



ALAVANCANDO A INICIAÇÃO CIENTÍFICA COM SOLUÇÕES DE IOT E METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6311

Autores: DIANA CRISTINA GONZÁLEZ GONZÁLEZ, RAPHAEL MONTALI DA ASSUMPÇÃO, PAULO CARDIERI, OMAR C. BRANQUINHO, FELIPE PIRES OLIVEIRA SILVA, GABRIEL LIZZI PIROTELLO, PEDRO ARRELARO RIBEIRO, VICTOR DE ANDRADE GOMES, YAGO TIBURTINO DA SILVA

Resumo: Este estudo examina como a integração de soluções em Internet das Coisas com metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Projetos e a Metodologia das Três Fases, pode fortalecer projetos de Iniciação Científica em Engenharia. Por meio de múltiplos estudos de caso conduzidos em diferentes instituições, investigou-se o impacto dessa abordagem no desenvolvimento de competências técnicas e investigativas dos estudantes. Os casos envolveram aplicações em agricultura urbana, sustentabilidade, segurança rural e saúde infantil, demonstrando tanto a viabilidade técnica das soluções quanto o engajamento dos estudantes diante de desafios do mundo real. A análise qualitativa indica que o uso estruturado de metodologias ativas favorece o pensamento crítico, a autonomia e a inovação, contribuindo para a formação de pesquisadores e profissionais mais bem preparados.

Palavras-chave: Iniciação Científica, Internet das Coisas, Aprendizagem Baseada em Projetos, Metodologias Ativas de Aprendizagem, Metodologia das Três Fases.

ALAVANCANDO A INICIAÇÃO CIENTÍFICA COM SOLUÇÕES DE IOT E METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

1 INTRODUÇÃO

As rápidas transformações tecnológicas e sociais ampliam o papel da formação em engenharia, exigindo dos futuros profissionais não apenas domínio técnico, mas também competências transversais para enfrentar problemas complexos e interdisciplinares. Nesse contexto, metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL, do inglês *Project-Based Learning*) têm se destacado por promover o protagonismo do estudante e integrar teoria e prática (BELL, 2010; BLUMENFELD et al., 1991).

A Internet das Coisas (IoT), por sua natureza multidisciplinar, surge como um campo fértil para a aplicação dessas abordagens. Estudos recentes indicam o crescente interesse pela IoT no contexto educacional, abrangendo desde disciplinas curriculares até estratégias institucionais mais amplas (ZHANG; MA, 2023, GRASHIM; ARSHAD, 2023). Entretanto, apesar das vantagens técnicas e pedagógicas, a integração efetiva da IoT em contextos educacionais ainda enfrenta desafios importantes, como a ausência de modelos consolidados, além de lacunas metodológicas no uso da IoT como ferramenta de aprendizagem ativa. Frequentemente, o foco permanece em aplicações operacionais ou administrativas, enquanto os potenciais formativos permanecem subexplorados.

Para além da mera adoção tecnológica, o uso da IoT como elemento estruturante da formação em engenharia demanda estratégias metodológicas robustas. Modelos como o IoT-OSRM, que organizam o desenvolvimento de soluções em múltiplos níveis, e metodologias estruturadas como a Metodologia das Três Fases (TpM, do inglês *Three-Phase Methodology*), auxiliam na segmentação de problemas complexos e na consolidação do aprendizado prático (FERREIRA et al., 2022).

Este artigo propõe investigar os efeitos formativos da integração entre o desenvolvimento de soluções IoT, a TpM e a PBL no contexto de projetos de Iniciação Científica (IC). Diferentemente de iniciativas com turmas numerosas e avaliações pontuais, a IC oferece um ambiente prolongado e orientado à pesquisa, permitindo aos estudantes desenvolver competências técnicas e investigativas por meio da resolução de problemas reais com impacto social e tecnológico. A partir da análise de projetos desenvolvidos em diferentes instituições de ensino superior, este estudo busca contribuir para a discussão sobre práticas pedagógicas inovadoras em engenharia e oferecer subsídios para a formação de jovens pesquisadores preparados para os desafios atuais.

2 ENSINO DE IOT VOLTADO PARA PROJETOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Nesta seção, apresentaremos algumas estratégias metodológicas aplicadas ao ensino de IoT, discutindo suas características, objetivos e aplicações práticas. Por fim, refletiremos sobre os benefícios de sua aplicação em projetos de IC, evidenciando sua contribuição para a formação integral de jovens pesquisadores preparados para os desafios atuais.

2.1 Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de IoT

A PBL é uma metodologia ativa amplamente reconhecida por sua eficácia no ensino de engenharia e tecnologia, especialmente em áreas multidisciplinares como a Internet das Coisas (THOMAS, 2000; BELL, 2010). Essa abordagem coloca os estudantes no centro do processo educativo, incentivando-os a serem protagonistas do próprio aprendizado ao

resolver problemas reais por meio do desenvolvimento completo de projetos concretos, o que promove uma aprendizagem significativa e contextualizada (BLUMENFELD et al., 1991). No contexto do ensino de IoT, o PBL favorece a integração de conhecimentos diversos, incluindo eletrônica, programação, redes de comunicação, segurança da informação e análise de dados, ao confrontar os estudantes com desafios práticos que simulam situações do mundo real (GARCÍA-PEÑALVO et al., 2020; FORTOUL-DIAZ et al., 2021). Além do desenvolvimento de habilidades técnicas, essa metodologia promove competências transversais essenciais, tais como trabalho em equipe, comunicação eficaz, gestão do tempo, pensamento crítico e resiliência (HMELO-SILVRE, 2004; STROBEL; VAN BARNEVELD, 2009). A natureza aberta e investigativa do PBL permite que os estudantes explorem soluções criativas, tomem decisões fundamentadas e aprendam com erros e acertos ao longo do processo, favorecendo o desenvolvimento de uma postura reflexiva e investigativa, indispensável para a engenharia em contextos reais e inovadores (ZHANG; MA, 2023).

A eficácia do PBL é ainda mais evidente em projetos de IC baseados em IoT, onde os estudantes enfrentam problemas abertos e muitas vezes sem solução clara, sendo desafiados a lidar com incertezas e a buscar conhecimentos de forma autônoma para propor soluções com impacto social e tecnológico. Além disso, os projetos de IC oferecem vantagens em relação às disciplinas regulares no que se refere à aplicação do PBL:

- Tempo estendido para desenvolvimento: Enquanto disciplinas tradicionais duram cerca de um semestre, a IC se estende por um ano ou mais, permitindo o ciclo completo de desenvolvimento, desde a definição do problema até a validação da solução, possibilitando maior aprofundamento técnico e exploração de problemas complexos (ZHANG; MA, 2023).
- Acompanhamento personalizado: A orientação individualizada ou em pequenos grupos na IC favorece o *feedback* contínuo e direcionamento preciso, enriquecendo a experiência formativa (KRAŚNIEWSKI, 2025).
- Acesso a recursos sofisticados: A menor quantidade de projetos de IC simultaneamente orientados por um professor possibilita a aquisição de equipamentos e kits de tecnologias específicas e avançadas, elevando o nível técnico e a experiência prática dos estudantes.

Esses diferenciais tornam a combinação entre PBL, IoT e IC uma estratégia pedagógica potente, consolidando não apenas o aprendizado técnico, mas também cultivando uma postura investigativa, colaborativa e inovadora, alinhada às demandas reais da sociedade (GRASHIM; ARSHAD, 2023).

2.2 Modelo de referência para projetos IoT

A adoção de uma arquitetura de referência é essencial para o sucesso de projetos de IoT, pois estrutura o desenvolvimento, segmenta problemas e define as áreas de atuação dos estudantes. Em ambientes educacionais, modelos estruturados são especialmente úteis para lidar com a complexidade dos sistemas e facilitar o aprendizado.

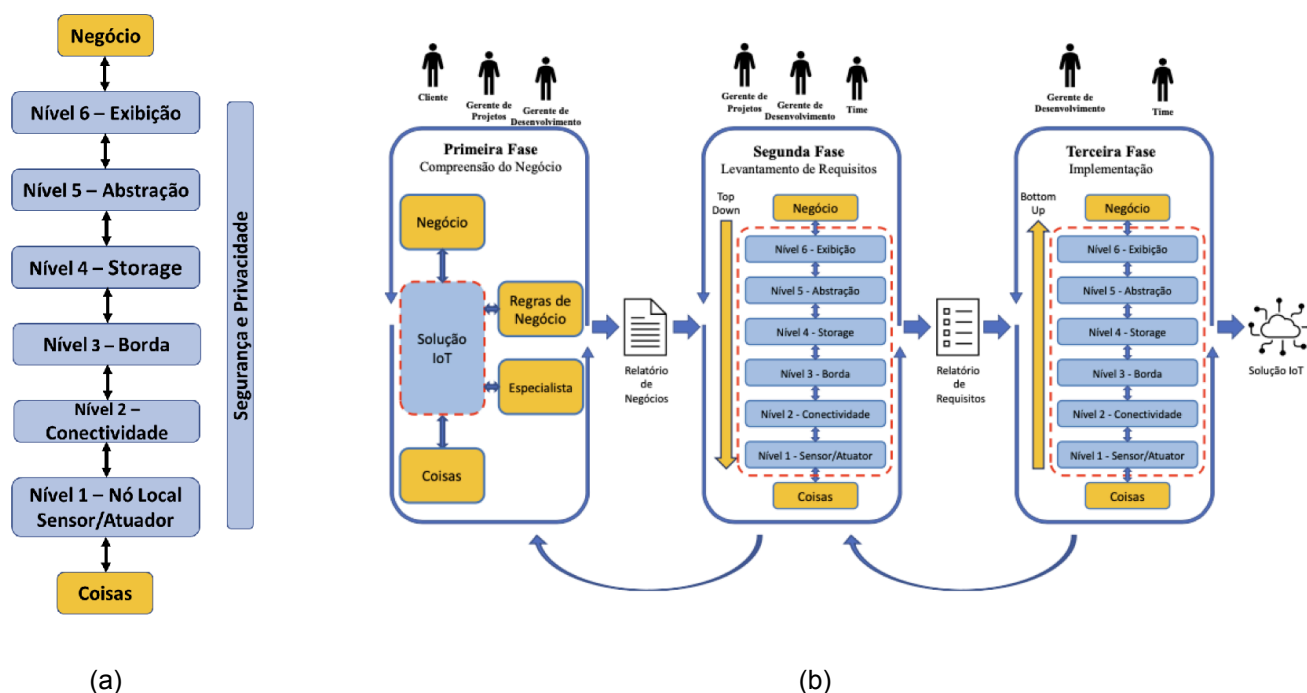
O uso de modelos de referência traz benefícios significativos (MONTALI, 2023):

- Uniformização e clareza: Uma estrutura comum facilita a compreensão dos componentes e reduz ambiguidades.

- Facilidade do ensino-aprendizagem: Os estudantes conseguem visualizar e compreender as múltiplas camadas e processos envolvidos, o que favorece o aprendizado de conceitos complexos.
- Agilidade no desenvolvimento: Diretrizes pré-estabelecidas aceleram o projeto e a implementação, tornando o processo mais eficiente.
- Colaboração: A arquitetura oferece uma linguagem compartilhada, promovendo a comunicação entre diferentes especialidades.
- Avaliação e evolução: Permite revisar soluções, identificar fragilidades e sugerir melhorias, contribuindo para a evolução contínua das tecnologias.

Neste trabalho, utilizamos o Modelo de Referência *Open Source* para IoT (IoT-OSRM), ilustrado na Figura 1(a), que organiza logicamente as funções do sistema, conectando os objetos (“Coisas”) ao propósito de negócio (FERREIRA et al., 2022). O modelo orienta todas as etapas do desenvolvimento, desde a identificação das necessidades até a definição das competências e conhecimentos envolvidos em cada nível, promovendo uma visão lógica e sistêmica (ASSUMPCÃO et al., 2022).

Figura 1 – (a) Modelo de Referência *Open Source* para IoT; (b) Tpm para Desenvolvimento de Soluções IoT.



Fonte: Figura feita para este artigo (baseado em FERREIRA et al., 2022)

Embora existam modelos mais simplificados, como a tradicional divisão em três camadas (Percepção, Rede e Aplicação) (MONTALI, 2023), o IoT-OSRM oferece uma estrutura mais completa, adequada para projetos formativos com maior complexidade. A Tabela 1 apresenta os níveis do modelo, destacando as áreas de estudo e exemplificando os principais desafios enfrentados pelos estudantes em cada uma delas.

O uso do modelo permite aos estudantes segmentar o projeto e localizar os desafios em cada nível, promovendo uma visão lógica e integrada do sistema. Em projetos complexos, funcionalidades podem ser distribuídas entre diferentes elementos, como o processamento local em dispositivos de borda (edge) e operações mais intensivas em servidores na nuvem.

Tabela 1 - Níveis do modelo IoT - OSRM e os desafios para os estudantes.

Nível	Áreas de Estudo	Desafios comuns em projetos
1- Sensor/Atuador	Objetos inteligente, microcontroladores, eletrônica	Escolha e integração de sensores; consumo energético; confiabilidade das medições.
2 - Conectividade	Comunicação sem fio (LoRa, IEEE 802.15.4, Wi-Fi), protocolos (ZigBee, MQTT, Proprietário), propagação de sinais sem fio	Seleção da tecnologia sem fio adequada; alcance e confiabilidade da comunicação; segurança da transmissão; interoperabilidade.
3 - Borda	Filtragem, agregação e inspeção de dados, gestão de eventos, gerência de redes	Gestão eficiente da rede local; latência; equilíbrio processamento local/nuvem; integridade e segurança dos dados.
4 - Armazenamento	Bancos de dados (SQL/NoSQL), arquitetura de Dados	Estratégia de armazenamento (local vs. nuvem), segurança e redundância e gestão de grandes volumes de dados.
5 - Abstração	Ciência de dados, IA, <i>machine learning</i> (ML), mineração de dados	Transformação de dados em informação, técnicas de processamento de dados, colaboração interdisciplinar para o tratamento dos dados.
6 - Exibição	Desenvolvimento web/mobile, UX/UI, visualização de dados	Design de interfaces intuitivas, apresentação clara para a tomada de decisão, alinhamento com as necessidades do negócio.
Gerência e Segurança (Transversal)	Segurança da Informação, privacidade, gerenciamento da solução	Implementação de segurança em todos os níveis, garantia da privacidade, gestão integrada da solução.

Por exemplo, o pré-processamento de dados e as inferências locais podem ser realizadas dentro do elemento de borda (*edge computing*). Já o processamento mais intensivo, como análises complexas, inferências com modelos mais robustos ou execução de algoritmos de otimização, estaria situado em um servidor em nuvem destinado especificamente para a abstração dos dados. Essa definição é essencial para que os estudantes compreendam os requisitos computacionais e as limitações de cada parte do sistema, e possam, assim, adotar decisões adequadas de implementação, alinhadas à eficiência, à escalabilidade e à segurança do projeto. A organização por níveis facilita o planejamento e a identificação de desafios técnicos e conceituais desde a coleta de dados até a aplicação final.

2.3 Metodologia das Três Fases para o Ensino de IoT

Complementar à PBL, a TpM é uma abordagem estruturada desenvolvida especificamente para o ensino e desenvolvimento de soluções em IoT (FERREIRA et al., 2022). Ela organiza o processo de aprendizagem em três etapas sequenciais e integradas, que guiam os estudantes desde a compreensão do problema até a implementação e validação da solução, conforme ilustrado na Figura 1(b).

Fase 1 – Compreensão do Problema: Nesta etapa inicial, os estudantes são orientados a entender profundamente o problema ou a demanda do negócio que a solução IoT deverá atender. Realiza-se a definição de objetivos claros, com foco no contexto e nas necessidades do usuário final. Essa fase é essencial para garantir que o projeto mantenha o foco nos resultados esperados, evitando desvios técnicos prematuros. Importante destacar que, aqui, o projeto deve permanecer livre de influências tecnológicas, concentrando-se exclusivamente na definição do problema e das expectativas do usuário.

Fase 2 – Definição Detalhada dos Requisitos: Com base na compreensão inicial, os estudantes elaboram os requisitos funcionais e não funcionais da solução, especificando o que o sistema deve realizar e as qualidades desejadas, como desempenho e segurança. A abordagem *top-down*, fundamentada em um modelo de referência para IoT, orienta a análise partindo das necessidades do negócio e dirigindo-se a necessidades específicas como informações de precisão, acurácia e frequência de medidas de sensores e atuadores. A decisão sobre tecnologias específicas é deliberadamente postergada para a próxima fase, preservando a flexibilidade e o foco nas necessidades reais do sistema.

Fase 3 – Implementação, Testes e Validação: Nesta fase, ocorre a seleção e integração dos componentes tecnológicos, seguida da construção do protótipo, realização de testes e validação do sistema. O foco está no aprendizado prático, no trabalho colaborativo e na resolução de problemas reais, consolidando os conhecimentos adquiridos nas fases anteriores.

A TpM destaca-se por seu caráter sistêmico, abrangendo desde os dispositivos físicos até as interfaces de usuário, incluindo aspectos essenciais como segurança e processos organizacionais. Essa metodologia tem sido aplicada com sucesso em cursos de graduação, pós-graduação e extensão, demonstrando eficácia para guiar estudantes em projetos complexos e multidisciplinares de IoT (FERREIRA et al., 2022).

A integração de projetos de IoT com as metodologias PBL e TpM oferece uma estrutura metodológica robusta que organiza as atividades dos estudantes, ao mesmo tempo em que mantém a flexibilidade necessária para estimular a criatividade e a inovação. Essa combinação promove uma aprendizagem integrada, alinhada às demandas reais da engenharia, e se mostra eficaz em diversas áreas, como saúde, sustentabilidade, automação e engenharia de sistemas. Dessa forma, a TpM contribui significativamente para o desenvolvimento de competências técnicas e transversais, preparando os estudantes para os desafios concretos da profissão e da pesquisa aplicada.

2.4 Características Complementares Empregadas na Metodologia

Além das estratégias de ensino previamente discutidas, os projetos de IC incorporaram outras características metodológicas que contribuíram significativamente para o sucesso do desenvolvimento das soluções.

Inicialmente, os temas dos projetos foram propostos pelos professores com base em áreas amplas de interesse, como sustentabilidade, saúde e automação. A partir dessas diretrizes, os estudantes realizaram revisões bibliográficas orientadas e participaram de discussões sistemáticas, o que culminou na escolha autônoma dos temas de pesquisa, alinhados às suas motivações pessoais e formações acadêmicas. Essa autonomia na seleção dos temas favoreceu o engajamento e a personalização do processo de aprendizagem.

A dinâmica metodológica foi estruturada por meio de reuniões semanais entre cada estudante e seu orientador, nas quais eram discutidos os avanços, as dificuldades encontradas e os próximos passos. Esse acompanhamento contínuo possibilitou uma orientação personalizada, ajustada às especificidades de cada projeto e ao ritmo de evolução dos estudantes.

Um aspecto central da abordagem foi a ênfase na avaliação processual, focada na capacidade dos estudantes de identificar e superar os desafios surgidos durante a implementação. O objetivo não foi avaliar conteúdos disciplinares isolados, mas fomentar a

integração de conhecimentos e o desenvolvimento da autonomia investigativa, reproduzindo condições similares às enfrentadas por engenheiros na prática profissional.

2.5 Processo Formal de Avaliação

Além do acompanhamento contínuo e da avaliação formativa realizada pelos orientadores, os projetos passaram por um processo formal de avaliação, conforme as políticas institucionais de IC. Cada estudante elaborou um relatório final, submetido à apreciação de comitês institucionais, que avaliaram critérios como clareza, rigor metodológico, relevância dos resultados e contribuição científica.

Complementarmente, os estudantes participaram de eventos acadêmicos, como congressos e encontros de IC, apresentando seus resultados por meio de comunicações orais ou pôsteres. Essas apresentações foram avaliadas por pares internos e externos, ampliando o rigor e a diversidade de perspectivas sobre os projetos, além de proporcionar aos estudantes uma valiosa experiência em comunicação científica.

3 METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem qualitativa exploratória, fundamentada na análise de múltiplos estudos de caso, com o objetivo de investigar os efeitos formativos da aplicação conjunta da PBL e da TpM em projetos de IC voltados ao desenvolvimento de soluções em IoT. Diferentemente das avaliações tradicionais encontradas na literatura sobre ensino de IoT, que geralmente utilizam métodos quantitativos aplicados a grandes grupos e com períodos curtos de atividades, este trabalho foca em experiências prolongadas e contextualizadas de IC, com duração aproximada de um ano de cada projeto. Essa abordagem permite acompanhar o desenvolvimento integral dos estudantes no enfrentamento de problemas reais, tornando métodos quantitativos inadequados devido à pequena amostra e à natureza processual e integrada do aprendizado.

A metodologia foi aplicada em duas instituições de ensino superior: a Escola Politécnica da PUC-Campinas, com dois estudantes dos cursos de Engenharia Biomédica e Engenharia Elétrica, cujos períodos de execução foram 01/09/2023 a 31/08/2025 e 01/09/2024 a 31/08/2025, respectivamente; e a Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da UNICAMP, com três estudantes dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Computação, com períodos de execução entre 01/09/2023 e 31/08/2024 (dois estudantes) e 01/09/2024 a 31/08/2025 (um estudante). Essa diversidade institucional permitiu avaliar a adaptabilidade da proposta em diferentes ambientes acadêmicos, evidenciando seu potencial de replicabilidade.

Para a coleta de dados, foi elaborado um formulário semiestruturado, respondido pelos cinco estudantes que participaram ou participam de projetos de IC focados em soluções IoT estruturadas a partir das metodologias TpM e PBL. O formulário contemplou questões abertas organizadas em dez eixos temáticos: (1) Contexto e motivação do projeto; (2) Objetivos e metas; (3) Levantamento e compreensão do problema; (4) Concepção da solução; (5) Etapas técnicas desenvolvidas; (6) Principais desafios enfrentados; (7) Habilidades desenvolvidas; (8) Percepções sobre o processo de aprendizagem; (9) Resultados e estado atual; e (10) Considerações finais.

Esses eixos foram definidos com base nos princípios da TpM e nos fundamentos do PBL, permitindo capturar aspectos técnicos, formativos e reflexivos da experiência do estudante-pesquisador. As respostas foram analisadas por meio de análise temática, buscando identificar padrões recorrentes, percepções compartilhadas e variações significativas entre os relatos. A análise não teve o propósito de quantificar respostas, mas sim de compreender como os estudantes vivenciaram o processo de aprendizagem, quais

competências desenvolveram e como avaliaram o impacto da metodologia no enfrentamento de problemas reais com potencial de inovação social ou tecnológica. Assim, a metodologia adotada neste estudo privilegiou a profundidade analítica e a compreensão situada da experiência de aprendizagem, permitindo uma avaliação coerente com os objetivos formativos da IC e com a complexidade envolvida no desenvolvimento de soluções em IoT.

4 ESTUDOS DE CASO: DESCRIÇÃO DE PROJETOS

Nesta seção, são apresentados os resultados técnicos obtidos nos cinco projetos de IC desenvolvidos, todos conduzidos através da TpM e aplicados em diferentes contextos da IoT. Cada projeto explorou tecnologias variadas e enfrentou desafios específicos, resultando em soluções funcionais e inovadoras.

4.1 Projeto 1 (UNICAMP): TpM-Agro – IoT e *Machine Learning* aplicados à Fazendas Verticais

Este projeto de IC desenvolveu um sistema automático em tempo real para cultivos em aeroponia, utilizando dispositivos de baixo custo integrados via rede IoT e modelos de ML para tomada de decisões. A partir de entrevistas com especialistas do Instituto Agrônomo, foram identificadas variáveis críticas do cultivo, orientando a estruturação do projeto com base na TpM. O protótipo inclui sensores ambientais, atuadores (bomba e LEDs), microcontroladores com rádios CC1101 e uma Raspberry Pi 3B. A programação foi feita em C++ e Python, com uso do protocolo MoT. A solução implementou controle preditivo com redes neurais profundas (DNNs), atingindo mais de 88% de precisão nas decisões de irrigação e iluminação. Testes no laboratório WissTek-IoT demonstraram crescimento superior das plantas sob operação automatizada. O sistema provou ser tecnicamente viável e eficiente, com potencial de inovação para agricultura urbana.

4.2 Projeto 2 (PUC-Campinas): Plataforma Green IoT para Gestão de Resíduos Urbanos

Este projeto de IC criou uma solução de Green IoT para monitorar lixeiras urbanas, visando eficiência na coleta, sustentabilidade e redução de custos. A plataforma integra sensoriamento em tempo real, comunicação sem fio e um *dashboard* web. Iniciado com revisão bibliográfica sobre IoT e sustentabilidade urbana, o projeto definiu requisitos usando a TpM. O sistema evoluiu de uma solução simples (Blynk) para uma arquitetura robusta com Firebase, utilizando sensores de nível, peso e gases, conectados ao ESP32. Os dados são transmitidos via Wi-Fi para um servidor local e depois à nuvem, com codificação customizada para reduzir tráfego. A interface web exibe o status das lixeiras em um mapa interativo, com gráficos históricos, filtros e rotas otimizadas (Google Maps). Desafios como instabilidade da célula de carga e alimentação elétrica foram resolvidos com reguladores de tensão e circuitos com MOSFETs. Testes em ambiente controlado comprovaram a funcionalidade do sistema. Futuras melhorias incluem algoritmos de rotas e análises preditivas.

4.3 Projeto 3 (UNICAMP): Sistemas de Comunicação LoRa para Imageamento Rádio-Tomográfico

Este projeto de IC investigou a propagação de sinais LoRa em ambientes *indoor-outdoor*, avaliando seu potencial para aplicações de imageamento rádio-tomográfico. Seguindo a TpM, o trabalho envolveu formação técnica, planejamento experimental e implementação incremental, com apoio do curso de extensão FE0230 da UNICAMP. O

estudo concentrou-se na análise da propagação dos sinais LoRa e sua correlação com a presença de obstáculos, com o objetivo de viabilizar reconstruções tomográficas. Os experimentos foram conduzidos na FEEC–UNICAMP, utilizando antenas monopolo, microcontroladores Arduino e Seeeduino com módulos LoRa, além de sensores ultrassônicos. O sistema coletou dados de intensidade do sinal em diversos pontos do ambiente, permitindo análises estatísticas para mapear variações causadas por interferências físicas. Os resultados preliminares demonstraram a viabilidade da proposta, indicando seu potencial para aplicações práticas em imageamento por radiofrequência.

4.4 Projeto 4 (PUC-Campinas): Desenvolvimento de Soluções IoT para Monitoramento Infantil

Este projeto de IC desenvolveu um sistema IoT integrado para monitorar recém-nascidos em ambiente domiciliar, com foco na prevenção da Síndrome da Morte Súbita Infantil (SMSI). A solução combina sensores ambientais (temperatura, umidade, luminosidade e gases), conectados a um microcontrolador ESP32, e um módulo de visão computacional embarcada em Raspberry Pi 4 para detectar posturas e situações de risco. Seguindo a TpM, o projeto incluiu levantamento de requisitos com base em estudos clínicos, observação prática e entrevistas com cuidadores. O sistema ambiental está plenamente operacional, enquanto o módulo de visão computacional encontra-se em testes finais de integração, com acesso previsto via dashboard web. A solução foi premiada em competição de inovação da PUC-Campinas, destacando seu potencial técnico e impacto social.

4.5 Projeto 5 (UNICAMP): Detecção de Movimentação de Gado Usando Sinais de Radiofrequência

Este projeto de IC desenvolveu um sistema inteligente para detectar movimentações atípicas de gado, como furtos (abigeato), com base na análise de variações em sinais de rádio frequência (RF). A solução integra dispositivos IoT com algoritmos de ML para classificar automaticamente padrões de movimentação. Guiado pela TpM, o desenvolvimento envolveu estudo da propagação de RF, análise do comportamento do *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) e entrevistas com cuidadores de gado. Foram utilizados transceptores BE900 com circuitos CC1101 e comunicação via protocolo MoT para coleta e transmissão dos dados. Os dados obtidos alimentaram vários modelos supervisionados (KNN, SVM, Decision Trees e redes neurais profundas), com ajustes de hiperparâmetros, alcançando acurácia superior a 99% na detecção de eventos. Embora testado em ambiente controlado, o sistema demonstrou viabilidade para aplicação em segurança rural e monitoramento perimetral.

5 ESTUDOS DE CASO: MOTIVAÇÃO, COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS, DESAFIOS E PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES EM PROJETOS IOT

Esta seção apresenta uma análise integrada das experiências dos cinco estudantes de IC envolvidos em distintos projetos de Internet das Coisas, descritos na Seção 4. Para organizar a análise, esta seção foi subdividida em eixos temáticos que refletem os aspectos centrais da experiência dos estudantes: motivação, competências desenvolvidas, desafios superados e percepções sobre o processo de aprendizagem. Em cada eixo, são apresentados exemplos ilustrativos extraídos diretamente dos formulários respondidos pelos estudantes, bem como referências aos respectivos projetos, de modo a contextualizar e enriquecer a discussão.

5.1 Motivação Inicial

A análise das motivações que levaram os estudantes a escolherem seus respectivos projetos revela um conjunto de fatores comuns, que refletem tanto o interesse acadêmico quanto a preocupação com problemas reais e socialmente relevantes. A escolha dos temas foi impulsionada pela identificação de desafios concretos e atuais, com impacto direto em áreas como sustentabilidade, saúde pública, agricultura de precisão e sensoriamento remoto. Entre os tópicos abordados destacam-se o monitoramento de resíduos sólidos urbanos, o uso de tecnologias em ambientes para a prevenção de riscos infantis, o controle ambiental em sistemas de cultivo como a aeroponia, o combate ao roubo de gado e a reconstrução de imagens com base em sinais sem fio.

As ideias dos projetos emergiram de experiências pessoais, observações cotidianas e interações com especialistas, evidenciando a importância do contato com o mundo real como fator catalisador para o surgimento de propostas inovadoras. A motivação dos estudantes também esteve ligada ao interesse em explorar tecnologias emergentes — como inteligência artificial, comunicação de longo alcance (LoRa) e automação — aprofundando seus conhecimentos em áreas tecnológicas de ponta.

Por fim, destaca-se que a autonomia na escolha dos temas, aliada à orientação contínua por parte dos docentes, foi determinante para o engajamento dos estudantes e para o fortalecimento de seu protagonismo. Essa combinação entre relevância social, inovação tecnológica e envolvimento acadêmico constituiu um elemento-chave para o sucesso dos projetos e para o desenvolvimento de competências técnicas e investigativas por parte dos participantes.

5.2 Competências Desenvolvidas pelos Estudantes

A participação nos projetos de IC possibilitou aos estudantes o desenvolvimento de competências técnicas e não técnicas essenciais para a formação em Engenharia e áreas relacionadas.

Competências Técnicas

Os estudantes relataram avanços em diversas áreas, com destaque para:

- Desenvolvimento de soluções IoT, incluindo integração de sensores, atuadores e firmware embarcado (Arduino, ESP32).
- Programação e análise de dados com Python, Java, APIs REST, desenvolvimento de interfaces web, aplicativos móveis, além do gerenciamento de bases de dados.
- ML e IA, com treinamento de modelos como KNN, SVM, *Decision Tree* e redes neurais.
- Comunicação sem fio, aplicando tecnologias como LoRa e Wi-Fi, e análise de propagação de radiofrequência.
- Compreensão dos modelos em camadas da IoT, visando escalabilidade e robustez das soluções.

Competências Não Técnicas

Além das habilidades técnicas, os estudantes desenvolveram:

- Organização e planejamento, com definição de cronogramas e cumprimento de metas.
- Comunicação eficaz com orientadores e equipes multidisciplinares, além de documentação precisa.
- Trabalho em equipe, participação ativa e tomada de decisões colaborativas.

- Pensamento crítico e resiliência para superar desafios técnicos e conceituais.
- Autonomia e proatividade na busca por soluções e adaptação contínua do projeto.

Essa experiência prática, aliada às metodologias ativas adotadas, contribuiu significativamente para a formação integral dos estudantes, preparando-os para os desafios técnicos e interpessoais da carreira profissional e da pesquisa.

5.3 Desafios Técnicos e Conceituais Enfrentados

Os projetos de IC em IoT envolveram desafios técnicos e conceituais que refletem a complexidade do desenvolvimento de soluções inovadoras em contextos reais. Embora cada projeto apresente particularidades, é possível identificar padrões nos obstáculos enfrentados e nas estratégias adotadas para superá-los.

Um dos principais desafios relatados foi a integração de tecnologias heterogêneas, incluindo sensores, atuadores, sistemas embarcados e tecnologias de comunicação como Wi-Fi e LoRa. A diversidade de dispositivos exigiu dos estudantes conhecimentos práticos em montagem elétrica, configuração de redes e validação da comunicação entre os elementos do sistema. Muitas vezes, múltiplos testes e ajustes finos foram necessários para alcançar estabilidade e confiabilidade.

No domínio da análise de dados, destacaram-se as dificuldades associadas à aplicação de técnicas de ML e visão computacional. Entre os entraves mais comuns estavam a escassez de dados específicos, a necessidade de pré-processamento adequado e o ajuste de hiperparâmetros. Para superá-los, os estudantes buscaram bases de dados públicas, utilizaram plataformas em nuvem e implementaram validação cruzada, demonstrando capacidade de adaptação e uso criterioso de recursos computacionais.

A implementação e validação de circuitos eletrônicos também se mostraram desafiadoras, sobretudo no que diz respeito ao fornecimento de energia para os dispositivos. Problemas relacionados a datasheets inconsistentes, limitações de componentes e falhas de alimentação demandaram estudo detalhado, revisões de projeto e busca por alternativas viáveis para garantir o funcionamento seguro dos protótipos.

Do ponto de vista conceitual, a adoção da TpM exigiu dos estudantes um esforço inicial de assimilação e adaptação, especialmente na Fase 1. Com o avanço dos projetos, no entanto, a estrutura da TpM mostrou-se eficaz para organizar o processo de desenvolvimento, permitindo identificar falhas precocemente e propor soluções iterativas com maior clareza. A superação desses desafios combinou prática experimental, pesquisa teórica, uso de ferramentas apropriadas e apoio contínuo de orientadores. Essa dinâmica reforçou o desenvolvimento de competências essenciais à formação em engenharia, como resiliência, pensamento crítico, autonomia e capacidade de resolução de problemas. Em síntese, os desafios enfrentados não apenas ilustram as dificuldades técnicas e conceituais envolvidas em projetos de IoT, como também evidenciam o potencial formativo da abordagem adotada, que favorece a aprendizagem ativa e aplicada a contextos reais.

5.4 Percepção dos Estudantes sobre o Processo de Aprendizagem

O desenvolvimento de projetos de IC com foco em soluções baseadas em IoT, aliado à aplicação das metodologias TpM e PBL, proporcionou aos estudantes uma vivência educacional significativamente distinta daquela experimentada em disciplinas convencionais. Conforme relatado pelos participantes, embora as disciplinas tradicionais ofereçam uma base teórica essencial, é no enfrentamento de problemas reais que o conhecimento se consolida de forma mais profunda e significativa.

Nas respostas dos estudantes, destacou-se que, ao contrário do ensino tradicional, geralmente pautado por uma abordagem teórica, segmentada e com resultados previsíveis,

esses projetos promoveram um aprendizado dinâmico, integrado e voltado à resolução de problemas reais. Um dos participantes observou que “o que mais motivou ao longo do processo foi justamente o desafio de aplicar, na prática, os conhecimentos adquiridos ao longo da formação em Engenharia Biomédica”, ressaltando o senso de propósito despertado pela possibilidade de transformar teoria em soluções com impacto social.

A vivência do ciclo completo de desenvolvimento, da concepção da ideia à implementação de protótipos funcionais, exigiu dos estudantes uma postura ativa, autônoma e resiliente, com constante revisão de estratégias e busca de abordagens alternativas. Como relatou um dos alunos, “durante o desenvolvimento do sistema, surgiram desafios inesperados que exigiram iniciativa, autonomia e uma postura proativa na busca por soluções”.

Além da motivação intrínseca, os estudantes valorizaram a liberdade para escolher temas alinhados a seus interesses, o que fortaleceu o engajamento e o protagonismo no processo. Um deles mencionou que “a possibilidade de aplicar inteligência artificial em um contexto real e útil foi a principal fonte de motivação”, enquanto outro destacou a satisfação de ver suas ideias “saindo do papel, funcionando de verdade”.

Do ponto de vista técnico, os relatos indicam uma evolução expressiva em competências como programação em Python e Java, desenvolvimento de hardware e software embarcado, análise e visualização de dados, integração de APIs e construção de interfaces. Mais do que o domínio isolado de conteúdos, os estudantes enfatizaram a capacidade de articular diferentes saberes para resolver problemas complexos — habilidade essencial para a atuação profissional em engenharia e tecnologia. A experiência também contribuiu para a consolidação da autonomia investigativa e da confiança técnica. Um estudante relatou que o conhecimento prático adquirido foi decisivo para seu desempenho em estágio, permitindo-lhe atender com mais segurança às demandas reais da empresa onde atua. Outro reforçou que o projeto proporcionou uma “experiência prévia do que aguardar para problemas no mercado de trabalho e reais”.

CONCLUSÕES

Os projetos de IC apresentados neste artigo evidenciam como a combinação entre metodologias ativas de aprendizagem e a Internet das Coisas pode potencializar o desenvolvimento técnico, científico e crítico dos estudantes, fortalecendo sua capacidade de resolver problemas em contextos reais e multidisciplinares. A aplicação da Metodologia das Três Fases permitiu uma organização clara das etapas de ideação, experimentação e refinamento, promovendo maior autonomia, engajamento e senso de protagonismo entre os discentes. O acompanhamento contínuo e a avaliação processual destacaram-se como elementos essenciais para o sucesso dos projetos, favorecendo o aprimoramento constante das soluções propostas.

As contribuições deste estudo reforçam a relevância de práticas pedagógicas inovadoras na formação em engenharia, destacando o potencial da integração entre aprendizagem ativa e IoT para preparar os estudantes frente aos desafios tecnológicos e sociais atuais. Recomenda-se que investigações futuras ampliem a amostragem e explorem os efeitos de longo prazo dessa abordagem no percurso formativo dos alunos.

REFERÊNCIAS

- ASSUMPÇÃO, R. M. et al. **Advancing engineering education: using the three-phase methodology to teach IoT**. Computer Applications in Engineering Education, v. 30, n. 6, p. 1547-1560, 6 jun. 2022.
- BELL, S. **Project-based learning for the 21st century: skills for the future**. The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, v. 83, n. 2, p. 39–43, 2010.
- BLUMENFELD, P. C. et al. **Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning**. Educational Psychologist, v. 26, n. 3-4, p. 369–398, 1991.
- FERREIRA, L. C. B. C. et al. **The three-phase methodology for IoT project development. Internet of Things**, IEEE Communication Magazine, v. 20, p. 100624, 1 nov. 2022.
- GARCÍA-PEÑALVO, F. J. et al. **Internet of Things in education: a systematic review**. IEEE Access, v. 8, p. 218543–218560, 2020.
- GHASHIM, I. A.; ARSHAD, M. **Internet of Things (IoT)-based teaching and learning: modern trends and open challenges**. Sustainability, MDPI, v. 15, n. 21, p. 1-2, 2023.
- HMELO-SILVER, C. E. **Problem-based learning: what and how do students learn?** Educational Psychology Review, v. 16, n. 3, p. 235–266, 2004.
- JESUS ANSELMO FORTOUL-DIAZ et al. **Project-based learning using Internet of Things as an educational tool in COVID–19 era with a hybrid context for engineering students**. In: Proceedings of the 2021 4th International Conference on Education Technology Management (ICETM '21). New York: ACM, 2022. p. 111–117.
- KRAŚNIEWSKI, Andrzej. **Integrating project-based learning into innovative studies in IoT engineering**. International Journal of Electronics and Telecommunications, Warsaw, v. 71, n. 1, p. 161-169, mar. 2025.
- STROBEL, J.; VAN BARNEVELD, A. **When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms**. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, v. 3, n. 1, p. 44–58, 2009.
- THOMAS, J. W. **A review of research on project-based learning**. San Rafael: The Autodesk Foundation, 2000.
- ZHANG, L.; MA, Y. **A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study**. Frontiers in Psychology, v. 14, p. 1202728, 2023.

LEVERAGING UNDERGRADUATE RESEARCH WITH IOT SOLUTIONS AND ACTIVE LEARNING METHODOLOGIES

Abstract: *This study examines how the integration of Internet of Things solutions with active methodologies, such as Project-Based Learning and the Three-Phase Methodology, can enhance undergraduate research projects in Engineering. Through multiple case studies conducted at different institutions, we investigated the impact of this approach on developing students' technical and research competencies. The cases involved applications in urban agriculture, sustainability, rural security, and child health, demonstrating both the technical feasibility of the solutions and student engagement with real-world challenges. Qualitative analysis indicates that the structured use of active methodologies fosters critical thinking, autonomy, and innovation, contributing to the formation of better-prepared researchers and professionals.*

Keywords: *Undergraduate Research, Internet of Things, Project-Based Learning, Active Learning Methodologies, Three-Phase Methodology.*

