

iVaso: Uma plataforma IoT inteligente como ferramenta lúdica para crianças no aprendizado do desenvolvimento de plantas

Anderson Pereira Lins¹, Igor Merlo Maciel Rocha¹,
Mariana Fonseca Veloso Silva¹, Alessandro Santiago dos Santos¹

¹Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT
São Paulo – SP – Brasil

anderson.lins@ensino.ipt.br, igor.rocha@ensino.ipt.br

marisilva@ipt.br, alesan@ipt.br

Abstract. *This paper presents iVaso, an intelligent Internet of Things (IoT) platform designed to support children's learning in plant care through environmental education. The system uses sensors to monitor soil moisture, temperature, and light exposure, translating these data into playful messages. By combining IoT and artificial intelligence, iVaso promotes interactive and engaging learning experiences. The platform encourages responsibility, empathy, and environmental awareness in domestic contexts. Results highlight the potential of smart objects as pedagogical tools in active learning methodologies.*

Resumo. *Uma plataforma inteligente baseada em Internet das Coisas (IoT) voltada ao ensino de crianças no cuidado com plantas por meio de interações lúdicas, educativas e bem humoradas. A solução monitora variáveis ambientais, como temperatura, umidade e intensidade de luminosidade, e se integra em ferramentas de Inteligência Artificial (IA) para transformar esses dados em mensagens educativas e afetivas sobre o estado da planta. Essas mensagens possibilitam uma interação contínua entre a criança e a planta, mediada por interfaces digitais. Busca-se estimular o engajamento, a responsabilidade e a consciência ambiental, evidenciando o potencial como ferramenta pedagógica no contexto de metodologias ativas de ensino para a compreensão dos mecanismos de desenvolvimento de plantas.*

1. Introdução

O engajamento de crianças em processos educacionais constitui um dos principais desafios contemporâneos, especialmente diante da crescente presença de tecnologias digitais no cotidiano infantil. Abordagens pedagógicas tradicionais nem sempre conseguem estimular a participação ativa, a curiosidade e o desenvolvimento de competências socioambientais de forma significativa [Santos et al. 2024]. Nesse cenário, metodologias ativas de ensino ganham destaque por promoverem a aprendizagem centrada no aluno, por meio da experimentação, da interação e da construção prática do conhecimento.

A educação ambiental, em particular, demanda estratégias pedagógicas que extrapolem a transmissão teórica de conteúdos, incentivando atitudes de cuidado,

responsabilidade e empatia em relação ao meio ambiente. Tecnologias interativas e artefatos inteligentes emergem como mediadores relevantes nesse processo, tornando a aprendizagem mais concreta, lúdica e contextualizada à realidade das crianças.

A Internet das Coisas (IoT) tem se consolidado como uma tecnologia habilitadora para o monitoramento ambiental ao integrar sensores, plataformas digitais e sistemas inteligentes capazes de coletar e interpretar dados em tempo real [Winnicka et al. 2019, Luo et al. 2023, Santos et al. 2023]. Em contextos educacionais, sistemas baseados em IoT vêm sendo utilizados tanto para promover educação ambiental quanto para apoiar práticas pedagógicas inovadoras [Tabuenca et al. 2024].

Além disso, abordagens que combinam tecnologia e gamificação têm apresentado resultados positivos no engajamento de crianças e jovens, ao promoverem senso de responsabilidade, participação ativa e conexão afetiva com o ambiente natural [Zonda and Martis 2015]. O chamado efeito Tamagotchi, originalmente observado em jogos digitais nos quais o usuário assume o cuidado de um ser virtual, tem sido explorado em contextos educacionais como estratégia para aumentar a frequência de interação e o comprometimento do usuário [Bylieva et al. 2020, Leonardi et al. 2024].

Inspirado nesse contexto, o projeto *iVaso* propõe uma plataforma inteligente baseada em IoT, voltada ao ensino de crianças sobre o cuidado com plantas, utilizando a interação criança-planta como ferramenta pedagógica para a educação ambiental. O sistema é constituído por um vaso instrumentado com sensores de umidade do solo, temperatura e luminosidade do ambiente, conectados a uma plataforma IoT responsável pelo registro contínuo das condições da planta, enquanto as mensagens de interação criança-planta são geradas por uma plataforma de IA.

Os dados coletados e enviados para processamento de uma plataforma de IA (ChatGPT) que traduz as informações técnicas em mensagens lúdicas e educativas, apresentadas por meio de interfaces digitais. Essa abordagem permite que a planta “se comunique” simbolicamente com a criança, orientando ações como regar, expor ao sol ou evitar excessos de água e luz, promovendo uma experiência de aprendizagem ativa, contínua e significativa (Figura 1). Almeja-se, assim, integrar o *iVaso* a uma estratégia pedagógica que possibilite à criança desenvolver maior compreensão das necessidades das plantas para seu crescimento e desenvolvimento saudáveis.



Figura 1. Cenário ilustrativo de interação criança-planta

Ao incorporar elementos de monitoramento e mecanismos que promovam o efeito Tamagotchi, o iVaso estimula o desenvolvimento de empatia, responsabilidade e consciência ambiental, alinhando-se a metodologias ativas de ensino. Dessa forma, o cuidado com plantas deixa de ser apenas uma atividade doméstica e passa a atuar como um recurso pedagógico acessível, capaz de aproximar crianças dos ciclos naturais e de práticas sustentáveis [Zonda and Martis 2015, López-Martínez et al. 2020].

2. Trabalhos Correlatos

Estudos no campo das tecnologias interativas têm explorado a convergência entre plantas, Internet das Coisas (IoT), gamificação e interfaces digitais como estratégias para promover educação ambiental e engajamento comportamental, conforme pode ser observado na consolidação de alguns estudos (Tabela 1). Essas abordagens investigam como artefatos inteligentes e experiências lúdicas podem atuar como mediadores no processo de aprendizagem, especialmente em contextos educacionais formais e informais.

Tabela 1. Comparação entre alguns trabalhos relacionados

Referência	Foco Principal	IoT	Gamificação	Avatar	Plantas
[Tabuenca et al. 2024]	Educação ambiental com AIO e plantas	Sim	Parcial	Sim	Sim
[Leonardi et al. 2024]	Astronomia lúdica com mascote estelar	Parcial	Sim	Sim	Não
[Zonda and Martis 2015]	Educação infantil com plantas e avatar	Sim	Sim	Sim	Sim
[Winnicka et al. 2019]	Casas inteligentes com tarefas gamificadas	Sim	Sim	Sim	Implícito
[López-Martínez et al. 2020]	Experiências museológicas com objetos inteligentes	Sim	Sim	Não	Não

Analisando a proposição de cada um destes trabalhos similares, por exemplo, [Tabuenca et al. 2024] propõem um sistema baseado em AIOt voltado à educação ambiental em ambientes escolares, integrando sensores acoplados a plantas, atuadores e uma interface digital mediada por avatar. A solução tem como objetivo fomentar competências digitais verdes e personalizar a experiência educacional a partir da análise de dados ambientais e fisiológicos das plantas, promovendo maior conscientização ecológica entre os estudantes.

[Leonardi et al. 2024] apresentam o projeto *Astro-Tamagotchi*, que adapta a lógica de cuidado de mascotes virtuais ao ensino de astronomia. A proposta combina realidade aumentada, robótica educacional e elementos de gamificação para representar a evolução estelar, estimulando o engajamento e a aprendizagem de jovens por meio de interações lúdicas e contínuas.

[Zonda and Martis 2015] desenvolvem o sistema *Grüt*, que utiliza sensores acoplados a plantas e um aplicativo móvel com avatar virtual para ensinar crianças a realizarem cuidados adequados com plantas. A abordagem busca estender os benefícios pedagógicos de hortas escolares para o ambiente doméstico, promovendo responsabilidade, empatia e vínculo afetivo com o meio ambiente por meio do denominado “efeito Tamagotchi”.

[Winnicka et al. 2019] propõem um sistema multiagente com mecanismos de gamificação para o gerenciamento de tarefas domésticas em casas inteligentes. O foco do trabalho está na motivação de crianças e adultos para a adoção de hábitos sustentáveis e responsáveis, utilizando sensores IoT e dinâmicas de competição amigável como estratégias de engajamento comportamental.

Por fim, [López-Martínez et al. 2020] investigam o uso de gamificação associada a objetos inteligentes e dados vinculados em ambientes museológicos, com o objetivo de enriquecer a experiência dos visitantes. Embora o estudo não esteja diretamente relacionado ao cuidado com plantas, sua arquitetura de interação e uso de IoT apresenta elevado potencial de adaptação para contextos educativos voltados à educação ambiental.

Todos esses estudos possuem em comum o uso de tecnologias interativas para estimular o aprendizado, o cuidado ou o engajamento dos usuários com elementos externos ao sistema, sejam eles plantas reais [Zonda and Martis 2015, Tabuenca et al. 2024], conceitos astronômicos mediados por avatares [Leonardi et al. 2024], ou tarefas domésticas gerais [Winnicka et al. 2019]. Todos aplicam sensores, IoT ou interfaces gamificadas para motivar ações no mundo real, frequentemente utilizando o efeito Tamagotchi para criar vínculos emocionais e incentivar a responsabilidade.

O iVaso se aproxima desses trabalhos ao adotar sensores ambientais e conceitos de gamificação para engajar usuários no cuidado de plantas. Entretanto, difere ao propor um sistema integrado de monitoramento automatizado com recomendações digitais, tornando o processo de cuidado não apenas educativo ou simbólico, mas também funcional no dia a dia doméstico. Dessa forma, enquanto compartilha o objetivo de promover hábitos responsáveis e sustentáveis, o iVaso avança ao unir hardware IoT funcional, automação prática e interação motivacional em um único produto aplicável diretamente ao cotidiano doméstico.

3. Materiais e Métodos

O projeto foi conduzido em conformidade com o esquema geral apresentado na Figura 2, incorporando a Abordagem de desenvolvimento e Experimento piloto.

No contexto da **abordagem de desenvolvimento**, seguiram-se as seguintes etapas:

1. *Brainstorming*: definição do escopo do sistema e especificação detalhada das funcionalidades pretendidas para leitura, integração e interação associadas ao cuidado das plantas por crianças.
2. *Prototipação*: elaboração de um protótipo inicial voltado à validação conceitual, ao refinamento do layout e à verificação da integração entre os materiais e componentes.
3. *Montagem e Desenvolvimento*: realização da integração física dos sensores e atuadores ao microcontrolador, bem como implementação, teste e depuração da lógica de controle embarcada nas placas de circuito impresso finais e na infraestrutura experimental em ambiente real.

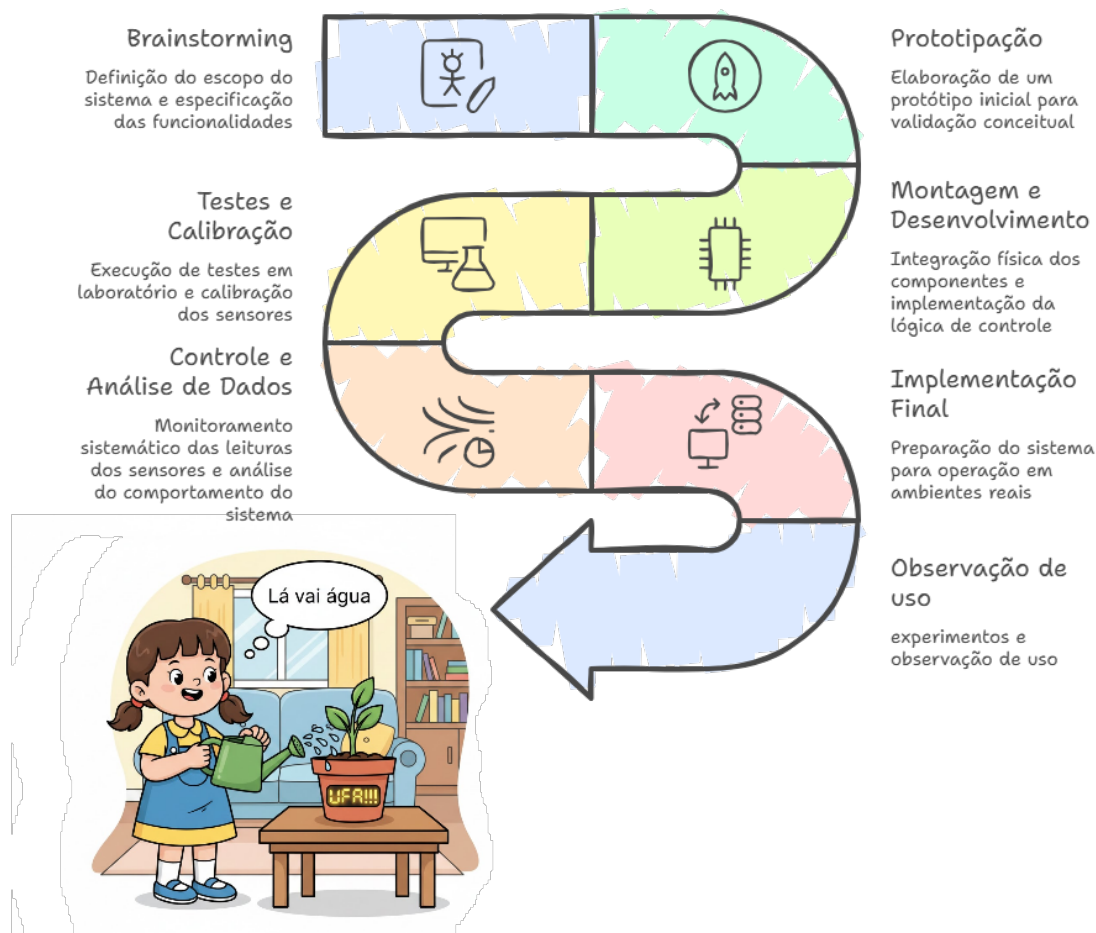


Figura 2. Abordagem da implementação do Ivaso

4. *Testes e Calibração*: execução de testes em ambiente laboratorial, visando à avaliação do desempenho global do sistema e à calibração dos sensores para assegurar precisão e repetibilidade das medições.
5. *Controle e Análise de Dados*: monitoramento sistemático das leituras provenientes dos sensores e análise do comportamento dinâmico do sistema automatizado.
6. *Implementação Final e observação e uso*: preparação do sistema para operação em ambiente real com ênfase em contexto doméstico, incluindo ajustes finais de robustez e usabilidade.

No contexto da **execução do experimento piloto**, seguiram-se as etapas:

1. *Pré seleção dos participantes*: Identificar uma residência que tenha o grupo de crianças para atuar com Ivaso.
2. *Implantação e acompanhamento de uso*: Instalação assim como ajustes no hardware e software durante os projeto piloto.
3. *Observação de comportamento*: Acompanhamento da iteração de uso por crianças durante 6 meses.

3.1. Abordagem de desenvolvimento

3.1.1. Brainstorming

Durante a fase de ideação da solução, foram discutidos e definidos os fatores e requisitos considerados relevantes para sua concepção, abrangendo desde a seleção de sensores a serem acoplados, o tipo de interação pretendida com o usuário, até aspectos técnicos e funcionais relacionados ao uso e à interação com a criança.

Nesse contexto, alguns parâmetros de monitoramento foram identificados como consensuais, tais como:

- Temperatura do ar, uma vez que a temperatura ambiente influencia diretamente processos fisiológicos das plantas, como transpiração e fotossíntese. O monitoramento contínuo desse parâmetro possibilita ao sistema identificar condições térmicas adequadas ou adversas, permitindo a emissão de alertas e orientações ao usuário.
- Luminosidade ambiental, dado que esse fator afeta diretamente o crescimento das plantas, influenciando a fotossíntese e o ciclo circadiano.
- Umidade do solo, parâmetro essencial para avaliar tanto situações de ressecamento quanto de encharcamento do substrato.
- Linguagem adotada na interface, que deve ser simples e bem-humorada, com o objetivo de favorecer o engajamento das crianças na interação com a planta.

3.1.2. Prototipação

O **hardware** do protótipo iVaso (Figura 3) inclui os dispositivos eletrônicos, assim como o recipiente do vaso, que foi preparado para acoplamento dos componentes:

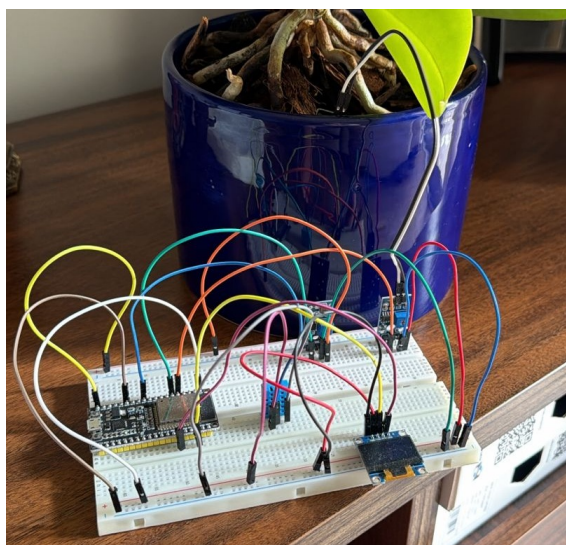


Figura 3. Protótipo com sensores e microcontrolador

- *Sensores:*

- Sensor de umidade do solo composto por sonda higrômetra acoplada a módulo comparador LM393, empregado para a medição do teor de umidade no substrato.
 - Sensor de temperatura e umidade relativa do ar do tipo DHT11, utilizado para aquisição das variáveis microclimáticas do ambiente.
 - Sensor de luminosidade baseado em resistor dependente de luz (LDR) associado ao módulo comparador LM393, destinado à avaliação da intensidade luminosa incidente sobre a planta.
- *Microcontrolador*: Módulo ESP32 (WROOM32 Wi-Fi), que atua como unidade central de processamento, responsável pela leitura dos dados dos sensores, pelo processamento local das informações e pela comunicação com a plataforma IoT por meio de conexão sem fio.
 - *Display*: Módulo de display OLED (controlador SSD1306), utilizado para a apresentação local das informações coletadas e processadas, tais como leituras dos sensores e estados operacionais do sistema.

3.1.3. Montagem e desenvolvimento

Além da montagem estrutural, fez necessário o desenvolvimento da **Interação funcional dos componentes de software** da plataforma iVaso. A Figura 4 apresenta o diagrama de sequência que demonstra que os dados capturados pelos sensores são enviados em tempo real para a plataforma IoT, responsável por armazenar, processar e compartilhar informações com outros dispositivos e interagir por meio de *prompts* com plataformas de IA, como API's ChatGPT, para obter frases lúdicas e bem humoradas, baseadas em dados históricos e informações da planta previamente cadastradas. O sistema foi projetado para tomar decisões automatizadas, como recomendar cuidados específicos com base nas espécies cadastradas.

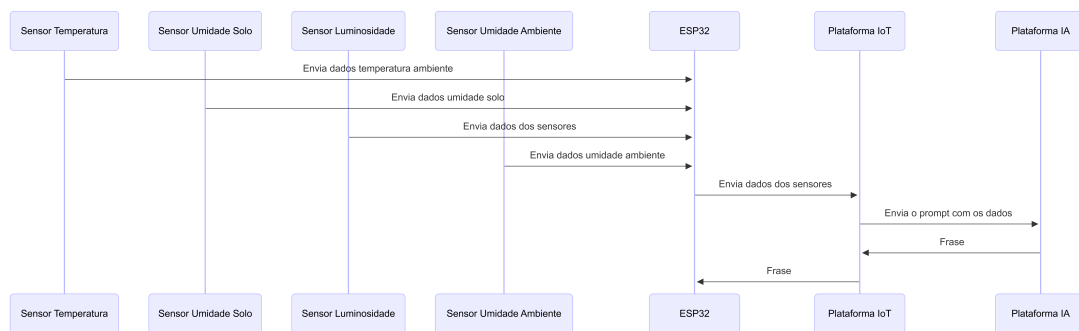


Figura 4. Diagrama de sequência da comunicação das plataformas e sensores

Os dados eram consolidados em intervalos de uma hora, compondo um prompt (“A temperatura do ar é <temp> °C, a umidade do ar é <umidadeAr> %, a umidade do solo é <umidadesolo> %, e a luminosidade é <luz> lux. Fale como uma planta se sentindo nessas condições, com uma frase curta e com humor.”), que era enviado por meio da API do ChatGPT para gerar a mensagem de interação com a criança.

3.1.4. Testes e validação

Os testes de calibração dos sensores e a validação do software do sistema iVaso foram conduzidos em ambiente controlado, com o objetivo de avaliar as leituras e a capacidade de resposta do sistema frente a variações ambientais extremas e graduais. Cabe salientar que não se pretendia avaliar a precisão dos sensores, e sim que se comportavam dentro da razoabilidade dos testes aos quais os sensores eram submetidos. Por exemplo, para a avaliação dos sensores de temperatura e umidade do ar, o dispositivo foi submetido a diferentes condições térmicas. Essas variações permitiram verificar a estabilidade das leituras e a coerência dos valores registrados.

A Tabela 2 mostra alguns pontos representativos da coleta, destacando como as condições ambientais se correlacionam com as respostas da planta.

Tabela 2. Amostra de dados de uma semana de teste do protótipo iVaso

Data (aa.mm.dd)	Temp. (°C)	Umidade do solo (%)	Luminosidade (lux)	Resposta da Planta
25.07.23	21,5	92	562,63	“Me sinto, praticamente, numa banheira de spa!”
25.07.24	21,2	73	697,41	“Meu solo está tão molhado que acho que estou considerando trocar por nadadeiras.”
25.07.27	21,6	17	1330,49	“Com uma sede que só uma chuva pode resolver!”
25.07.28	22,7	10	413,1	“Estou me sentindo menos hidratada que um cacto no deserto! Alguma chance de um gole d’água?”
25.07.31	20,4	0	0	“Ok, quem desligou o sol e esqueceu de regar a mim aqui?”

A avaliação do sensor de **umidade do solo** envolveu experimentos controlados de variação hídrica do substrato. O solo foi submetido a condições de encharcamento, umidade moderada e ressecamento progressivo, incluindo aquecimento controlado para acelerar a evaporação da água. Essas etapas possibilitaram exercitar todo o intervalo de leitura do sensor, permitindo ajustar parâmetros de interpretação e validar os limiares utilizados pelo software para a geração de mensagens educativas. Os testes também serviram para verificar a correta integração entre sensores, processamento de dados e respostas geradas pelo sistema (Figura 5), assegurando a robustez da plataforma em cenários reais de uso.



Figura 5. Exemplo de mensagem apresentada no display do iVaso

A análise da umidade do solo, medida em uma escala de 0 a 92, evidenciou uma redução progressiva dos valores ao longo do período de testes, partindo de níveis elevados (92, 87, 73) até valores críticos próximos de zero. Esse comportamento

refletiu adequadamente o processo de secagem do substrato. As mensagens geradas pelo sistema acompanharam essa variação, iniciando com expressões associadas a conforto hídrico, como “[...] me sinto, praticamente, em uma banheira de spa”, e evoluindo para alertas mais urgentes, como “[...] preciso de água urgentemente!” e “[...] menos hidratada que um cacto no deserto!”. Esses resultados validam a hipótese de que o sistema é capaz de monitorar a condição hídrica do solo e responder de forma coerente às necessidades da planta, sem a necessidade de intervenção externa.

Durante os testes laboratoriais, a **temperatura e a umidade relativa do ar** apresentaram variações moderadas, mantendo-se dentro de faixas consideradas estáveis para ambientes internos, exceto nas condições de testes extremos no refrigerador. Em contraste, a **luminosidade** exibiu variações significativas entre os períodos diurno e noturno. Essas oscilações foram corretamente identificadas pelo sistema, refletindo-se nas mensagens educativas emitidas, especialmente em contextos de baixa incidência luminosa. Tal comportamento reforça o papel do iVaso como ferramenta de conscientização, ao auxiliar o usuário a compreender a importância da luz para o desenvolvimento vegetal.

Durante uma semana, o iVaso foi deixado em condições reais, e em termos de análise de dados, o monitoramento do solo e do ambiente revelaram condições variáveis de umidade e luminosidade que foram prontamente detectadas pelo sistema. Em média, a planta indicou conforto com níveis de solo entre 92 a 40% e luminosidade entre aproximadamente 3295,0 a 413,1lux, conforme mensagens registradas pelo aplicativo, demonstrando engajamento positivo pelo vetor motivacional gamificado. Esses dados confirmam a adequação dos sensores e a importância da automação para manter o ambiente ideal e sem intervenções constantes.

3.2. Experimento Piloto

As sessões de avaliação ocorreram em ambiente doméstico, envolvendo duas crianças com idades de 5 e 9 anos. Antes do início das interações, foi fornecida uma explicação breve sobre o funcionamento geral da plataforma, sem a antecipação de expectativas ou comportamentos desejados, a fim de preservar a espontaneidade das respostas. Essa abordagem está alinhada à perspectiva sócio-construtivista, que sinaliza que a aprendizagem e o desenvolvimento são processos interativos e interdependentes, ocorrendo por meio da mediação e da experiência social [Vygotsky 1978].

Os experimentos iniciaram de 15/08/25 até o dia 16/02/26, onde a planta ficou posicionada em cima da mesa, próxima a janela (Figura 6). Além disso, os pais foram orientados a realizar observações sobre o comportamento e ações da criança interagindo com planta.

4. Resultados e discussão

A Tabela 3 apresenta uma amostra dos dados mais relevantes do experimento.

Por meio das observações dos pais, notou-se que as crianças interagiram com o display do iVaso na maioria das sessões, apontando para a tela, lendo ou solicitando a leitura das mensagens exibidas. O tempo médio de interação por sessão foi de aproximadamente 3 minutos, indicando engajamento contínuo com o dispositivo.



Figura 6. Experimento piloto do iVaso

Sempre que o iVaso emitiu mensagens de alerta relacionadas à baixa umidade do solo, ambas as crianças reagiram de forma consistente, trazendo água ou solicitando a intervenção de um adulto para a realização da rega. Esse comportamento evidencia a compreensão do conteúdo informacional das mensagens, bem como a capacidade de associá-las a ações corretivas adequadas.

Em situações de luminosidade insuficiente, observou-se que, embora não em todas as ocorrências, as crianças moveram o vaso para locais com maior incidência de luz, indicando uma consistência comportamental moderada diante desse tipo de estímulo. Em contraste, alertas relacionados à elevada temperatura ambiente ou ao excesso de luminosidade resultaram no reposicionamento do vaso para áreas mais sombreadas em poucos casos. Esse resultado sugere uma menor familiaridade das crianças com ajustes ambientais mais complexos ou menos intuitivos.

Adicionalmente, mensagens com bom humor e apelo emocional, como "Temperatura perfeita e luz top. . . mas com esse solo seco eu tô oficialmente em modo 'cadê a água?'" ou "Climinha agradável e luz ok. . . só esse solo seco que me deixou sonhando com chuva", frequentemente desencadearam respostas empáticas, incluindo verbalizações de preocupação e pedidos de auxílio aos adultos. Tais reações reforçam a eficácia do uso de linguagem personificada como estratégia de engajamento emocional e estímulo à interação.

Durante as interações, de modo geral, os comportamentos observados foram classificados em três categorias principais:

- *Curiosidade*: caracterizada pela leitura atenta das mensagens, observação prolongada do display e manipulação exploratória do vaso;
- *Busca de ajuda*: identificada por pedidos frequentes de apoio ou explicação a adultos, especialmente entre crianças não alfabetizadas;
- *Ação pró-ativa*: quando a criança realizou intervenções diretas no ambiente ou na planta, como regar ou reposicionar o vaso.

Os resultados indicaram que o iVaso foi percebido como uma ferramenta compreensível, acessível e engajadora no contexto infantil. A interação, aliada às ações corretivas observadas, sugere que a plataforma contribui para o desenvolvimento

Tabela 3. Amostra de registros e mensagens geradas pelo iVaso (Ago/25 – Fev/26)

Data	Hora	Temp. (°C)	Umid. Ar (%)	Umid. Solo (%)	Luz (lux)	Frase Gerada
25.08.15	21:00	21.4	59.2	70	200	“Climinha fresco, solo molhadinho e luz na medida... tô tão confortável que já tô pensando em crescer mais um pouquinho”
25.08.16	00:00	21.1	59.5	70	50	Climinha perfeito, solo ok... mas com 15 lux eu já tô achando que é hora de dormir e não de fotossintetizar
25.08.16	06:00	20.4	62.3	50	510	“Fresquinho, ar agradável e luz boa... só o solo meio seco que me deixou pedindo um gole d’água”
25.08.18	01:00	22.4	65.3	44	1000	“Climinha bom e luz perfeita... só o solo meio seco que me fez levantar a folha pedindo um reguinho”
25.08.21	06:00	21.6	69.4	50	200	Climinha agradável, ar úmido e solo ok... só essa luz tímida que me deixou meio preguiçosa pra fotossintetizar
25.08.23	16:00	27.0	37.3	80	900	Tá calor, o ar tá seco, mas o solo tá tão molhadinho e a luz tão boa que sigo firme, hidratada por dentro e fotossintetizando feliz
25.08.28	23:00	22.8	65.4	70	0	Temperatura boa, solo ok... mas com 0 lux eu tô oficialmente em modo noturno, fotossíntese de folga
25.09.01	20:00	24.4	63.8	40	200	Temperatura gostosa, ar ok... mas com solo meio seco e luz fraquinha eu tô crescendo no modo econômico
25.09.07	18:00	21.3	68.6	60	650	Climinha fresco, ar úmido e luz caprichada... tô tão bem que já abri até folha nova
25.09.17	23:00	23.2	59.5	70	300	Climinha equilibrado, solo feliz e luz suave... tô tranquila, crescendo sem pressa
25.09.18	23:00	23.3	61.8	80	100	“Climinha agradável, solo bem molhadinho... só essa luz fraquinha que me deixou esticando o pescoço atrás do sol”
25.10.06	09:00	24.9	55.0	30	1000	Temperatura boa e luz perfeita... só esse solo seco que me fez mandar um ‘oi?’ silencioso pro regador
25.10.09	17:00	20.8	67.3	10	1000	Temperatura perfeita e luz top... mas com esse solo seco eu tô oficialmente em modo ‘cadê a água?’
25.10.10	06:00	19.6	71.6	10	1000	Fresquinho, ar úmido e luz perfeita... só esse solo seco que tá me deixando com sede crônica
25.10.11	10:00	20.5	76.4	0	1000	Climinha ótimo e luz perfeita... mas com solo 0% eu já virei planta decorativa pedindo socorro
25.10.22	11:00	19.7	49.4	70	800	Fresquinho, ar mais sequinho, solo ok e luz caprichada... tô de cachecol invisível, mas fotossintetizando feliz
25.10.26	11:00	25.1	54.7	70	1000	“Climinha perfeito, solo bem hidratado e luz bombando... tô tão feliz que até minhas folhas tão sorrindo”
25.11.05	14:00	26.7	77.6	70	1000	Quentinha, ar úmido, solo feliz e luz no talo... tô vivendo meu melhor momento fotossintético
25.11.07	08:00	21.0	68.7	10	500	Climinha agradável e luz ok... só esse solo seco que me deixou sonhando com chuva
26.02.15	20:00	29.1	73.4	70	100	Quentinha e bem úmida, solo ok... só essa luz fraquinha que me deixou suando e procurando o sol
26.02.16	06:00	25.8	73.3	70	500	Quentinho, ar úmido, solo hidratado e luz boa... tô me sentindo numa estufa cinco estrelas

de empatia, senso de responsabilidade e consciência ambiental, além de favorecer processos de aprendizagem mediados pela interação humano–tecnologia–natureza.

5. Conclusão

O processo de concepção, implementação do experimento piloto e subsequente avaliação dos resultados evidenciou o potencial de soluções inteligentes baseadas em Internet das Coisas (IoT) para o engajamento infantil e para a elucidação de desafios inerentes ao desenvolvimento vegetal, ao longo do processo de interação criança–planta. Ao integrar sensores ambientais a mecanismos de interação de caráter lúdico, o sistema demonstrou capacidade de monitorar e reagir às principais variáveis ambientais que influenciam o crescimento da planta, possibilitando, adicionalmente, que as crianças intervenham de forma ativa em favor do bem-estar do vegetal.

Durante os ensaios, o iVaso apresentou desempenho satisfatório na visualização e demonstração das condições do solo, do ar e da luminosidade, além de proporcionar ao usuário uma experiência com maior ênfase educativa. O denominado “efeito Tamagotchi” agregou valor ao sistema ao promover o estabelecimento de um vínculo afetivo entre a criança e a planta, favorecendo a adoção de práticas de cuidado mais responsáveis, mediadas por um acompanhamento contínuo das condições ambientais e das respostas do sistema.

Após a consolidação dos resultados, o próximo estágio de investigação con-

siste em expandir os experimentos para um número maior de ambientes residenciais, com uma amostra ampliada de participantes, bem como em integrar o sistema a processos pedagógicos em escolas de ensino fundamental, a fim de obter retornos sistematizados e ajustar a solução a diferentes rotinas de uso. Espera-se que, o iVaso se consolide como uma ferramenta alinhada aos princípios de metodologias ativas de ensino, contribuindo para a aprendizagem e para a compreensão dos fundamentos biológicos e ambientais que regem o desenvolvimento de plantas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 24/01115-0. Os autores também agradecem ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo nº 307802/2025-6). Declaramos que, na preparação deste manuscrito, observamos integralmente o Código de Conduta para Autores em Publicações da SBC, tendo sido utilizadas ferramentas de inteligência artificial (ChatGPT, Napkin AI) exclusivamente para revisão textual, elaboração de figuras e formatação de tabelas, permanecendo, contudo, a responsabilidade plena e exclusiva pelo conteúdo está a cargo dos autores.

Referências

- [Bylieva et al. 2020] Bylieva, D., Almazova, N., Lobatyuk, V., and Rubtsova, A. (2020). Virtual pet: Trends of development. In Antipova, T. and Rocha, Á., editors, *Digital Science 2019*, pages 545–554, Cham. Springer International Publishing.
- [Leonardi et al. 2024] Leonardi, L., Paoletti, D., Sandri, M., Galletti, S., Badia, C., Fulco, M. T., Mignone, C., Daricello, L., Molinari, D., and Malaspina, M. (2024). Astro-tamagotchi, light up a virtual star. In *Proceedings of the Genoa Science Festival*. INAF Osservatorio Astronomico.
- [Luo et al. 2023] Luo, H., Lin, Y.-B., Liao, C.-C., and Huang, Y.-H. (2023). An iot-based microservice platform for virtual puppetry performance. *IEEE Access*, 11.
- [López-Martínez et al. 2020] López-Martínez, A., Álvaro Carrera, and Iglesias, C. A. (2020). Empowering museum experiences applying gamification techniques based on linked data and smart objects. *Applied Sciences*, 10(16).
- [Santos et al. 2023] Santos, A. S., Faccini, L. G., Goncales, I., Marte, C. L., and Cintra, J. P. (2023). A practical approach for high-resolution air quality mapping using iot mobile devices. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(8):8373–8390.
- [Santos et al. 2024] Santos, R. d., Rodrigues, E. L., Souza, G. S. d., Ribeiro, G. C., Silva, M. M. G. d., Brito, R. M. G., Correia, S. S. L., and Silva, W. J. R. (2024). A importância do brincar na educação infantil: Uma abordagem digital. *International Contemporary Management Review*, 5(3):e194.
- [Tabuenca et al. 2024] Tabuenca, B., Uche-Soria, M., Greller, W., Hernández-Leo, D., Balcells-Falgueras, P., Gloor, P., and Garbajosa, J. (2024). Greening smart learning environments with artificial intelligence of things. *Internet of Things*, 25.
- [Vygotsky 1978] Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

- [Winnicka et al. 2019] Winnicka, A., Kęsik, K., Połap, D., Woźniak, M., and Marszałek, Z. (2019). A multi-agent gamification system for managing smart homes. *Sensors*, 19(5).
- [Zonda and Martis 2015] Zonda, I. and Martis, J. (2015). Grüt: A gardening sensor kit for children. In *Proceedings of INTETAIN 2015*. ICST.