

Ensinando IoT como uma experiência de desenvolvimento de soluções: aprendizagem ativa, práticas maker e lições aprendidas

Leandro Aparecido Nunes da Cruz
Unidade de Ensino Tecnológico -
Computação aplicada, Instituto de
Pesquisas Tecnológicas do Estado de
SP (IPT)
São Paulo, Brazil
leandro.cruz@ensino.ipt.br

Icaro Goncalves
Unidade de Energia, Instituto de
Pesquisas Tecnológicas do Estado de
SP (IPT)
São Paulo, Brazil
icarogoncalves@ipt.br

Julio Cesar Pestana
Unidade de Energia, Instituto de
Pesquisas Tecnológicas do Estado de
SP (IPT)
São Paulo, Brazil
jpestana@ipt.br

Matheus Jacon Pereira
Unidade de Tecnologias Digitais,
Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de SP (IPT)
São Paulo, Brazil
mjacon@ipt.br

Alessandro Santiago dos Santos
Unidade de Ensino Tecnológico -
Computação aplicada, Instituto de
Pesquisas Tecnológicas do Estado de
SP (IPT)
São Paulo, Brazil
alesan@ipt.br

Resumo

Este artigo apresenta um relato de experiência acerca da reformulação de uma disciplina de Internet das Coisas (IoT), reorganizada como experiência integrada de desenvolvimento de soluções, baseada em metodologias ativas e práticas maker. A intervenção, aplicada em diferentes ofertas da disciplina, levou os estudantes a percorrerem o ciclo completo de desenvolvimento, da ideiação à validação de protótipos funcionais. A abordagem pedagógica combinou desenvolvimento iterativo, fundamentação conceitual contextualizada e produção de escrita científica como documentação sistemática da pesquisa experimental. O ambiente maker permitiu prototipagem, fabricação digital, experimentação com dispositivos IoT e integração de hardware e desenvolvimento de software. A análise temática codificada das entrevistas indica maior engajamento dos estudantes, melhor articulação entre teoria e prática e desenvolvimento de competências técnicas e transversais, como colaboração, comunicação e resolução de problemas. As lições aprendidas destacam a importância do alinhamento entre conteúdos teóricos e práticas de laboratório, do papel do docente como mediador e dos desafios de gestão do tempo, da complexidade dos projetos e da organização do trabalho em equipe. O estudo apresenta diretrizes para replicar a abordagem em diferentes contextos de educação em computação, contribuindo para aprimorar práticas formativas centradas em projetos e tecnologias emergentes.

Palavras-chave

Internet das Coisas, Metodologias Ativas, Ambiente Maker, Educação em Computação, Prototipagem, Aprendizagem Baseada em Projetos

1 Introdução

O engajamento discente permanece como um dos principais desafios contemporâneos da educação, especialmente em um contexto marcado pela presença intensa de tecnologias digitais no cotidiano

social. Embora tais tecnologias ampliem possibilidades de acesso à informação e interação, abordagens pedagógicas tradicionais, centradas na transmissão unidirecional de conteúdos, apresentam dificuldades para promover a participação ativa, curiosidade investigativa e desenvolvimento integral de competências cognitivas, socioemocionais e socioambientais [7].

Nesse contexto, as metodologias ativas configuram-se como uma alternativa pedagógica consistente para promover maior engajamento e protagonismo discente. Tais metodologias correspondem a estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos alunos na construção do processo de aprendizagem, de maneira flexível, articulada e híbrida [1]. Ao deslocarem o foco da mera transmissão de conteúdos para a construção compartilhada do conhecimento, essas abordagens favorecem a autonomia, o pensamento crítico e a aprendizagem significativa.

No ensino superior de Computação, a Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) constitui-se como conteúdo técnico central, que demanda a integração de saberes em hardware, software embarcado, conectividade, processamento de dados e segurança. A IoT tem se consolidado como tecnologia habilitadora ao integrar sensores, plataformas digitais e sistemas inteligentes capazes de coletar, processar e interpretar dados em tempo real [5, 6, 11]. A alta heterogeneidade e a natureza eminentemente prática de seus conceitos tornam o ensino de IoT especialmente desafiador em abordagens pedagógicas tradicionais, centradas na exposição teórica. Em contextos educacionais, metodologias ativas têm sido apontadas como estratégia eficaz para aproximar os estudantes da complexidade real desse domínio tecnológico, ampliando as possibilidades de interação, experimentação e personalização dos processos formativos [9].

Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a reformulação de uma disciplina de IoT pautada na aprendizagem ativa, pesquisa experimental e prototipação em ambiente maker, conduzindo os alunos por um ciclo completo de desenvolvimento tecnológico integrado à teoria e validado pela escrita científica. Ao descrever essa

implementação e analisar os resultados de quatro edições consecutivas, o estudo demonstra como essa abordagem iterativa e focada na resolução de problemas contribui para a formação técnica, científica e colaborativa dos estudantes em contextos de educação em computação.

2 Trabalhos Relacionados

A literatura sobre o ensino de computação apoiado em metodologias ativas tem destacado a importância de aproximar os estudantes de problemas reais e de práticas de experimentação tecnológica [1]. Estudos sobre ambientes maker em contextos educacionais identificam fatores associados ao desenvolvimento da criatividade e da aprendizagem prática — entre os quais autonomia, materialidade dos artefatos e experimentação iterativa — e apontam o papel desses ambientes como suporte para metodologias ativas em STEM [8]. No campo específico da Internet das Coisas, trabalhos recentes discutem o uso de ambientes inteligentes de aprendizagem suportados por dispositivos conectados, evidenciando que a integração entre sensores físicos e plataformas digitais amplia as possibilidades de personalização e acompanhamento dos processos formativos [9].

No contexto de plataformas que apoiam o desenvolvimento de soluções IoT em ensino e pesquisa, destaca-se a InterSCity [3], plataforma de código aberto baseada em microsserviços para integração de dados em cidades inteligentes, frequentemente empregada como apoio a projetos acadêmicos em IoT urbano. Aplicações específicas, como o monitoramento ambiental com dispositivos IoT móveis [6], ilustram desafios reais de calibração, qualidade dos dados e replicabilidade que aproximam o trabalho discente de problemas concretos de engenharia. No plano da formação científica, modelos estruturados de escrita acadêmica voltados a estudantes em formação inicial [10] têm sido apontados como recursos eficazes para sistematizar a produção textual em pesquisa experimental.

A presente proposta diferencia-se desses trabalhos ao integrar, em uma mesma disciplina, três dimensões formativas frequentemente tratadas de forma isolada: (i) o desenvolvimento tecnológico do produto IoT, conduzido em ambiente maker estruturado; (ii) a fundamentação conceitual incremental, articulada às demandas técnicas dos projetos; e (iii) a formação científica, materializada na produção de artigos baseados em pesquisa experimental. Iniciativas de reformulação de disciplinas técnicas em cursos de graduação em Computação têm evidenciado que a adoção de metodologias ativas isoladas — sem articulação explícita com a produção científica e com infraestrutura maker dedicada — limita o alcance formativo da experiência e dificulta a transferência de aprendizagem para contextos reais de engenharia [1, 8]. Ao articular essas três perspectivas em um mesmo percurso formativo, e ao tornar a proposta replicável por meio de diretrizes concretas, o relato apresentado contribui para a discussão sobre integração entre ensino, pesquisa e prática maker em cursos de Computação.

3 Métodos e Abordagens

A organização metodológica da disciplina foi estruturada a partir de três perspectivas paralelas e complementares de atuação, concebidas para integrar o desenvolvimento tecnológico do produto, a formação científica e a fundamentação conceitual (Figura 1). Essas perspectivas foram planejadas de maneira articulada, operando de

forma simultânea e interdependente ao longo do semestre. O objetivo foi assegurar que a construção do protótipo de IoT não se configurasse apenas como uma atividade técnica, mas como um processo formativo completo, envolvendo rigor experimental, reflexão metodológica e consolidação teórica.

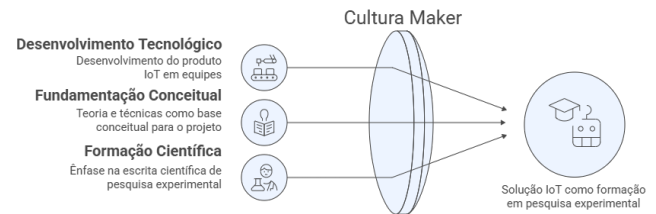


Figura 1: Abordagem geral de aplicação de metodologias ativas no ensino de IoT

3.1 Abordagem para o Desenvolvimento da Solução

Os alunos são organizados em equipes e conduzidos por um fluxo estruturado, conforme apresentado na Figura 2. Estas equipes percorrerem um fluxo composto por seis etapas principais: (i) definição do problema e levantamento de requisitos; (ii) prototipação conceitual e validação inicial da arquitetura da solução; (iii) montagem física, integração de sensores e atuadores e desenvolvimento do software embarcado; (iv) testes laboratoriais e calibração dos sensores; (v) controle, visualização e análise dos dados coletados; e (vi) implementação final em ambiente real ou simulado, acompanhada de observação de uso e registro das limitações identificadas.

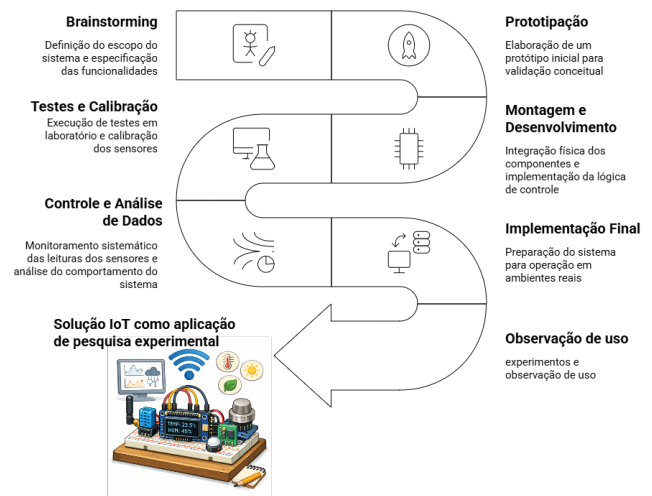


Figura 2: Abordagem da implementação

Esse percurso é orientado por ciclos iterativos de melhoria, permitindo ajustes progressivos a partir dos resultados experimentais e das limitações identificadas.

O ambiente maker oferece suporte à fabricação digital, modelagem física, confecção de placas de circuito impresso e montagem

eletrônica, favorecendo experimentação ágil e aprendizagem baseada na prática.

3.2 Ambiente Maker como Suporte às Metodologias Ativas de Desenvolvimento

O ambiente maker é concebido como um espaço integrado de experimentação tecnológica para a construção de protótipos funcionais de forma sinérgica com metodologias ativas [8], sendo que o laboratório utilizado neste caso é equipado com recursos de manufatura aditiva, manufatura subtrativa, digitalização tridimensional e desenvolvimento eletrônico, permitindo que os alunos e pesquisadores percorram todas as etapas do ciclo de desenvolvimento de um produto.

Ainda no âmbito de apoio às metodologias ativas, o espaço caracterizou-se como base tanto para o aprendizado da fundamentação teórica e técnica da disciplina, quanto como espaço para o desenvolvimento tecnológico do projeto dos alunos. Em ambas as abordagens, as atividades foram estruturadas para a exploração de conhecimento: (i) modelagem tridimensional e impressão; (ii) simulação e projeto de circuitos eletrônicos; (iii) prototipagem e montagem de circuitos eletrônicos.

- Na modelagem tridimensional empregam-se ferramentas de criação de modelos 3D (<https://www.tinkercad.com/3d-design>), associadas à definição de parâmetros técnicos e à adoção de boas práticas para manufatura aditiva. Nesse contexto, foram considerados aspectos como tolerâncias dimensionais, resistência mecânica, seleção de materiais e ajustes finos de impressão. Essa fase enfatiza não apenas o uso operacional das ferramentas de modelagem, mas também a compreensão dos limites técnicos dos processos de fabricação e de suas implicações no desempenho funcional dos protótipos.
- Na simulação e projeto eletrônico, são utilizadas ferramentas de simulação digital voltadas ao desenvolvimento com microcontroladores ESP32 (<https://wokwi.com/>), possibilitando a validação preliminar da lógica embarcada e da integração entre sensores e atuadores antes da implementação física. Tais ferramentas fornecem um ambiente seguro e controlado para que o estudante valide a lógica do firmware e a integração dos componentes previamente à montagem em bancada. O uso da simulação também contribuiu para reduzir a heterogeneidade inicial da turma, especialmente entre estudantes com menor familiaridade com eletrônica e sistemas embarcados. Ao permitir a validação prévia da lógica do firmware e da integração entre sensores e atuadores, a simulação reduziu erros de montagem, diminuiu a carga cognitiva inicial e criou condições para que os estudantes chegassem ao laboratório com hipóteses técnicas mais bem definidas.
- No projeto da PCB, utiliza-se o software Proteus 8.14 (<https://www.labcenter.com/>) como ferramenta base para o desenvolvimento de circuitos eletrônicos e para a elaboração do layout de placas de circuito impresso. A partir dessa plataforma, a modelagem esquemática funciona como um mecanismo de validação preliminar do projeto, reduzindo erros de

conexão e facilitando a etapa posterior de criação do layout da placa.

Na etapa de confecção e montagem da placa, a partir do modelo gerado no Proteus, são apresentados os procedimentos e boas práticas para operação da fresadora, soldagem e uso adequado de equipamentos de proteção individual.

Todas essas atividades se desdobraram em experimentação prática no espaço maker. Inicialmente, esse modelo ativo de aprendizagem foi estruturado para sustentar a perspectiva conceitual e metodológica da disciplina, enfatizando critérios técnicos, planejamento estruturado, organização do processo de desenvolvimento e uso adequado dos equipamentos e da infraestrutura disponível. Após essa fase preparatória, os grupos passaram a desenvolver seus projetos de forma contínua, com uso agendado do espaço e acompanhamento supervisionado por técnicos responsáveis pela tutoria do processo de desenvolvimento tecnológico.

A infraestrutura física do espaço maker desempenhou papel central na operacionalização da proposta (Figura 3), pois permitiu que os estudantes transitassem entre diferentes formas de materialização dos projetos. O ambiente disponibilizava recursos de fabricação digital, como impressão 3D e corte a laser, além de equipamentos voltados à prototipagem eletrônica, incluindo ferramentas para desenvolvimento de placas de circuito impresso, montagem, soldagem e testes. Essa combinação favoreceu a experimentação iterativa, aproximando os estudantes de um fluxo de desenvolvimento tecnológico semelhante ao encontrado em contextos reais de engenharia e inovação.

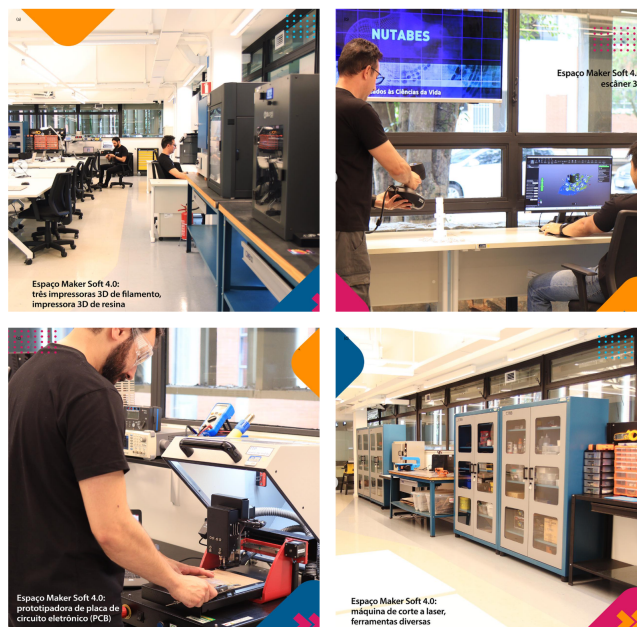


Figura 3: Espaço Maker Soft 4.0 para desenvolvimento dos projetos: (a) impressoras 3D; (b) escâner 3D para engenharia reversa e modelagem digital; (c) prototipadora (PCB); (d) máquina de corte a laser e área de apoio com ferramentas diversas.

3.3 Fundamentação da Teoria da Disciplina

Os conceitos foram organizados de forma estratégica e incremental e em blocos (Figura 4), sendo apresentados em momentos-chave para sustentar decisões técnicas e metodológicas ao longo do processo investigativo. O professor atua como mediador e orientador da pesquisa, assegurando rigor metodológico e adequada documentação científica das soluções desenvolvidas. Os conteúdos conceituais não são ofertados de maneira linear ou dissociada das atividades experimentais, mas inseridos estrategicamente no ciclo de desenvolvimento dos projetos.

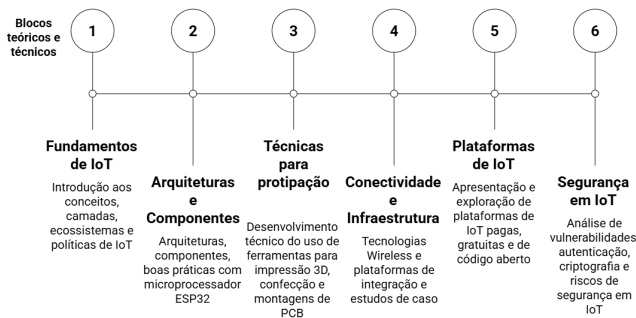


Figura 4: Blocos Teóricos de ensino

Os blocos conceituais de fundamentos, arquiteturas, componentes, conectividade, plataformas e segurança são introduzidos de forma articulada à progressão dos conteúdos. Destaca-se, nesse contexto, a integração com o espaço maker, que se concretiza especialmente no bloco de técnicas para prototipação.

No bloco de **conectividade e infraestrutura**, são examinadas tecnologias como Wi-Fi e LoRaWAN sob a perspectiva de suas características técnicas, limitações de alcance, latência e consumo energético. As discussões teóricas são articuladas a estudos de caso, como aplicações em monitoramento ambiental, de modo a relacionar parâmetros de rede e requisitos de transmissão de dados às demandas específicas de cada projeto. Conceitos relativos à identificação por radiofrequência (RFID) e padrões de interoperabilidade complementam essa etapa, ampliando a compreensão sobre arquiteturas distribuídas em IoT.

O bloco de **plataformas de IoT** contempla a apresentação de arcabouços para a integração dos dados gerados pelos sensores dos dispositivos, bem como a exploração de *dashboards* responsáveis pela representação gráfica e analítica das informações coletadas. São apresentados os conceitos fundamentais de uma plataforma de IoT e exemplos de plataformas pagas, gratuitas e de código aberto. Em particular, a plataforma de código aberto InterSCity [3] e a plataforma gratuita ThingsBoard¹ são apresentadas, discutidas criticamente e exploradas por meio de atividades teórico-práticas, possibilitando que os estudantes vivenciem na prática a integração entre dispositivos físicos e infraestrutura de processamento e visualização de dados.

Por fim, o bloco de **segurança em IoT** aborda vulnerabilidades, autenticação, criptografia, proteção de dados, atualização remota

de *firmware* e riscos associados à conectividade distribuída. A abordagem integra segurança, comunicação e concepção de sistemas, reforçando a necessidade de considerar requisitos de proteção desde as fases iniciais de projeto.

O bloco de técnicas de prototipação é concebido como um processo didático estruturante, desenvolvido de forma colaborativa com os estudantes, por meio de um projeto experimental simples baseado na utilização de um sensor de luminosidade do tipo LDR (*Light Dependent Resistor*). Esse sensor tem como finalidade detectar variações na intensidade luminosa do ambiente e, a partir dessas leituras, acionar dois indicadores visuais (um LED verde e um LED vermelho), que representam diferentes faixas de luminosidade. O controle do sistema é realizado por um microcontrolador ESP32 Heltec LoRa V2, responsável pela leitura do sinal analógico proveniente do sensor, pelo processamento das informações e pelo acionamento dos atuadores. Adicionalmente, os componentes são montados em *protoboards* para experimentação do código em um ambiente físico, permitindo a validação do comportamento real dos componentes. Em seguida, todo o processo evolui até a etapa de construção do protótipo final em placas, com os componentes devidamente soldados.

A Figura 5 apresenta uma síntese dos artefatos resultantes das diferentes etapas didáticas do processo de desenvolvimento abordado na disciplina, as quais fazem uso dos equipamentos e softwares disponíveis no espaço maker.

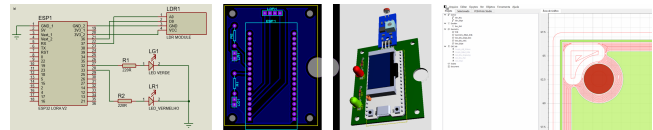


Figura 5: Processo didático de desenvolvimento de PCB: (a) esquemático eletrônico do circuito; (b) layout da placa; (c) visualização 3D dos componentes montados na PCB; (d) geração do código para confecção de placa PCB na CNC.

Embora essas atividades culminem em experimentação prática no espaço maker, elas são inicialmente apresentadas sob uma perspectiva conceitual e metodológica, com ênfase no planejamento técnico, na organização do processo de desenvolvimento e na adoção de boas práticas de engenharia.

3.4 Elaboração de Artigo como Capacitação na Produção Científica

Esta perspectiva esteve orientada ao desenvolvimento e registro sistemático da pesquisa experimental em formato de artigo científico [10]. Paralelamente à construção do protótipo, os alunos estruturaram o problema de pesquisa, definiram objetivos e procedimentos metodológicos, registraram experimentos, coletaram e analisaram dados, além de documentarem resultados e limitações (Figura 6). Essa abordagem buscou garantir rigor metodológico e promover a compreensão das etapas formais da pesquisa aplicada.

Por fim, o artigo é avaliado, segundo os critérios de um artigo de congresso da SBC, pelo professor da disciplina ou por um avaliador convidado. Para isso, emprega-se um modelo básico de avaliação, cujo resultado é posteriormente disponibilizado ao grupo como

¹<https://thingsboard.io/>



Figura 6: Registro da pesquisa experimental. Adaptado de: [10]

retorno formal sobre o desempenho do trabalho. Nessa avaliação, analisam-se, entre outros aspectos, a estrutura da introdução (caracterização do problema, definição de objetivos, formulação de hipóteses e justificativa da relevância do estudo), a seção de trabalhos relacionados (na qual se busca a adequada contextualização na literatura existente), a seção de materiais e métodos (verificando-se a existência de mecanismos claros de replicação do estudo), a apresentação dos resultados (com ênfase na clareza e na precisão dos achados), bem como a qualidade da discussão, a solidez da conclusão, a legibilidade do texto e a organização global do artigo. A Tabela 1 apresenta um exemplo do retorno formal entregue a um dos grupos como ilustração do processo avaliativo.

A pontuação máxima possível é 24 pontos, obtida com nota 4 em cada um dos seis critérios. A nota final na disciplina é obtida pela razão entre a pontuação alcançada e a pontuação máxima, multiplicada por 10 (escala decimal brasileira).

4 Aplicação do Modelo e Estudo de Caso

A investigação foi conduzida como um estudo de caso de natureza qualitativa, voltado à análise da reformulação de uma disciplina de Internet das Coisas em um curso de Mestrado Profissional em Computação Aplicada. A disciplina foi acompanhada ao longo de quatro edições consecutivas (2022–2025), todas conduzidas sob a abordagem reformulada descrita neste relato, com média de oito estudantes por edição, nas quais os estudantes desenvolveram soluções tecnológicas orientadas por problemas reais, combinando práticas maker, fundamentação teórica incremental e produção científica.

4.1 Estruturação das Entrevistas e Modelo de Avaliação Qualitativo

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas com seis estudantes que participaram de diferentes edições da

Tabela 1: Modelo de avaliação aplicado aos artigos da disciplina (exemplo de retorno formal a um grupo)

Critério	Nota (0–4)	Observações da avaliação
Introdução: caracterização do problema, objetivos, hipóteses e relevância técnica e científica.	4	O artigo apresenta a caracterização do problema e a relevância da solução. Poderia explorar de forma mais aprofundada as hipóteses que poderiam ser investigadas no estudo.
Trabalhos Relacionados: qualidade das referências em face da literatura sobre o tema.	4	O artigo aplica strings de busca coerentes em bases científicas e realiza análise consistente dos trabalhos relacionados, investigando as principais tecnologias e abordagens associadas ao tema.
Materiais e Métodos: introdução do sistema do estudo e mecanismos completos para replicação.	4	O artigo apresenta elementos suficientes para garantir a replicabilidade dos experimentos de forma satisfatória.
Resultados: clareza, alinhamento aos objetivos e apoio estatístico.	3	Apresentou gráficos do período de experimentação; poderia ter incorporado tabelas e análises estatísticas mais detalhadas para evidenciar pontos críticos do sensoramento. A utilização exclusiva de figuras reduziu parcialmente a legibilidade.
Discussão e Conclusão: interpretação dos resultados, correlação com a literatura e preenchimento de lacunas.	4	O artigo apresenta discussão dos resultados com base nos dados obtidos, estabelecendo correlação adequada com a bibliografia fundamental.
Legibilidade, Organização e Apresentação: estrutura, fluidez e adequação ao modelo da conferência.	4	Bem organizado, com fluidez estrutural e cobertura equilibrada de todas as seções, em conformidade com o modelo proposto.
Avaliação Final		23/24 (equivalente à nota 10)

disciplina. O recrutamento foi distribuído de forma a obter um número de participantes equilibrado entre as edições, conseguindo um participante da edição de 2023, dois participantes da edição 3 (2024) e três participantes da edição 4 (2025). Os participantes foram selecionados por disponibilidade e por terem cursado a disciplina durante a aplicação da abordagem reformulada; todos eram estudantes de Mestrado Profissional em Computação Aplicada, não sendo exigida experiência prévia em eletrônica ou sistemas embarcados como requisito de ingresso na disciplina. As entrevistas foram realizadas após a conclusão da respectiva oferta da disciplina. As perguntas buscaram compreender a percepção dos estudantes sobre a integração entre teoria e prática, o processo de desenvolvimento dos protótipos, a escrita científica, as competências desenvolvidas e os

principais desafios da metodologia. Para isso, foram desenvolvidos perguntas orientativas para estabelecer o diálogo com os entrevistados, sendo que as perguntas orientativas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Perguntas aplicadas aos entrevistados

Nº	Pergunta
1	De que forma as atividades práticas e o desenvolvimento do projeto ajudaram (ou não) na compreensão dos conceitos teóricos da disciplina?
2	Como foi para você participar do processo de criação e desenvolvimento de um produto ou protótipo de IoT durante a disciplina?
3	Como foi a experiência de produzir um texto ou relatório científico relacionado ao projeto desenvolvido na disciplina?
4	Quais conhecimentos ou habilidades você acredita ter desenvolvido ao longo dessa experiência de aprendizagem?
5	Quais foram os principais desafios ou aspectos mais difíceis para você ao participar da disciplina com essa abordagem metodológica? Houve algo na dinâmica das atividades que tenha causado dificuldade e tenha algo que possa melhorar no método?

A análise das entrevistas foi conduzida por meio do modelo de Análise Temática Codificada, fundamentado em Braun e Clarke [2], o qual compreende seis etapas principais: (i) familiarização com os dados, (ii) geração de códigos iniciais, (iii) busca por temas, (iv) revisão dos temas identificados, (v) definição e nomeação dos temas finais e, por fim, (vi) elaboração do relatório analítico. Esse modelo tem como finalidade identificar padrões recorrentes nas percepções dos estudantes acerca da abordagem pedagógica adotada.

4.2 Resultados das Entrevistas

As entrevistas foram conduzidas com os 6 participantes individualmente, gerando as transcrições dos diálogos como base para a análise temática codificada.

Dessa forma, as transcrições foram lidas integralmente com o objetivo de promover a familiarização aprofundada com o corpus empírico e possibilitar o registro sistemático de observações preliminares. Na sequência, procedeu-se à geração de códigos iniciais, por meio da identificação de trechos que pudessem orientar o delineamento de categorias analíticas e a posterior formulação de temas. Em termos gerais, esse procedimento encontra-se exemplificado na Tabela 3, na qual os códigos foram agrupados em temas potenciais, considerando-se critérios de recorrência, convergência entre os relatos e pertinência em relação aos objetivos do estudo.

Posteriormente, realizou-se a etapa de busca por temas, na qual os códigos iniciais foram agrupados em temas potenciais a partir de critérios como recorrência das percepções nas entrevistas, convergência entre os relatos dos estudantes e pertinência dos dados em relação aos objetivos da pesquisa. Esse processo permitiu identificar padrões interpretativos relacionados à experiência de aprendizagem dos participantes no contexto da disciplina.

Tabela 3: Exemplos de codificação das entrevistas

Trecho da entrevista	Código inicial
“colocar a mão na massa”	Aprendizagem prática; concretização dos conceitos
“montar um Lego do zero”	Autoria; construção progressiva da solução
“aprendizagem just in time”	Busca de conhecimento sob demanda; autonomia investigativa
“transformar a prática em texto”	Sistematização da experiência; comunicação científica
“dificuldades na captura e qualidade dos dados”	Limitações técnicas; necessidade de validação experimental

Na etapa de revisão dos temas, os agrupamentos temáticos foram confrontados com os trechos codificados e com o conjunto completo das entrevistas, buscando verificar a coerência interna de cada categoria, eliminar redundâncias e assegurar distinções claras entre os diferentes temas identificados. Para aumentar a confiabilidade da análise, os códigos e temas foram revisados de forma cruzada por dois pesquisadores, com discussão das divergências até a consolidação consensual das categorias finais. Esse procedimento buscou ampliar a transparência analítica e reduzir a subjetividade inerente à interpretação dos dados qualitativos.

Por fim, na etapa de definição e nomeação dos temas, as categorias analíticas foram refinadas e organizadas de modo a representar os principais aspectos emergentes da experiência formativa investigada. Esse processo resultou em cinco categorias: **(i) integração teoria-prática**, **(ii) autoria discente**, **(iii) escrita científica**, **(iv) competências desenvolvidas** e **(v) pontos críticos da metodologia**.

A partir deste processo de busca e definição das temáticas, os relatos dos estudantes foram organizados nos cinco eixos temáticos:

- No primeiro, relacionado à integração entre teoria e prática, os estudantes relataram que a compreensão dos conceitos de IoT ocorreu de forma mais significativa quando puderam observar seu funcionamento em situações concretas de prototipação. Os depoimentos indicam que sensores, dispositivos físicos, software, banco de dados e visualização de dados deixaram de ser elementos abstratos quando articulados em uma solução funcional. Um dos entrevistados sintetizou essa percepção ao afirmar que parte substancial da compreensão ocorreu ao “colocar a mão na massa”, evidenciando o papel da experimentação como mediadora da aprendizagem conceitual.
- No segundo, os depoimentos caracterizaram o desenvolvimento do produto de IoT como uma experiência simultaneamente desafiadora e motivadora, marcada por autoria, trabalho em equipe, resolução de problemas e aprendizagem iterativa, orientada pela construção de um produto real. Em um dos relatos, essa percepção é evidenciada quando o estudante afirma que “...as provocações do professor ajudaram a tornar o produto mais robusto”. Outro entrevistado

descreveu a vivência como “*montar um Lego do zero*”, ressaltando o caráter prazeroso, embora trabalhoso, de construir uma solução própria do início ao fim. A análise dos relatos também permitiu identificar a organização do trabalho em equipe como elemento estruturante: um dos grupos relatou ter “*definido papéis, como em reuniões de startup*”, para conduzir as decisões e mediar perspectivas diferentes entre os integrantes.

- No terceiro, a produção do texto científico foi, em sua maioria, descrita como uma etapa exigente e trabalhosa, porém também formativa, por favorecer o rigor metodológico, a documentação sistemática do processo e a aproximação com a prática de pesquisa acadêmica. Um dos entrevistados sintetiza isso ao afirmar que “*...o que aprendi foi aplicado depois em outro artigo e na própria dissertação*”. A dimensão afetiva também apareceu nos relatos: um participante destacou que “*conhecer o Overleaf, transformar a prática em texto e ver um artigo com o próprio nome gerou orgulho e interesse pela pesquisa*”, sinalizando o papel da escrita científica como elemento de construção de identidade acadêmica.
- No quarto eixo, os alunos relataram ganhos em competências técnicas de IoT, como integração entre hardware e software, uso de sensores, prototipação e análise de dados, bem como em competências transversais, tais como criatividade, análise crítica, colaboração e comunicação científica. Um depoimento ilustra esse movimento ao apontar que “*A experiência me fez aprender a lidar com o dispositivo físico, fazer a captura técnica, integrar os dados ao software e à base de dados em tempo real, além de perceber o potencial dessas soluções para diferentes áreas*”. Outro estudante caracterizou esse processo como uma “*aprendizagem just in time*”, em que a necessidade técnica imediata aciona a busca por documentação, exemplos e testes, transformando os erros do protótipo em gatilhos para novas perguntas e novas aprendizagens.
- Por fim, os desafios mais recorrentes envolveram o tempo reduzido para a execução das atividades, dificuldades de acesso e de logística de uso do laboratório, bem como limitações na coleta e na qualidade dos dados. Um dos estudantes relatou que “*...as maiores dificuldades estiveram na captura e na qualidade dos dados, o que levou ao descarte de muitas informações*”. Ademais, os depoimentos indicaram a necessidade de maior apoio inicial para a escrita científica e de momentos intermediários de validação dos projetos.

A Tabela 4 sintetiza o resultado desta consolidação.

4.3 Discussão

Os depoimentos indicam, de forma consistente, que a dimensão prática constituiu o principal elemento de mediação entre os conteúdos conceituais e sua efetiva compreensão. Em praticamente todas as entrevistas, os estudantes relataram que os conceitos teóricos passaram a adquirir significado quando puderam ser observados na montagem do protótipo, na integração entre sensores e plataformas, na calibração dos dispositivos e na visualização dos dados gerados. Essa percepção reforça a premissa de que a aprendizagem baseada em experimentação favorece a internalização dos conteúdos, ao reduzir a distância entre teoria e prática.

Tabela 4: Eixos Temáticos construídos a partir da codificação das entrevistas

Eixo	Evidências recorrentes nas entrevistas	Interpretação para a metodologia
Integração entre teoria e prática	Os estudantes relataram que a compreensão dos conceitos ocorreu de forma mais efetiva quando puderam observar sensores, dispositivos físicos, software, banco de dados e visualização de dados funcionando de maneira integrada.	A prática atuou como mediadora da aprendizagem conceitual, reduzindo a distância entre conteúdos abstratos e aplicação tecnológica.
Autoria e desenvolvimento de produto	Os relatos indicaram que criar um protótipo do zero foi desafiador, mas motivador, por exigir tomada de decisão, resolução de problemas e trabalho colaborativo.	A abordagem favoreceu protagonismo discente e aprendizagem baseada em problemas reais.
Escrita científica como formação	A produção do artigo foi percebida como trabalhosa, mas formativa, por exigir organização metodológica, documentação e análise dos resultados.	A escrita científica ampliou a compreensão dos estudantes sobre pesquisa experimental e comunicação acadêmica.
Competências técnicas e transversais	Foram mencionadas habilidades relacionadas a sensores, Arduino/ESP32, integração hardware-software, análise de dados, colaboração, criatividade e comunicação.	A disciplina contribuiu simultaneamente para competências técnicas em IoT e habilidades profissionais demandadas em contextos multidisciplinares.
Pontos críticos da metodologia	As dificuldades mais recorrentes envolveram tempo reduzido, acesso ao laboratório, coleta de dados, qualidade dos dados e necessidade de maior orientação inicial para escrita.	A metodologia pode ser aprimorada com checkpoints intermediários, maior suporte à escrita científica e ampliação do tempo de experimentação.

Entre as principais dificuldades identificadas, destaca-se a compreensão de que o amadurecimento do produto extrapola o tempo disponível no âmbito da disciplina. Tal aspecto já se encontrava previsto no modelo adotado, no qual o docente enfatizou que o desenvolvimento de um produto vai muito além da elaboração de uma prova de conceito ou da realização de experimentos laboratoriais. Esse ponto foi ilustrado pelo conceito industrial de TRL (*Technology Readiness Level*), amplamente utilizado no setor produtivo como referencial para a classificação do estágio de desenvolvimento de um produto ou solução tecnológica.

Um dos principais benefícios identificados foi a consolidação da aprendizagem por meio de processos de experimentação sistematicamente estruturados. Ao desenvolverem protótipos funcionais, os alunos foram expostos a variáveis técnicas concretas, tais como procedimentos de calibração de sensores, restrições relacionadas ao consumo energético, instabilidades de rede e ajustes de *firmware*. A integração entre a exposição conceitual e a prática técnica favoreceu

a internalização do conhecimento, contribuindo para a mitigação da lacuna tradicionalmente observada entre teoria e prática.

Além das competências técnicas, o método adotado favoreceu o desenvolvimento de *soft skills* fundamentais para a formação em engenharia de software e em tecnologias digitais. A colaboração, a divisão estruturada de responsabilidades, a sistematização da documentação e a necessidade de cumprimento de prazos constituíram elementos que fomentaram competências de comunicação, liderança e gestão do tempo. Essa experiência contribuiu para a consolidação de um perfil profissional mais alinhado às exigências de contextos complexos, dinâmicos e multidisciplinares.

A contribuição da abordagem não se restringe ao desenvolvimento de protótipos funcionais, mas à criação de um ambiente de aprendizagem em que teoria, prática e investigação científica se reforçam mutuamente. A prática maker funcionou como elemento de concretização dos conceitos de IoT, permitindo que os estudantes compreendessem limitações técnicas relacionadas à integração de sensores, conectividade, calibração, estabilidade dos dados e implementação em ambiente real. Esse movimento aproxima-se do que um dos entrevistados descreveu como “*aprendizagem just in time*”, em que a demanda concreta do projeto antecipa e orienta a busca por conteúdos teóricos, dialogando diretamente com os princípios de aprendizagem ativa [1] e com o papel formativo dos espaços maker em STEM [8].

Outro aspecto relevante foi a percepção de autoria sobre os projetos. Ao desenvolverem soluções próprias, os estudantes passaram a enfrentar problemas abertos, nos quais não havia apenas uma resposta correta previamente definida. Essa característica aproximou a disciplina de contextos reais de desenvolvimento tecnológico, exigindo tomada de decisão, negociação em equipe, adaptação a restrições e revisão contínua das soluções.

A escrita científica, embora apontada como uma das etapas mais difíceis, mostrou-se um componente formativo relevante. Os relatos indicam que transformar a experiência prática em texto científico exigiu organização do problema, explicitação do método, registro dos experimentos, análise dos dados e reflexão sobre limitações. Desse modo, a produção do artigo atuou como mecanismo de sistematização da aprendizagem e de aproximação dos estudantes com práticas de pesquisa aplicada.

4.4 Limitações do Estudo

Como limitação, destaca-se o número reduzido de participantes entrevistados que cobriram aproximadamente 25% da amostra total, o que impede generalizações amplas sobre a efetividade da abordagem. Além disso, os participantes pertencem a edições específicas da disciplina e podem apresentar percepções influenciadas pelo perfil dos projetos, pela composição das equipes e pelas condições de acesso ao laboratório.

Outra limitação refere-se ao fato de a análise estar baseada predominantemente em percepções qualitativas dos estudantes, sem comparação sistemática com indicadores quantitativos de desempenho. Também deve ser considerada a possibilidade de viés de desejabilidade social, uma vez que os participantes podem ter enfatizado aspectos positivos da disciplina em função da relação com o contexto formativo e com os docentes envolvidos.

Adicionalmente, por se tratar de um estudo de caso qualitativo com amostra reduzida, não se buscou atingir saturação teórica plena, mas sim compreender percepções recorrentes e lições aprendidas a partir da experiência analisada. A subjetividade inerente ao processo interpretativo foi mitigada por meio de codificação sistemática, revisão cruzada dos códigos e discussão entre pesquisadores para consolidação das categorias finais.

Ainda assim, os resultados oferecem evidências relevantes sobre o potencial da integração entre metodologias ativas, ambiente maker, desenvolvimento de soluções IoT e escrita científica como estratégia formativa em cursos de Computação.

4.5 Lições Aprendidas

A experiência permitiu identificar algumas lições relevantes para a replicação da abordagem. Primeiro, a integração entre teoria e prática deve ocorrer de forma progressiva, evitando que os conteúdos conceituais sejam apresentados de maneira desvinculada das decisões técnicas dos projetos. Segundo, a simulação deve anteceder a prototipação física, pois reduz erros iniciais e favorece maior autonomia dos estudantes no laboratório. Terceiro, a escrita científica precisa ser acompanhada desde o início da disciplina, com entregas intermediárias e feedbacks parciais. Quarto, projetos abertos exigem pontos de controle metodológico, de modo a equilibrar liberdade criativa, viabilidade técnica e tempo disponível. O processo de escrita se dá principalmente no período da disciplina; no entanto, os melhores artigos da disciplina ainda precisam de refinamento para submissão a um evento científico, o que ocorre após a disciplina, normalmente liderado pelo professor que procura os alunos envolvidos para a cooperação, mas nem sempre o engajamento neste ponto é efetivo.

Quanto ao formato das atividades, os projetos foram desenvolvidos em equipes de dois a quatro estudantes, com divisão interna de responsabilidades negociada pelos próprios grupos. Essa organização mostrou-se mais eficaz do que atividades individuais para lidar com a complexidade multidisciplinar dos protótipos IoT, que demanda competências simultâneas em hardware, software e documentação.

No que se refere à evolução entre edições, observou-se que as primeiras ofertas (2022) concentraram maior esforço docente na estruturação do roteiro de desenvolvimento e na orientação para a escrita científica, ao passo que as edições subsequentes se beneficiaram de materiais de apoio já consolidados, de um acervo de projetos anteriores como referência e de uma infraestrutura maker mais bem calibrada para as demandas da disciplina. Esse amadurecimento progressivo refletiu-se na qualidade técnica e metodológica dos artigos produzidos, como evidenciado pela Tabela 5.

A cada nova oferta da disciplina, observou-se um incremento na efetividade da abordagem, refletido na qualidade dos produtos gerados ao longo das quatro edições, sintetizados na Tabela 5. Adicionalmente, os trabalhos de melhor desempenho foram selecionados e sistematicamente aprimorados com vistas à submissão a eventos científicos. Nesse contexto, dois dos artigos de maior destaque produzidos na disciplina foram submetidos a eventos da SBC de reconhecida relevância, sendo que um deles já foi aceito e apresentado no Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos [4], evidenciando

tanto o grau de maturidade metodológica alcançado pelos alunos quanto a qualidade científica dos experimentos realizados.

Tabela 5: Artigos e Soluções Desenvolvidas nas Edições da Disciplina

Edição	Nome do artigo/solução gerada	Resumo do artigo
2022	Desafios, oportunidades e cenários do monitoramento do nível dos rios com IoT	Proposta de solução IoT de baixo custo para monitoramento preventivo do nível de rios e córregos urbanos.
2022	Monitoramento de queda de pessoas idosas com IoT	Desenvolvimento de dispositivo IoT vestível com ESP32 e acelerômetro para detecção de quedas em ambiente doméstico.
2023	Solução IoT: SmartPlant - Urban Smart Farming	Sistema IoT para monitoramento contínuo e automação de cultivos urbanos. Controle remoto de variáveis como temperatura, umidade e solo, promovendo maior eficiência, sustentabilidade e otimização de recursos no cultivo.
2023	Solução de monitoramento de poluição de água aplicada ao rio Pinheiros na cidade de São Paulo	Sistema IoT para medição de turbidez, pH, temperatura e sólidos dissolvidos, auxiliando na análise contínua da qualidade da água.
2024	Desenvolvimento de Lixeira Inteligente: <i>Gastron</i> - IoT para Monitorar Descarte de Recicláveis com Potencial Resíduo Orgânico e/ou Químico	Desenvolvimento de dispositivo IoT com sensor VOC para identificar descarte inadequado de recicláveis com resíduos orgânicos ou químicos
2024	Monitoramento de água suja: um experimento IoT para observação da turbidez da água na rede de abastecimento e no consumo residencial	Experimento IoT para monitoramento da turbidez da água em pontos estratégicos de residências.
2025	SmartLago: Sistema IoT de Baixo Custo para Monitoramento Ambiental de Lagos	Sistema IoT para monitoramento contínuo de temperatura, turbidez, sólidos dissolvidos e nível da água de lagos
2025	iVaso: um tamagushi vegetal como seu amigo de casa	Vaso inteligente com sensores e aplicativo para monitoramento das condições da planta. O sistema envia alertas ao usuário, promovendo cuidado automatizado e suporte ao desenvolvimento saudável das plantas.
2025	Monitoramento Remoto de Ensaio de Tubulações para Água Quente com IoT	Sistema IoT para monitoramento de temperatura e pressão em ensaios de tubulações para água quente.
2025	Plataforma FloraBit: Seu canteiro de horta de bolso	Solução IoT para monitoramento de hortas urbanas com sensores de umidade, temperatura, luminosidade e pH.

Por fim, a integração de ferramentas de IA generativa ao processo formativo apresenta-se como direção futura, indicada pelos próprios estudantes como possível ampliação da disciplina, especialmente para apoiar a curva de aprendizagem inicial em prototipação e escrita científica, observando-se sempre as políticas vigentes de ética acadêmica e de uso responsável dessas tecnologias.

5 Conclusão

A aplicação de uma metodologia estruturada, articulando fundamentação teórica, desenvolvimento experimental e uso intensivo de ambiente maker, demonstrou resultados consistentes tanto em termos de engajamento discente quanto na qualidade técnica das soluções desenvolvidas. O processo de concepção, implementação do experimento piloto e subsequente avaliação evidenciou o potencial de soluções baseadas em Internet das Coisas (IoT) como instrumentos pedagógicos ativos, capazes de aproximar os alunos de desafios reais de engenharia e inovação tecnológica. Ao longo de todas as etapas — da ideação ao desenvolvimento do projeto piloto — os alunos vivenciaram aspectos fundamentais de integração de sensores, processamento embarcado, conectividade e visualização de dados, promovendo uma compreensão sistêmica do funcionamento de uma solução IoT completa.

A disciplina não apenas favoreceu a aprendizagem prática, como também contribuiu para a formação voltada à produção científica qualificada e alinhada às discussões contemporâneas da área, o que foi evidenciado pela submissão e aprovação de artigos em eventos relevantes do campo de IoT e áreas correlatas.

Do ponto de vista da Engenharia de Software, a abordagem favoreceu competências diretamente associadas à prática profissional da área: desenvolvimento de software embarcado com ciclos iterativos de teste e refinamento; integração de sistemas distribuídos com diferentes protocolos e plataformas; documentação técnica e científica sistematizada; e trabalho colaborativo com divisão estruturada de papéis — dinâmica análoga à encontrada em equipes ágeis de desenvolvimento. A necessidade de gerenciar prazos, lidar com requisitos abertos e negociar decisões técnicas em grupo reforçou habilidades de gestão de projeto e comunicação que são centrais à formação em ES, ampliando o alcance formativo da disciplina para além do domínio específico de IoT.

Assim, a principal contribuição deste artigo está na sistematização de uma abordagem pedagógica que integra metodologias ativas, cultura maker, desenvolvimento de soluções IoT e escrita científica em um mesmo percurso formativo. As evidências qualitativas indicam que essa combinação favorece a compreensão conceitual, o protagonismo discente, o desenvolvimento de competências técnicas e transversais e a aproximação dos estudantes com práticas de pesquisa aplicada. As lições aprendidas apresentadas podem apoiar a adaptação e a replicação da proposta em outras disciplinas de computação orientadas à experimentação tecnológica.

Disponibilidade de Artefatos

Os artefatos suplementares deste estudo estão disponibilizados em repositórios abertos com licença permissiva, em conformidade com as Open Science Policies do SBES 2026. O roteiro semiestruturado de entrevistas e as transcrições codificadas e analisadas (anonimizadas para preservar a identidade dos participantes), assim como

o material didático associado aos blocos práticos e os arquivos do projeto experimental de prototipação (sensor LDR + ESP32, esquemáticos, layout de PCB e código-fonte) estão disponíveis em: <https://github.com/leandro-ipt/repositorio-artigo-ensinando-iot.git>.

Agradecimentos

Declaramos que, na preparação deste manuscrito, observamos integralmente o Código de Conduta para Autores em Publicações da SBC, bem como a política de uso de IA generativa do SBES 2026. Foram utilizadas as seguintes ferramentas de IA generativa: ChatGPT (OpenAI) foi empregada para revisão textual; e Napkin AI, utilizado para apoio na geração e diagramação das figuras conceituais. Em todos os casos, o conteúdo gerado foi integralmente revisado, editado e validado pelos autores, que detêm a responsabilidade plena pelo conteúdo final do artigo. Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo Número 2024/01115-0 (CCD - Cidades Carbono Neutro), e também ao apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – bolsa de produtividade em pesquisa (processo n° 307802/2025-6).

Referências

- [1] Lilia Bacich and José Moran. 2018. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Penso, Porto Alegre.
- [2] Virginia Braun and Victoria Clarke. 2006. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology* 3, 2 (2006), 77–101. arXiv:<https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a> doi:10.1191/1478088706qp0630a
- [3] Arthur de M. Del Esposte, Eduardo F.Z. Santana, Lucas Kanashiro, Fabio M. Costa, Kelly R. Braghetto, Nelson Lago, and Fabio Kon. 2019. Design and evaluation of a scalable smart city software platform with large-scale simulations. *Future Generation Computer Systems* 93 (2019), 427–441. doi:10.1016/j.future.2018.10.026
- [4] Claudene Gonçalves, Airtton Yassushiko Toyofuku, Erica Vilela, and Alessandro dos Santos. 2023. Smart Plant: uma proposta de desenvolvimento saudável de plantas domésticas por meio de Internet Social das Coisas. In *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos* (Rio de Janeiro/RJ). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 127–139.
- [5] Helin Luo, Yi-Bing Lin, Chen-Chi Liao, and Yung-Hui Huang. 2023. An IoT-Based Microservice Platform for Virtual Puppetry Performance. *IEEE Access* 11 (2023), 103014–103032. doi:10.1109/ACCESS.2023.3315656
- [6] A. S. Santos, L. G. Faccini, I. Goncales, C. L. Marte, and J. P. Cintra. 2023. A practical approach for high-resolution air quality mapping using IoT mobile devices. *International Journal of Environmental Science and Technology* 20, 8 (08 2023), 8373–8390. doi:10.1007/s13762-022-04513-0
- [7] Rudimaria dos Santos, Eder Lino Rodrigues, Gedson Suter de Souza, Gleick Cruz Ribeiro, Marta Maria Galindo da Silva, Rodrigo Maldonado Guimarães Brito, Sueli Sedano Lima Correia, and Wellington José Rosa Silva. 2024. A importância do brincar na educação infantil: Uma abordagem digital. *International Contemporary Management Review* 5, 3 (Dec. 2024), e194. doi:10.54033/icmr5n3-030
- [8] Sohail Ahmed Soomro, Hernan Casakin, Vijayakumar Nanjappan, and Georgi V. Georgiev. 2023. Makerspaces Fostering Creativity: A Systematic Literature Review. *Journal of Science Education and Technology* 32, 4 (Aug. 2023), 530–548.
- [9] Bernardo Tabuenca, Manuel Uche-Soria, Wolfgang Greller, Davinia Hernández-Leo, Paula Balcells-Falgueras, Peter Gloor, and Juan Garbajosa. 2024. Greening smart learning environments with Artificial Intelligence of Things. *Internet of Things* 25 (2024), 101051. doi:10.1016/j.iot.2023.101051
- [10] Sheela P. Turbek, Taylor M. Chock, Kyle Donahue, Caroline A. Havrilla, Angela M. Oliverio, Stephanie K. Polutchko, Lauren G. Shoemaker, and Lara Vimercati. 2016. Scientific Writing Made Easy: A Step-by-Step Guide to Undergraduate Writing in the Biological Sciences. *The Bulletin of the Ecological Society of America* 97, 4 (2016), 417–426. arXiv:<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/bes2.1258> doi:10.1002/bes2.1258
- [11] Alicja Winnicka, Karolina Kęsik, Dawid Połap, Marcin Woźniak, and Zbigniew Marszałek. 2019. A Multi-Agent Gamification System for Managing Smart Homes. *Sensors* 19, 5 (2019), 1249–1266. doi:10.3390/s19051249