo, restringiremos nosso relato aos conteúdos abordados na disciplina de Física, objeto de estudo deste artigo.

Figura 5 - Área utilizada para construção do Sistema Hidropônico, localizada próximo a horta da escola.



Fonte: acervo dos autores

Observa-se que o local se apresenta plano, adequado para a instalação do sistema de cultivo, devido à facilidade de acesso e à proximidade com os estudantes. A construção do sistema hidropônico deve seguir critérios específicos que garantam o acesso completo aos usuários. É fundamental que esse planejamento considere a diversidade de pessoas que utilizarão o espaço, incluindo indivíduos sem limitações físicas e aqueles com necessidades especiais. Além disso, o ambiente deve permitir circulação fácil e ser projetado de forma tradicional, com o sistema suspenso.

Os estudantes realizaram um primeiro reconhecimento da área com o objetivo de elaborar um croqui (Figura 6), que consiste em uma representação simbólica por

meio de desenho, permitindo que a imagem reflita a perspectiva individual de quem a produz. Nesse caso, porém, o processo ocorreu sob orientação dos(as) professores, por se tratar de uma atividade que demanda conhecimento técnico. Nessa etapa, o conteúdo de Física abordado contemplou novamente os conceitos de área e volume, agora articulados aos temas de fluidos, vazão, entre outros conhecimentos necessários ao desenvolvimento da atividade.

Figura 6 - Croquis realizados pelos (as) estudantes expressando ideias para a construção do Sistema Hidropônico.



Fonte: ficha técnica do Kit Hidropônico Alface – Flex Vermelho + Flex Azul: ficha técnica. PLANTPAR FERTILIZANTES.

No que diz respeito à elaboração do croqui, orientação, dimensionamento e limpeza da área, os estudantes demonstraram um envolvimento significativo e entusiasmo notáveis ao criar o sistema hidropônico. Por meio dessas atividades, os estudantes tiveram a oportunidade de estimular e expressar sua criatividade utilizando representações gráficas e desenhos, estabelecendo conexões com conceitos de diversas áreas do conhecimento, como Física, Biologia, Química, Matemática e Artes.

Além disso, essas experiências incentivaram o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, bem como promoveram a autonomia e o protagonismo dos (as) estudantes. Isso está alinhado com a visão de Demo e Silva

(2020), que enfatiza a importância de os (as) estudantes se sentirem responsáveis pela escola, cuidando, zelando por ela, propondo melhorias e participando ativamente da tomada de decisões que afetam o seu ambiente escolar.

Foi realizada a limpeza do terreno, o dimensionamento das estruturas e a reutilização de algumas madeiras. A limpeza foi feita com a utilização de ferramentas como carrinho de mão, rastelos, enxadas e pás, sendo realizada pelos (as) estudantes com supervisão dos professores, de forma a evitar qualquer acidente e correlacionando com os objetos do conhecimento que estavam em estudo, visando desenvolver as aulas práticas. A parte suspensa foi realizada por uma empresa terceirizada (Figura 7).

Figura 7 - Limpeza da área feita pelo os (as) estudantes e construção da parte suspensa pela empresa terceirizada.



Fonte: acervo dos autores

Concomitante às atividades de realização do sistema hidropônico, ocorreram as aulas teóricas e práticas relacionadas à agroecologia, propagação de plantas e cultivo de sementes e mudas. No que se refere aos conteúdos da área de Física, puderam ser propostas atividades como calcular a taxa de crescimento das plantas, o volume de água utilizado durante esta etapa, dentre outras. Observou-se uma participação significativa dos estudantes em todo o processo educativo. Isso abrange desde as aulas teóricas, nas quais foram apresentados os princípios da agroecologia com uma abordagem sustentável e ênfase na educação ambiental, até as aulas práticas, nas quais os estudantes adquiriram conhecimentos sobre tópicos como calagem, adubação, pH do solo, propagação de plantas, semeadura e plantio.

De acordo com Almeida *et al.* (2017), a educação ambiental desempenha um papel fundamental na promoção de valores, comportamentos e atitudes mais sustentáveis na sociedade, especialmente quando os indivíduos têm a oportunidade de interagir diretamente com a natureza. Essa interação ajuda a reduzir o impacto humano no meio ambiente e vai além dos aspectos formais de ensino, envolvendo experiências práticas que estimulam a percepção sensorial, a expressão corporal e o contato direto com a natureza.

Com a participação dos(as) professores(as) das áreas de sistemas hidropônicos e tecnologia da informação, foram ministradas aulas teóricas sobre hidroponia e automação, com o objetivo de ampliar o aprendizado dos(as) estudantes e demonstrar como a tecnologia — em especial o Arduino Uno R3 — pode ser utilizada para automatizar e otimizar o controle de pH, umidade e temperatura em sistemas hidropônicos. O projeto fundamentou-se em uma abordagem prática e interdisciplinar, visando não apenas ao domínio de conceitos científicos, mas também ao desenvolvimento de habilidades tecnológicas e sustentáveis.

Após a limpeza e o dimensionamento da área, iniciou-se a construção das estruturas. O terreno foi nivelado para permitir a instalação dos canos de PVC, previamente perfurados pelos(as) estudantes, com o auxílio de furadeira e serra-copo, sob orientação dos(as) professores(as). Também foram instaladas as bombas d'água responsáveis pelo funcionamento do sistema (Figura 8).

A prática vivenciada pelos(as) estudantes favoreceu o desenvolvimento de diversas competências socioemocionais, como criatividade, responsabilidade, trabalho em equipe, cooperação, autonomia e pensamento crítico, tornando o processo de aprendizagem uma experiência verdadeiramente ativa, conforme enfatizado por Valente *et al.* (2017). Atividades desse tipo configuram-se como aprendizagem baseada em investigação, alinhada às metodologias ativas. De acordo com Coelho *et al.* (2022), as metodologias ativas partem do princípio de que o aprendizado é potencializado por meio de práticas, atividades, jogos e projetos, combinando colaboração — que promove o aprendizado coletivo — e personalização — que estimula e orienta trajetórias individuais.

Paralelamente à execução do sistema hidropônico, ocorreram aulas teóricas e práticas relacionadas à agroecologia, propagação de plantas e cultivo de sementes e mudas. No âmbito da Física, foram propostas atividades como calcular a taxa de

crescimento das plantas, o volume de água utilizado e outros procedimentos pertinentes. Observou-se uma participação significativa dos(as) estudantes em todas as etapas do processo educativo — desde as aulas teóricas, que apresentaram os princípios da agroecologia com enfoque sustentável e ênfase na educação ambiental, até as aulas práticas, nas quais aprenderam sobre calagem, adubação, pH do solo, propagação vegetal, semeadura e plantio.

De acordo com Almeida *et al.* (2020), a educação ambiental desempenha um papel fundamental na promoção de valores, comportamentos e atitudes mais sustentáveis na sociedade, especialmente quando os indivíduos têm a oportunidade de interagir diretamente com a natureza. Essa interação ajuda a reduzir o impacto humano no meio ambiente e vai além dos aspectos formais de ensino, envolvendo experiências práticas que estimulam a percepção sensorial, a expressão corporal e o contato direto com a natureza.

Com a participação também dos (as) professores (as) que entendem da área de sistema hidropônico e tecnologia da informação, ocorreram aulas teóricas sobre hidroponia e automação, visando levar o aprendizado dos (as) estudantes no que se refere à hidroponia e demonstrar como a tecnologia, em particular o Arduino Uno R3, poderia ser usada para automatizar e otimizar o controle de pH, umidade e temperatura em sistemas hidropônicos. O projeto teve como base uma abordagem prática e interdisciplinar, visando não apenas o domínio de conceitos científicos, mas também o desenvolvimento de habilidades tecnológicas e sustentáveis.

No que se refere à construção das estruturas, após a limpeza e dimensionamento da área, foi realizado o nivelamento do terreno, no qual foi construída a instalação dos canos de PVC, anteriormente perfurados pelos (as) estudantes utilizando furadeira e serra copo, juntamente com os (as) professores (as). Também foram instaladas as bombas d'água para o funcionamento do sistema (Figura 8).

É evidente que a prática vivenciada pelos (as) estudantes proporcionou o desenvolvimento de competências socioemocionais, incluindo criatividade, responsabilidade, trabalho em equipe, cooperação, autonomia e pensamento crítico. Isso transformou o processo de aprendizagem em uma experiência ativa, conforme enfatizado por Valente *et al.* (2017). Quando os alunos participam de atividades desse tipo, engajam-se em uma aprendizagem investigativa, caracterizada por metodologias ativas. Nesse contexto, o aprendizado é potencializado por meio de

práticas, projetos, jogos e outras atividades, integrando momentos de colaboração entre os participantes e estratégias de personalização que orientam o desenvolvimento individual de cada estudante.

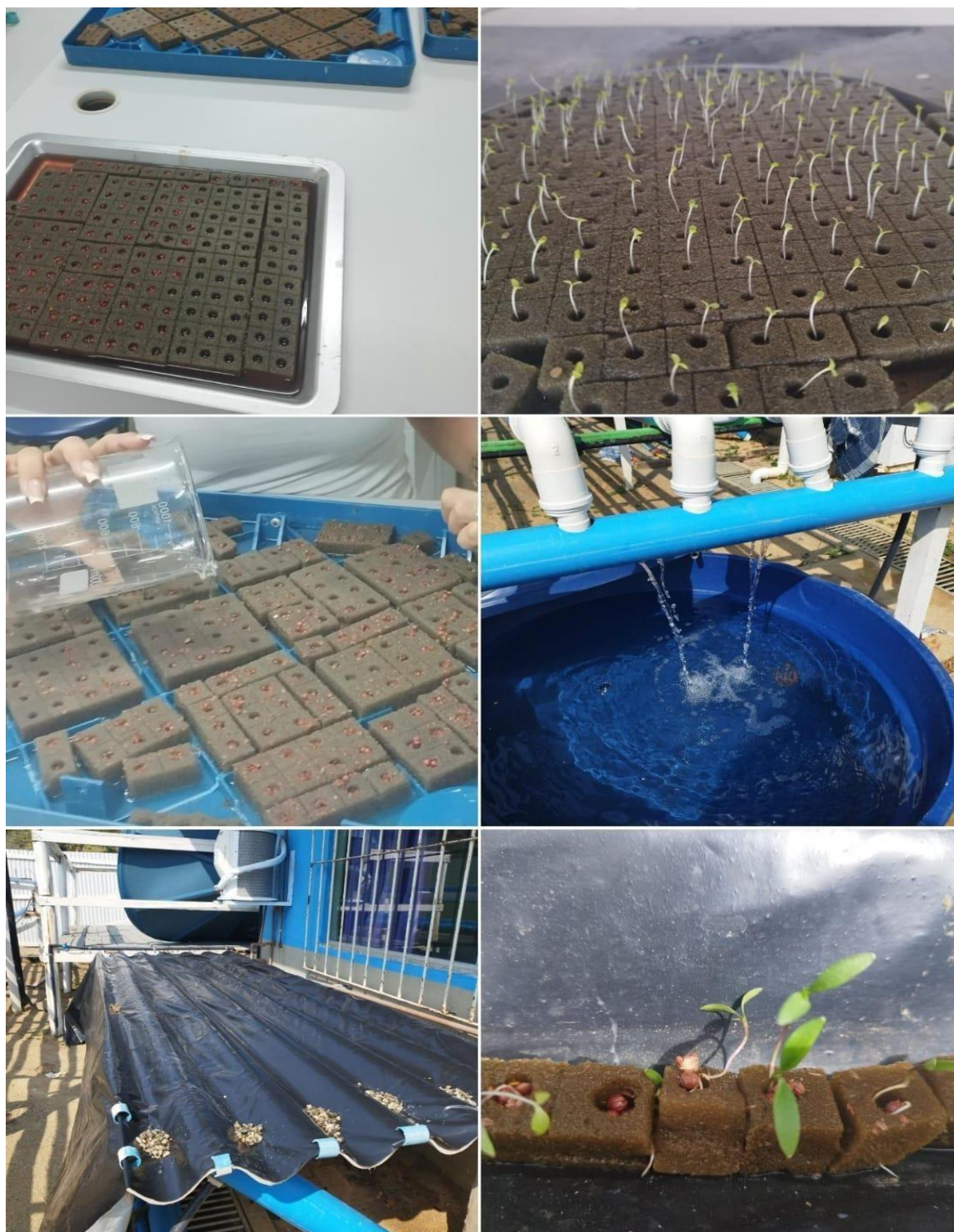
Figura 8- Construção do sistema hidropônico utilizando PVC.



Fonte: acervo dos autores

Para a realização da semeadura das plantas, optou-se por cultivar sementes peletizadas de alface *Lactuca sativa* L. “Lucy Brown” e coentro. A peletização é um processo de recobrimento de sementes, utilizando material inerte com o objetivo de facilitar a manipulação, por meio da homogeneização de tamanho e forma. Geralmente é feito em sementes muito pequenas ou com forma que dificulta o plantio. As sementes foram plantadas pelos (as) estudantes em espuma fenólica, imersas em solução nutritiva (Figura 9), produzida por meio do fertilizante mineral comercial da plantpar Flex azul e Flex vermelho.

Figura 9 – Plantio das sementes de alface e coentro na espuma fenólica, imersas em solução nutritiva.



Fonte: acervo dos autores

O fertilizante mineral da plantpar Flex azul e Flex vermelho, são formulados com macro e micronutrientes indicados para todas as fases do cultivo de

hortaliças folhosas, como alface, agrião, chicória, almeirão, forragem, rúcula, cheiro verde, brócolis, couve, entre outras, em hidroponia e fertirrigação, (conforme descrito nos quadros 4 e 5).

Quadro 4 - Composição do Flex vermelho: Micros quelatizados EDTA, além de nitrato de potássio, MKP, MAP Cristal, entre outros.

Flex Vermelho			
Garantias (%)			
N sol. em água	8	Mn sol. em água	0,04
P ₂ O ₅ sol. em água	8	Cu sol. em água	0,03
K ₂ O sol. em água	30	Zn sol. em água	0,019
S sol. em água	3	Mo sol. em água	0,009
Mg sol. em água	1	Ni sol. em água	0,006
Fe sol. em água	0,14	Co sol. em água	0,002
B sol. em água	0,04		

Fonte: ficha técnica do Kit Hidropônico Alface – Flex Vermelho + Flex Azul: ficha técnica. PLANTPAR FERTILIZANTES.

Quadro 5 - Composição do Flex azul: Composição: nitrato de cálcio, nitrato de magnésio, produto de fabricação própria sob nº de registro de produto no mapa: pr 000637-8.000018, e agente corante.

Flex Azul	
Garantias	
N total	10%
Ca total	15%
Mg sol. em água	2%

Fonte: ficha técnica do Kit Hidropônico Alface – Flex Vermelho + Flex Azul: ficha técnica. PLANTPAR FERTILIZANTES.

Após o plantio, as sementes ficaram em ambiente escuro para germinação por três dias. Após esse período, foram destinadas às estruturas denominadas “berçário”, com solução hidropônica, utilizando uma telha de amianto recoberta por lona, até atingirem o tamanho adequado, ou seja, com quatro folhas desenvolvidas, para posterior transplante, permitindo aos(as) estudantes a observação do seu desenvolvimento (Figura 10).

Figura 10 - Plantio feito pelos (as) estudantes, plantio orientado, recipientes utilizados, sementes germinadas e destinadas ao berçário.



Fonte: acervos do autores

Para a nutrição das plantas, foram utilizados os nutrientes líquidos mencionados anteriormente, responsáveis por suprir as necessidades das raízes. Após a etapa de fundamentação teórica e prática sobre hidroponia, os(as) estudantes foram introduzidos ao Arduino Uno R3, iniciando aulas práticas voltadas ao seu funcionamento. Nessas atividades, foram explicados os procedimentos de conexão dos sensores de pH, umidade e temperatura ao sistema, bem como os princípios básicos de programação necessários para automatizar processos.

Com isso, implantou-se um sistema de controle automatizado, baseado no Arduino Uno R3, capaz de regular temperatura, pH e umidade do cultivo, proporcionando aos(às) estudantes uma experiência integrada que articulou ciência, tecnologia e sustentabilidade. Nessa fase, tornou-se possível abordar diversos conteúdos da Física, entre os quais se destacam temperatura e condutividade elétrica da água.

No que se refere às avaliações externas aplicadas pela Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo, como a Avaliação Diagnóstica — realizada no início do primeiro trimestre e ao final do terceiro trimestre, com o objetivo de monitorar o rendimento escolar —, as turmas analisadas apresentaram os resultados dispostos no Quadro 6.

Quadro 6 - Resultados obtidos em porcentagem na primeira e segunda edição da avaliação diagnóstica aplicada pela Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo (SEDU).

Disciplina	Série	1ª Edição da Avaliação Diagnóstica Porcentagem (%) de Assertividade	2ª Edição da Avaliação Diagnóstica Porcentagem (%) de Assertividade
Física	1ª V1 EM	31%	39%
Física	1ª V2 EM	29%	46%
Química	1ª V1 EM	41%	70%
Química	1ª V2 EM	36%	48%

Observa-se uma tendência positiva de melhoria nos resultados entre a primeira e a segunda edição das avaliações diagnósticas em todas as disciplinas e séries analisadas, indicando que os(as) estudantes estão progredindo ao longo do ano letivo. A disciplina de Química apresentou avanço expressivo, com aumento significativo nas porcentagens de acertos da primeira para a segunda edição, sugerindo melhor compreensão dos conceitos trabalhados e maior comprometimento com o desempenho escolar.

Mesmo nas disciplinas em que os resultados ainda se mantêm mais baixos, como Física, é encorajador identificar crescimento na porcentagem de assertividade entre as edições, o que demonstra evolução no processo de aprendizagem. Esses dados constituem uma base consistente para o planejamento de intervenções pedagógicas mais direcionadas.

Como o experimento integra um projeto de médio a longo prazo, os resultados apresentados refletem o estágio atual da iniciativa. À medida que as plantas se desenvolvem, os(as) estudantes acompanham seu crescimento, coletam dados e ajustam parâmetros de pH, umidade e temperatura, com base em suas observações. Essa etapa envolve um processo contínuo de experimentação, no qual exploram diferentes estratégias de cultivo e enfrentam desafios reais.

Quanto aos resultados educacionais, os(as) estudantes tiveram a oportunidade de aplicar conhecimentos de **Biologia, Química, Física, Eletrônica e Programação**. Além de aprenderem sobre hidroponia, desenvolveram habilidades técnicas relevantes, como programação e automação, cada vez mais valorizadas no contexto contemporâneo. O projeto também promoveu uma compreensão mais aprofundada de conteúdos de Física e ampliou o entendimento sobre o ciclo de vida das plantas, a importância de sua nutrição e a necessidade de práticas sustentáveis de cultivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do projeto, os estudantes estavam empolgados com suas realizações. Eles puderam visualizar a aplicação de vários conceitos de Física que, até então, só haviam tido contato de forma teórica, através de definições e cálculos matemáticos.

No que diz respeito ao cultivo das plantas, os alunos puderam realizá-lo de forma sustentável, economizando água e eliminando o uso de solo. Ademais, os estudantes adquiriram habilidades valiosas no que se refere à automação com Arduino. Eles perceberam o potencial de aplicar esses conhecimentos para abordar questões de agricultura sustentável e contribuir para um futuro mais verde.

A execução do experimento no formato de projeto interdisciplinar não apenas enriqueceu o currículo dos estudantes, mas também inspirou uma nova geração a se envolver em práticas agrícolas sustentáveis e a explorar as possibilidades da tecnologia para tornar nosso mundo mais ecológico. Com a educação e as habilidades que adquiriram, espera-se que esses (as) estudantes estejam preparados para cultivar um futuro mais sustentável e promissor. Ousa-se dizer que o mesmo também inspirou os professores a trabalhar em conjunto os conteúdos das disciplinas mediante possibilidades, além de familiarizá-los às metodologias ativas de ensino, as quais se mostram bastante eficazes no processo de ensino-aprendizagem.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, B. C.; PORTO, L. J. L. da Silva; SILVA, C. M. **Construção de Histórias em Quadrinhos como recurso didático para Educação Ambiental**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 15, n. 3, p. 229–245, 2020. DOI: 10.34024/revbea.2020.v15.9664. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/9664> . Acesso em: 2 dez. 2025.

BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Porto Alegre: Penso Editora, 2018.

BORGES, T.; ALENCAR, G. **Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior**. In: _____. p. 119-142, 2014.

BRUSDZENSKI, T. T. C. P.; BELMONTE, V. N.; TAVARES, B. M. **Sala de aula invertida no ensino de física para os anos iniciais do ensino fundamental**. *Encontros Integrados de Física e seu Ensino*, [S. l.], dez. 2022.

CARLET, M. A. **Automatização de horta hidropônica utilizando microcontrolador Arduino**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. **Princípios de hidroponia**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2000. 27 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/769981/1/CNPHDOCUMENTOS22PRI NCIPIOSDEHIDROPONIA.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

DARDER, M. *et al.* **Multisensor device based on Case-Based Reasoning (CBR) for monitoring nutrient solutions in fertigation**. *Sensors and Actuators B: Chemical*, Madrid, p. 530-536, 2009. Disponível em: <https://10.1016/j.snb.2008.09.034>. Acesso em: 2 dez. 2025.

DEMO, P.; SILVA, R. A. **Protagonismo estudantil**. ORG & DEMO, Marília, v. 21, n. 1, p. 71-92, 2020. DOI: 10.36311/1519-0110.2020.v21n1.p71-92. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/orgdemo/article/view/10685>. Acesso em: 2 dez. 2025.

DOMINGOS, A. S. **Sistema de monitoramento de cultivo hidropônico**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal de Santa Catarina.

DOMINGUES, D. S. *et al.* **Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production**. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 84, p. 53-61, jun. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2012.02.002>. Acesso em: 26 mar. 2023.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia: cultura sem terra**. São Paulo: NBL Editora, 2001.

ERIDANI, D.; WARDHANI, O.; WIDIANTO, E. D. **Designing and implementing the Arduino-based nutrition feeding automation system of a prototype scaled nutrient film technique (NFT) hydroponics using total dissolved solids (TDS) sensor**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY, COMPUTER, AND ELECTRICAL ENGINEERING (ICITACEE), 4., 2017. Anais [...]. [S. l.]: IEEE, 2017. 6 p.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em ação**. São Paulo: Novatec Editora, 2013.

FERREIRA, L. G. S.; LOPES, L. V.; CARA, J. V. A.; CRUCES, R. O. **Análise comparativa do alface químico e orgânico na hidroponia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico) – ETEC, Santa Cruz do Rio Pardo, SP, 2021.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

GIMENEZ, S. P. **Microcontroladores 8051: conceitos, operação, fluxogramas e programação**. São Paulo: Saraiva, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519906/>. Acesso em: maio 2022.

GONÇALVES, D. C.; BENITE, C. R. M. **Metodologia ativa e robótica educacional: uma proposta para o estudo do sistema solar**. *ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, Santo Ângelo, v. 12, n. 3, p. 149-163, set./dez. 2022. DOI: [10.31512/encitec.v12i3.734](https://doi.org/10.31512/encitec.v12i3.734)

JÚNIOR, A. A. P.; NETO, M. J. S. **Aprendizagem de física no ensino médio por meio do Peer Instruction**. *Encontros Integrados de Física e seu Ensino*, [S. l.], dez. 2022.

KYAW, T. Y.; NG, A. K. **Smart aquaponics system for urban farming**. *Science Direct*, Singapore, v. 143, p. 342-347, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217364585>. Acesso em: 27 mar. 2023.

LOPES, R. E. M.; SOUZA, J. V. S.; NASCIMENTO, B.; RODRIGUES, K. L. C. **Clube Horta Ecológica: semeando saberes, cultivando conhecimento, colhendo sabores**. *Id on Line Revista de Psicologia*, v. 17, n. 65, p. 489-500, fev. 2023. ISSN: 1981-1179.

MAZIDI, M. A.; MCKINLAY, R. D.; CAUSEY, D. **PIC microcontroller and embedded systems: using assembly and C for PIC18**. [S. l.]: Pearson Education, 2008. 822 p. ISBN 0136009026.

PALANDE, V.; ZAHEER, A.; GEORGE, K. **Fully automated hydroponic system for indoor plant growth**. *International Conference on Identification, Information and Knowledge in the Internet of Things. Procedia Computer Science*, p. 482-488, 2018.

PLANTPAR FERTILIZANTES. **Kit Hidropônico Alface – Flex Vermelho + Flex Azul – 25 kg: ficha técnica e composição**. Curitiba: Plantpar Fertilizantes, [s.d.]. Disponível em: <https://plantpar.com.br/kit-hidropnico-alface-flex-vermelho-flex-azul-25-kg-bca82c20c44b1930>. Acesso em: 26 nov. 2025.

RODRIGUES, L. G. *et al.* **Automação de cultivo hidropônico com Arduino Uno R3**. *RECODAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, v. 8, n. 2, 2022. ISSN: 2448-0452.

ROMAN, C. *et al.* **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem no processo de ensino em saúde no Brasil: uma revisão narrativa**. *Clinical & Biomedical Research*, Porto Alegre, v. 37, n. 4, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/2357-9730.73911>.

SANTOS, O. S. **A sustentabilidade através da horta escolar: um estudo de caso**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba, João

SANTOS, O. S. *et al.* **Cultivos sem solo – Hidroponia**. 2. reimp. Santa Maria: UFSM/CCR, 2002. 107 p.

VALENTE, José Armando; FREIRE, Patrícia; ARANTES, Valéria; ALMEIDA, Maria Elizabeth B. de. **Metodologias ativas: concepções e práticas colaborativas para a aprendizagem**. São Paulo: Pearson, 2017.

YILDIRIM, M.; SUN, X. A.; GEBRAEEL, N. Z. **Sensor-driven condition based generator maintenance scheduling—Part I: Maintenance problem**. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 31, n. 6, p. 4253-4262, 2016.