




A FORMAÇÃO DE COMPETÊNCIAS HÍBRIDAS EM CURSOS TÉCNICOS: ENTRE ELETRÔNICA, AUTOMAÇÃO E PROGRAMAÇÃO

HYBRID SKILLS TRAINING IN TECHNICAL COURSES: BETWEEN ELECTRONICS, AUTOMATION AND PROGRAMMING

FORMACIÓN EN COMPETENCIAS HÍBRIDAS EN CARRERAS TÉCNICAS: ENTRE ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y PROGRAMACIÓN

 <https://doi.org/10.56238/levv16n48-113>

Data de submissão: 05/04/2025

Data de publicação: 05/05/2025

Leonardo Hermogenio Gueriot Boruchovitch Monteiro

RESUMO

A formação de competências híbridas nos cursos técnicos tem se tornado um desafio estratégico diante das exigências da Indústria 4.0, que demanda profissionais capazes de integrar conhecimentos em eletrônica, automação e programação. Este artigo tem como objetivo analisar, à luz de referências recentes, como práticas pedagógicas interdisciplinares, aliadas ao uso de metodologias ativas e tecnologias digitais, podem favorecer o desenvolvimento de tais competências. A pesquisa, de natureza qualitativa, utiliza revisão de literatura como base para discutir os avanços e entraves no ensino técnico-profissional, considerando experiências com kits IoT, plataformas remotas e projetos mecatrônicos. Os resultados apontam que a integração entre teoria e prática, quando mediada por professores qualificados e apoiada por ambientes tecnológicos acessíveis, contribui significativamente para superar a fragmentação curricular e promover o pensamento computacional, a autonomia e a criatividade dos estudantes. Conclui-se que a consolidação de competências híbridas requer reorganização curricular, formação docente contínua e valorização de projetos interdisciplinares com foco na resolução de problemas reais.

Palavras-chave: Competências Híbridas. Educação Técnica. Interdisciplinaridade. Eletrônica. Programação.

ABSTRACT

The development of hybrid skills in technical education has become a strategic challenge in the face of Industry 4.0 demands, which require professionals capable of integrating knowledge in electronics, automation, and programming. This article aims to analyze, based on recent literature, how interdisciplinary pedagogical practices, combined with active methodologies and digital technologies, can foster the development of such competencies. The research is qualitative in nature and uses literature review to discuss advances and barriers in technical-professional education, considering experiences with IoT kits, remote platforms, and mechatronic projects. The results indicate that the integration of theory and practice, when mediated by qualified teachers and supported by accessible technological environments, significantly contributes to overcoming curricular fragmentation and promoting computational thinking, student autonomy, and creativity. It is concluded that the consolidation of hybrid competencies requires curricular reorganization, ongoing teacher training, and the enhancement of interdisciplinary projects focused on real-world problem solving.

Keywords: Hybrid Skills. Technical Education. Interdisciplinarity. Electronics. Programming.



RESUMEN

El desarrollo de competencias híbridas en los programas técnicos se ha convertido en un reto estratégico ante las demandas de la Industria 4.0, que exige profesionales capaces de integrar conocimientos en electrónica, automatización y programación. Este artículo busca analizar, a la luz de referencias recientes, cómo las prácticas pedagógicas interdisciplinarias, combinadas con el uso de metodologías activas y tecnologías digitales, pueden favorecer el desarrollo de dichas competencias. La investigación cualitativa se basa en una revisión bibliográfica para discutir los avances y obstáculos en la formación técnico-profesional, considerando experiencias con kits de IoT, plataformas remotas y proyectos mecatrónicos. Los resultados indican que la integración de la teoría y la práctica, mediada por instructores cualificados y con el apoyo de entornos tecnológicos accesibles, contribuye significativamente a superar la fragmentación curricular y a fomentar el pensamiento computacional, la autonomía y la creatividad del alumnado. Se concluye que la consolidación de competencias híbridas requiere la reorganización curricular, la formación docente continua y la valorización de proyectos interdisciplinarios centrados en la resolución de problemas reales.

Palabras clave: Competencias Híbridas. Formación Técnica. Interdisciplinariedad. Electrónica. Programación.

1 INTRODUÇÃO

A ascensão da Indústria 4.0 tem redefinido as exigências do mundo do trabalho técnico e industrial, pela incorporação de tecnologias digitais avançadas, como inteligência artificial, internet das coisas (IoT), robótica colaborativa e sistemas ciberfísicos, e pela necessidade urgente de profissionais capazes de transitar entre campos tradicionalmente compartimentalizados como eletrônica, automação e programação, demandando, portanto, uma formação baseada em competências híbridas que combinem conhecimentos técnicos especializados com habilidades digitais e cognitivas de alta complexidade (Sun & Pratt, 2024). Essa nova realidade educacional e produtiva impõe aos sistemas formativos a complexidade de preparar sujeitos que não só dominem circuitos eletrônicos ou linguagens de programação, mas que saibam integrar esses saberes em soluções aplicadas e orientadas por projetos autônomos, colaborativos e baseados em dados, o que exige uma reformulação estrutural das abordagens pedagógicas e curriculares adotadas nos cursos técnicos e tecnológicos (Pasricha, 2022).

Apesar desse cenário de mudanças aceleradas, muitas instituições de educação profissional ainda operam com modelos didáticos fragmentados, onde as disciplinas são organizadas em núcleos estanques e desconectados entre si, dificultando o desenvolvimento de uma compreensão sistêmica por parte dos estudantes e limitando sua capacidade de aplicar os conhecimentos de forma integrada em contextos reais de trabalho, especialmente aqueles que envolvem automação industrial e sistemas embarcados (Alarfaj *et al.*, 2024).

Esse descompasso entre o currículo escolar e as exigências práticas do mercado se agrava quando se observa que os métodos de ensino, frequentemente centrados na transmissão teórica e em avaliações de memorização, não promovem a interdisciplinaridade necessária para que os alunos consigam compreender, por exemplo, como um sensor eletrônico acoplado a um microcontrolador pode interagir com um atuador programado em linguagem C para executar uma ação automatizada, o que evidencia a urgência de estratégias formativas que rompam com a linearidade pedagógica e estimulem a construção ativa do conhecimento (Chau *et al.*, 2025).

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar como a integração entre eletrônica, automação e programação, mediada por metodologias ativas e recursos tecnológicos, pode favorecer a formação de competências híbridas em estudantes de cursos técnicos de nível médio, especialmente quando esses elementos são aplicados em projetos práticos e interdisciplinares voltados à resolução de problemas reais.

Sendo assim, justifica-se a pesquisa pela necessidade de produzir evidências empíricas que subsidiem a reformulação dos currículos da educação profissional à luz das transformações provocadas pela Indústria 4.0, propondo abordagens mais coerentes com as exigências do mundo do trabalho

contemporâneo, em especial no que se refere ao desenvolvimento de capacidades operacionais, digitais e cognitivas integradas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPETÊNCIAS HÍBRIDAS NA FORMAÇÃO TÉCNICA

As competências híbridas tornaram-se um eixo estruturante da formação técnica contemporânea, pois são elas que permitem ao estudante transitar entre os domínios da eletrônica, da automação e da programação, articulando-os de forma funcional e contextualizada para a resolução de problemas práticos e reais nos ambientes industriais cada vez mais automatizados e digitais (Tokatlidis *et al.*, 2024). Ao contrário de uma formação compartimentalizada, essas competências exigem a mobilização simultânea de saberes técnicos, habilidades digitais e raciocínio lógico, possibilitando ao futuro profissional não apenas operar tecnologias, mas compreendê-las em sua totalidade, desde os fundamentos conceituais até a aplicação prática em sistemas integrados (Sun & Pratt, 2024).

No entanto, o modelo curricular que prevalece na maioria das instituições de ensino técnico ainda está preso a uma lógica disciplinar fragmentada, que trata os conteúdos como blocos isolados e impede que os estudantes percebam a interconexão entre os conhecimentos necessários para atuar em sistemas inteligentes e automatizados, dificultando o desenvolvimento efetivo das competências híbridas (Pasricha, 2022). Mesmo em contextos onde já se introduziram disciplinas como programação, automação industrial ou redes de sensores, a falta de integração entre essas áreas e a ausência de projetos interdisciplinares práticos limitam a aprendizagem significativa e reduzem a aplicabilidade do que é ensinado em sala de aula (Marín-Marín *et al.*, 2024).

A adoção de metodologias ativas baseadas em projetos, como o Project-Based Learning (PBL), tem se mostrado uma alternativa eficaz para contornar essa fragmentação, pois proporciona experiências de aprendizagem em que os estudantes precisam combinar diferentes saberes para resolver problemas reais, promovendo uma formação mais integrada e orientada por problemas que simulam situações do mercado de trabalho (Alarfaj *et al.*, 2024). Nesse tipo de abordagem, o conhecimento técnico é mobilizado como um fim em si mesmo e como ferramenta para pensar, planejar, testar, errar e refazer, sendo a prática um campo legítimo de construção cognitiva e não apenas um momento posterior à teoria (Álvarez Ariza, 2023).

As experiências educacionais que envolvem laboratórios remotos, ambientes virtuais de simulação e o uso de kits interativos conectados à internet também têm contribuído de forma decisiva para o desenvolvimento de competências híbridas, pois permitem ao aluno vivenciar situações reais de operação de sistemas mecatrônicos, mesmo que em contextos mediados por tecnologia digital (Garefalakis *et al.*, 2024). Em muitos casos, essas ferramentas possibilitam uma experimentação segura, acessível e repetível, favorecendo a construção de conhecimentos em múltiplas dimensões

desde a montagem de circuitos até a elaboração de algoritmos de controle embarcado (Chacón *et al.*, 2024).

A implementação de fábricas de aprendizagem digitais e projetos de engenharia aplicados ao contexto do ensino técnico tem sido defendida como uma estratégia poderosa para fomentar a interdisciplinaridade e a fluência tecnológica dos estudantes, pois desafia os participantes a integrar sensores, atuadores e códigos em soluções funcionais que simulam ambientes industriais reais (Chau *et al.*, 2025). Em projetos como esses, o domínio de conceitos de eletrônica e programação precisa ser articulado ao entendimento de fluxos de dados e ao raciocínio lógico necessário para projetar sistemas automatizados eficientes e adaptáveis (Tselegkaridis *et al.*, 2024).

Os kits de aprendizagem baseados em IoT, por sua vez, têm demonstrado grande potencial para a construção de competências híbridas, principalmente por exigirem do estudante uma compreensão simultânea dos componentes físicos (hardware), da lógica de funcionamento (software) e do contexto de aplicação (dados e controle), tornando a aprendizagem mais ativa, concreta e conectada à realidade industrial (Mustakim *et al.*, 2024). O uso de dispositivos como Arduino, sensores digitais, plataformas de monitoramento remoto e programação embarcada rompe com a lógica da aula expositiva tradicional e coloca o aluno no centro do processo formativo como sujeito que testa, erra, corrige e refina seus conhecimentos por meio da prática (Solis Pino *et al.*, 2022).

Quando essas práticas são associadas a contextos experimentais imersivos e de baixo custo, como o uso de smartphones acoplados a sensores, conforme proposto por pesquisas recentes, há ainda um reforço importante da autonomia do estudante, pois ele passa a utilizar recursos do cotidiano como ferramentas de aprendizagem tecnológica, expandindo os limites do laboratório e aproximando o ensino técnico de uma lógica mais flexível, acessível e integrada com o mundo digital (Tufino & Organtini, 2023). Esses ambientes, além de promoverem o domínio técnico, também exigem dos estudantes habilidades como tomada de decisão, interpretação de dados, pensamento crítico e raciocínio computacional, o que contribui diretamente para a formação de perfis profissionais mais preparados para a dificuldade de inovação (Tutkyshbayeva & Zakirova, 2024).

2.2 INTEGRAÇÃO DE ELETRÔNICA, AUTOMAÇÃO E PROGRAMAÇÃO

A integração entre eletrônica, automação e programação representa hoje uma das maiores questões e ao mesmo tempo, uma grande oportunidades no ensino técnico de nível médio, pois rompe com a lógica da separação disciplinar e exige que o estudante desenvolva uma visão sistêmica sobre o funcionamento das tecnologias que compõem os sistemas automatizados contemporâneos (Mustakim *et al.*, 2024). Essa integração não ocorre de forma espontânea nem pode ser garantida apenas pela presença desses conteúdos no currículo, sendo necessário criar situações de aprendizagem em que os estudantes tenham que utilizar, de maneira combinada, sensores, atuadores, linguagens de

programação e arquiteturas de controle em projetos de caráter aplicado e funcional (Solis Pino *et al.*, 2022).

O uso de plataformas como Arduino, kits de IoT e sistemas integrados baseados em microcontroladores tem se mostrado extremamente eficaz para proporcionar ao estudante experiências práticas nas quais o conhecimento teórico pode ser imediatamente colocado à prova, promovendo a internalização de conceitos ao mesmo tempo em que se desenvolve autonomia, raciocínio lógico e criatividade tecnológica (Garefalakis *et al.*, 2024). Essas soluções didáticas permitem simular, em sala de aula ou laboratório, situações reais do mundo produtivo, nas quais o domínio da programação e da lógica eletrônica se torna condição básica para a operação e o controle de sistemas industriais e dispositivos inteligentes (Tselegkaridis *et al.*, 2024).

Segundo Jackvony e Jouaneh, a construção de sistemas mecatrônicos simples como classificadores automatizados baseados em sensores e atuadores controlados por algoritmos constitui uma excelente estratégia de ensino interdisciplinar, pois obriga o estudante a articular conteúdos que tradicionalmente são ensinados separadamente, promovendo uma aprendizagem contextualizada e significativa (Jackvony & Jouaneh, 2024). Além disso, ao envolver a prototipagem de dispositivos físicos e a construção de lógicas de controle, esses projetos estimulam tanto a criatividade quanto o pensamento computacional, ao mesmo tempo em que desenvolvem competências motoras, cognitivas e colaborativas (Álvarez Ariza, 2023).

Ambientes virtuais e simuladores como o LabVIEW também têm sido incorporados como ferramentas que facilitam o processo de aprendizagem integrada, pois permitem ao estudante visualizar os fluxos de dados e o comportamento dos sistemas sem a necessidade imediata de um laboratório físico totalmente equipado, o que torna o acesso à prática mais democrático e adaptável às realidades institucionais diversas (Chacón *et al.*, 2024). Ao permitir a conexão entre sensores físicos reais e plataformas de simulação digital, essas tecnologias constroem pontes entre o hardware e o software, entre o mundo físico e o virtual, fortalecendo as competências híbridas exigidas pela indústria (Chau *et al.*, 2025).

A literatura também destaca que a integração efetiva entre essas áreas depende da criação de desafios pedagógicos autênticos, nos quais os estudantes precisem resolver problemas contextualizados, muitas vezes coletivos, que envolvam desde a montagem de um circuito até o desenvolvimento de um algoritmo funcional e a validação de seu desempenho em uma aplicação concreta (Marín-Marín *et al.*, 2024). Ao participarem desse processo, os alunos aprendem os conteúdos e também desenvolvem a capacidade de trabalhar com abstração, lidar com falhas, testar hipóteses e tomar decisões técnicas em tempo real, o que representa uma formação muito mais próxima das exigências reais do mercado de trabalho (Sun & Pratt, 2024).

Também importante é a função do professor na mediação desse processo, pois cabe a ele criar estratégias que favoreçam a transição da lógica disciplinar para a lógica integrada, propondo atividades em que a programação seja aprendida junto com a eletrônica, e a automação não seja um conteúdo isolado, mas uma consequência natural da interação entre sistemas e códigos desenvolvidos em sala (Tokatlidis *et al.*, 2024). Quando essa mediação é bem realizada, o estudante deixa de apenas executar comandos e passa a entender os princípios que conectam cada etapa do processo, promovendo uma aprendizagem robusta, interdisciplinar e duradoura (Alarfaj *et al.*, 2024).

Por fim, os projetos integradores também funcionam como espaços privilegiados para o desenvolvimento de habilidades transversais, como trabalho em equipe, comunicação técnica, gestão do tempo e resolução colaborativa de problemas, pois a construção de um sistema funcional exige planejamento coletivo, definição de funções, troca de conhecimento e negociação de soluções (Tutkyshbayeva & Zakirova, 2024). Esses elementos, embora nem sempre destacados nos conteúdos formais, são parte das competências híbridas exigidas pelo mundo do trabalho contemporâneo, e sua consolidação só é possível quando o processo formativo ultrapassa as barreiras disciplinares e se organiza em torno de experiências de aprendizagem integradas, práticas e orientadas por projetos (Tufino & Organtini, 2023).

2.3 METODOLOGIAS ATIVAS E LABORATÓRIOS REMOTOS

As metodologias ativas vêm ganhando destaque na formação técnica por possibilitarem que o estudante se envolva ativamente na resolução de problemas reais, mobilizando diferentes saberes de forma articulada em contextos que simulam as demandas do mundo produtivo contemporâneo (Alarfaj *et al.*, 2024). Estratégias como o *Project-Based Learning* transformam a sala de aula em um espaço de investigação, em que os alunos enfrentam questões concretas e precisam construir soluções técnicas viáveis, favorecendo o desenvolvimento de competências cognitivas, operacionais e interpessoais (Chau *et al.*, 2025).

O envolvimento com projetos práticos baseados em automação, sensores e algoritmos estimula o pensamento crítico, o raciocínio lógico e a criatividade, pois exige que o estudante vá além da repetição de procedimentos e tome decisões fundamentadas em testes, análise de dados e validação de hipóteses (Mustakim *et al.*, 2024). Esse processo se intensifica quando os alunos trabalham em equipes colaborativas, dividindo tarefas e responsabilidades em projetos técnicos que simulam o cotidiano de engenheiros, programadores e operadores de sistemas integrados (Jackvony & Jouaneh, 2024).

Para além da metodologia, o acesso a recursos digitais e ambientes virtuais tem ampliado significativamente as possibilidades de aplicação dessas abordagens, permitindo que o estudante experimente, monitore e programe sistemas à distância, mesmo em contextos de infraestrutura limitada (Garefalakis *et al.*, 2024). Os laboratórios remotos baseados em microcontroladores conectados a

plataformas digitais oferecem aos estudantes uma experiência próxima à realidade da indústria, em que as operações são mediadas por interfaces gráficas, dados em nuvem e simulações interativas (Tselegkaridis *et al.*, 2024).

A integração entre hardware físico e ambientes digitais, como os sistemas construídos com Arduino e visualizados por interfaces como LabVIEW, cria uma ponte entre teoria e prática, pois permite ao estudante testar circuitos reais enquanto interpreta os resultados em tempo real por meio de dashboards intuitivos e conectados (Solis Pino *et al.*, 2022). Além de democratizar o acesso à prática experimental, esses recursos contribuem para o desenvolvimento de competências digitais avançadas, como depuração de código, modelagem de fluxos de dados e controle de sistemas embarcados (Tutkyshbayeva & Zakirova, 2024).

A experiência do estudante se transforma quando ele pode acompanhar o comportamento de sensores e atuadores em simulações dinâmicas, programar reações automáticas a variáveis externas e visualizar o impacto de seus comandos em painéis interativos, como demonstram estudos sobre ambientes de engenharia digital aplicados ao ensino técnico (Chacón *et al.*, 2024). Essa combinação entre interatividade, tecnologia e resolução de problemas práticos favorece a internalização dos conteúdos e a construção de sentido, já que o aluno passa a compreender como diferentes áreas do conhecimento dialogam na construção de uma solução funcional (Sun & Pratt, 2024).

Além disso, o uso de dispositivos de uso cotidiano, como smartphones integrados a sensores para coleta e análise de dados físicos, amplia as possibilidades pedagógicas e torna a aprendizagem mais acessível e conectada à realidade dos estudantes (Tufino & Organtini, 2023). Essa abordagem reduz a distância entre o universo escolar e o mundo tecnológico, estimulando o protagonismo do aluno e o fortalecimento de competências híbridas que unem ação técnica, pensamento computacional e reflexão crítica (Álvarez Ariza, 2023).

Por fim, a convergência entre metodologias ativas e tecnologias de experimentação remota representa um avanço significativo na formação técnica contemporânea, pois reposiciona o estudante como agente do próprio processo formativo e amplia seu repertório de ação, análise e decisão em sistemas complexos (Marín-Marín *et al.*, 2024). Ao operar ambientes integrados, programar dispositivos e refletir sobre os resultados de suas escolhas, o aluno vivencia de forma prática e significativa os fundamentos da automação, da eletrônica e da lógica computacional como campos interdependentes e aplicáveis (Tokatlidis *et al.*, 2024).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa está fundamentada em uma abordagem qualitativa de natureza aplicada, voltada à compreensão profunda dos processos formativos que envolvem a construção de competências híbridas no contexto do ensino técnico profissionalizante. O estudo busca

interpretar, a partir da observação e da análise reflexiva, como determinadas estratégias pedagógicas e tecnologias educativas se articulam na formação de saberes técnicos, digitais e cognitivos de forma integrada.

A escolha pelo enfoque qualitativo se justifica pela complexidade do objeto de estudo, uma vez que os fenômenos educacionais relacionados à aprendizagem ativa, à interdisciplinaridade e à mediação tecnológica não podem ser plenamente compreendidos por meio de métodos puramente quantitativos ou descritivos. Nessa perspectiva, valoriza-se a investigação dos significados atribuídos pelos sujeitos às experiências vividas, o que exige um olhar atento às interações, às práticas e aos contextos nos quais essas experiências ocorrem.

Trata-se de uma pesquisa de cunho exploratório-interpretativo, cuja preocupação central não está em generalizar resultados, mas em compreender dinâmicas, revelar sentidos e problematizar caminhos formativos a partir da análise situada das práticas pedagógicas observadas. A construção do conhecimento ocorre, assim, por meio da escuta sensível, da imersão no campo e da sistematização crítica das informações coletadas ao longo do percurso investigativo.

Os procedimentos metodológicos valorizam a triangulação de fontes e estratégias de coleta, combinando registros observacionais, reflexões de campo e análises de produções pedagógicas, com o objetivo de captar tanto os aspectos visíveis quanto os elementos simbólicos e subjetivos envolvidos nos processos de ensino e aprendizagem. A investigação prioriza a compreensão de como o conhecimento é mobilizado pelos estudantes em situações práticas, especialmente quando desafiados a operar com diferentes linguagens, ferramentas e tecnologias.

Ao evitar o recorte reducionista dos dados em categorias fixas, a análise nesta pesquisa se orienta por uma perspectiva dialógica e processual, atenta às contradições, aos avanços parciais e às reformulações constantes que caracterizam o desenvolvimento das competências híbridas. O foco está em interpretar a aprendizagem como um movimento dinâmico e em espiral, que envolve tentativas, erros, negociações, reinterpretações e apropriações críticas do conhecimento técnico.

A escolha metodológica também implica uma postura ética, participativa e reflexiva por parte do pesquisador, que se reconhece como agente implicado nas dinâmicas do campo e nas relações que ali se estabelecem. A produção do conhecimento é compreendida como um processo relacional, no qual a escuta atenta e o respeito aos sujeitos da pesquisa são condições indispensáveis para a validade e a legitimidade da análise.

Com base nessas premissas, a metodologia aqui apresentada se propõe a oferecer subsídios concretos para a compreensão das potencialidades e dos limites das estratégias pedagógicas que buscam integrar eletrônica, automação e programação na formação técnica, contribuindo para o avanço de práticas educativas mais conectadas às exigências do mundo do trabalho e às transformações em curso nas formas de aprender, ensinar e produzir tecnologia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Solis Pino *et al.* (2022) apontam que a utilização de plataformas baseadas em microcontroladores, como o Arduino, em atividades educacionais voltadas à robótica industrial, proporciona uma oportunidade concreta de integrar conceitos de eletrônica, programação e controle automático a partir de tarefas de natureza aplicada, permitindo que os estudantes visualizem de maneira prática como os conhecimentos se relacionam. Em linha semelhante, Garefalakis *et al.* (2024) destacam que os laboratórios remotos voltados ao ensino de microcontroladores favorecem o desenvolvimento de competências técnicas complexas, pois exigem do estudante a articulação entre o hardware, os códigos e o comportamento lógico do sistema controlado, reforçando a necessidade de uma abordagem pedagógica que valorize a experiência ativa e integrada. De forma complementar, ambos os estudos convergem ao defender que a aprendizagem ocorre com mais profundidade quando os conteúdos não são tratados de forma isolada, mas organizados em práticas reais e desafiadoras, onde o domínio técnico se dá simultaneamente com o exercício do raciocínio computacional.

Chau *et al.* (2025), ao analisarem o uso de fábricas de aprendizagem baseadas em engenharia digital, reforçam essa perspectiva ao argumentar que a fragmentação curricular nos cursos técnicos constitui um dos principais entraves para a formação de profissionais que consigam operar sistemas complexos e interconectados. Para os autores, os avanços na formação técnica dependem da adoção de estruturas curriculares que articulem teoria e prática em torno de eixos integradores, capazes de unir diferentes áreas do conhecimento técnico-tecnológico em experiências formativas aplicadas e contextualizadas. Pasricha (2022), por sua vez, embora concorde com a importância da integração, assume uma postura mais crítica ao afirmar que muitas instituições ainda tratam eletrônica, programação e automação como competências isoladas, limitando a aprendizagem a repetições procedimentais e à memorização, o que perpetua uma formação compartimentalizada e descolada da realidade produtiva contemporânea.

A crítica de Pasricha (2022) diverge, portanto, da proposta mais otimista apresentada por Chau *et al.* (2025), mas ambos se encontram no diagnóstico da necessidade de romper com estruturas lineares e compartimentadas. Enquanto um alerta para a permanência do modelo tradicional, o outro propõe estratégias concretas para sua superação, o que demonstra que o debate acadêmico sobre interdisciplinaridade na formação técnica avança na denúncia dos limites, e na proposição de caminhos alternativos e inovadores. A discussão se enriquece quando se observa que as soluções apontadas envolvem além de mudanças metodológicas, reorganizações institucionais, tecnológicas e curriculares que demandam tempo, investimento e formação docente continuada.

O trabalho de Jackvony e Jouaneh (2024) contribui com um exemplo prático que ilustra como a integração entre áreas técnicas pode se materializar em propostas pedagógicas consistentes. Ao descreverem o desenvolvimento de um sistema de separação mecatrônica construído por estudantes,

os autores evidenciam que o engajamento com um problema real e concreto cuja solução exige conhecimentos de sensores, atuadores, lógica de controle e estrutura mecânica impulsiona a articulação entre disciplinas e transforma a aprendizagem em um processo significativo. A relevância desse exemplo está em mostrar que a interdisciplinaridade não é apenas um ideal abstrato, mas uma possibilidade concreta quando o projeto pedagógico é bem estruturado e sustentado por uma lógica de integração entre os conteúdos.

Enquanto Solis Pino *et al.* (2022) enfatizam a importância da plataforma como meio para essa integração e Jackvony e Jouaneh (2024) trazem o projeto como materialização dessa articulação, Garefalakis *et al.* (2024) adicionam ao debate a ideia de que os ambientes remotos ampliam o acesso à experimentação integrada, permitindo que a lógica da interdisciplinaridade se mantenha mesmo em contextos onde os recursos físicos são limitados. Essa variedade de enfoques não implica contradição, mas revela a riqueza do campo e a possibilidade de combinar soluções pedagógicas, digitais e estruturais para garantir a formação técnica que o contexto atual exige. A convergência entre esses autores permite afirmar que o desenvolvimento técnico e a interdisciplinaridade não são apenas compatíveis, mas mutuamente dependentes, sendo as práticas integradoras o elo necessário entre teoria, ação e tecnologia na formação profissional do presente.

Marín-Marín *et al.* (2024) argumentam que o pensamento computacional constitui um eixo estruturante na formação técnica atual, especialmente por promover a capacidade de decompor problemas, identificar padrões, construir algoritmos e desenvolver soluções tecnológicas em ambientes digitais. Essa perspectiva se aproxima da defendida por Mustakim *et al.* (2024), que, ao analisarem a aplicação de kits didáticos baseados em IoT no ensino técnico, apontam que a manipulação desses dispositivos favorece a aprendizagem de lógica computacional, ao mesmo tempo em que desenvolve habilidades práticas de montagem e configuração de sistemas digitais conectados. Os dois estudos, embora partam de cenários distintos, convergem na ideia de que a inserção de recursos tecnológicos interativos contribui decisivamente para que o estudante compreenda a linguagem dos sistemas e atue de forma criativa na resolução de situações reais.

Enquanto Marín-Marín *et al.* (2024) destacam que o pensamento computacional deve ser cultivado desde os primeiros anos da formação técnica, integrando disciplinas distintas de maneira transversal, Tutkyshbayeva e Zakirova (2024) reforçam que essa habilidade precisa ser trabalhada de forma intencional e prática, especialmente em atividades que envolvem análise de dados, monitoramento remoto e programação embarcada. A complementaridade entre essas duas abordagens permite observar que, para além da familiaridade com códigos e algoritmos, o desenvolvimento do pensamento computacional está diretamente ligado à capacidade de compreender sistemas como um todo, interpretando entradas e saídas, fluxos de dados e lógicas de controle em tempo real.

Tufino e Organtini (2023), ao explorarem o uso de smartphones como ferramentas de experimentação em atividades práticas de física aplicada, contribuem para essa discussão ao mostrar que dispositivos acessíveis e cotidianos também podem servir como ponte para o pensamento computacional, desde que o foco esteja na lógica da coleta e análise de dados, na leitura de sensores e na retroalimentação de informações. Em diálogo com os autores anteriores, sua proposta amplia o escopo da formação digital ao mostrar que não é necessário, necessariamente, um laboratório sofisticado para que a aprendizagem ocorra com profundidade e significado o que reforça a noção de que o desenvolvimento de competências digitais pode (e deve) ocorrer de forma contextualizada e criativa.

Chacón *et al.* (2024) introduzem uma dimensão importante ao discutir a importância dos laboratórios remotos e das plataformas digitais no fortalecimento dessas competências, pois argumentam que, ao permitir a experimentação em tempo real com dispositivos físicos por meio de interfaces online, esses ambientes favorecem a prática técnica, e mais do que isso, o raciocínio computacional aplicado. A proposta desses autores complementa a de Garefalakis *et al.* (2024), que enfatizam a importância da mediação pedagógica nesses ambientes, defendendo que a interface digital, por si só, não garante aprendizagem, mas pode ser extremamente potente quando inserida em um projeto educativo estruturado em torno de situações reais e orientado por acompanhamento qualificado.

Já Álvarez Ariza (2023) adiciona à discussão uma reflexão crítica ao destacar que, embora os ambientes digitais ofereçam múltiplas possibilidades interativas, existe o risco de que esses recursos sejam utilizados de forma superficial ou descontextualizada, o que pode reduzir a experiência a um simples manuseio de simuladores. Essa observação, ainda que pontualmente divergente da ênfase otimista de outros autores, não nega o potencial das tecnologias educacionais, mas alerta para a necessidade de um uso pedagógico intencional, conectado aos objetivos de aprendizagem e à lógica interdisciplinar que sustenta o pensamento computacional na formação técnica.

A articulação entre essas diferentes contribuições evidencia que o desenvolvimento de competências digitais e computacionais vai além da introdução de recursos tecnológicos em sala de aula, exigindo um projeto pedagógico que valorize a resolução de problemas, a construção ativa do conhecimento e a experimentação orientada. Enquanto alguns autores destacam os kits e dispositivos como pontos de partida para esse processo, outros chamam atenção para o objetivo das plataformas remotas, da mediação docente e da formação crítica dos estudantes, compondo, em conjunto, uma rede de possibilidades que se fortalecem mutuamente. A convergência entre essas abordagens revela que o pensamento computacional, quando promovido de forma integrada, se torna mais que uma competência técnica, mas uma estratégia cognitiva importante para a atuação profissional em contextos cada vez mais digitais, automatizados e interdependentes.

Ao discutir os limites e problemas da implementação de práticas pedagógicas que promovem competências híbridas, Garefalakis *et al.* (2024) chamam atenção para a infraestrutura tecnológica como um dos principais obstáculos, especialmente em instituições com recursos limitados, onde o acesso a kits didáticos, microcontroladores, internet de qualidade e plataformas remotas ainda é precário ou inexistente. Essa limitação compromete a efetividade de estratégias baseadas em experimentação remota ou automação embarcada, o que reforça a importância de políticas institucionais que viabilizem a democratização do acesso a tecnologias educacionais. Em concordância, Tufino e Organtini (2023) apontam que mesmo soluções acessíveis, como o uso de smartphones integrados a sensores, ainda esbarram em desigualdades materiais e na ausência de infraestrutura de suporte para que tais práticas sejam difundidas com consistência.

Mustakim *et al.* (2024) relativizam esse entrave ao destacar que, mais do que os equipamentos em si, o que define o sucesso das práticas integradoras é a qualidade da mediação docente, pois um mesmo kit pode gerar experiências formativas muito distintas, dependendo da intencionalidade pedagógica com que é utilizado. Essa visão complementa a reflexão de Tutkysbayeva e Zakirova (2024), que sublinham a necessidade de formar professores com domínio técnico, didático e digital, capazes de desenhar experiências que articulem teoria e prática em torno de projetos reais, considerando o nível dos estudantes, o tempo disponível e os objetivos formativos. Ambas as abordagens convergem ao indicar que o protagonismo docente é um fator estruturante para a eficácia do ensino técnico interdisciplinar, e que o investimento em capacitação contínua é tão urgente quanto o investimento em infraestrutura.

Ao tratar da formação docente, Chau *et al.* (2025) apontam que muitos professores enfrentam barreiras para atualizar suas práticas, seja por falta de tempo, apoio institucional ou conhecimento específico em tecnologias emergentes, o que dificulta a adoção de modelos pedagógicos como a engenharia digital aplicada ou a fábrica de aprendizagem. Essa análise dialoga diretamente com a crítica apresentada por Pasricha (2022), que denuncia a persistência de abordagens instrucionais excessivamente centradas na exposição de conteúdos e na avaliação por repetição, mesmo em cursos que já incorporaram disciplinas de programação, eletrônica ou automação. A diferença entre os dois está na ênfase: enquanto um propõe caminhos possíveis para transformação, o outro alerta para o risco de que tais mudanças permaneçam superficiais se não forem acompanhadas por uma reformulação mais profunda da cultura institucional.

Solis Pino *et al.* (2022), ao analisarem a aplicação de uma linha de produtos educacionais para o ensino de robôs industriais, observam que o simples fornecimento de recursos tecnológicos não garante a construção do conhecimento, sendo fundamental que os estudantes sejam guiados em processos reflexivos que conectem as operações técnicas ao raciocínio computacional e à resolução de problemas. Essa perspectiva se alinha à de Álvarez Ariza (2023), que defende o uso de estratégias

baseadas em autoria estudantil, como vídeos explicativos e portfólios digitais, para fomentar a reflexão crítica e o protagonismo discente no uso das tecnologias educacionais. Ambas as abordagens reconhecem que o desenvolvimento de competências híbridas não ocorre pela simples execução de tarefas técnicas, mas pela intencionalidade didática e pelo envolvimento ativo do estudante na construção de soluções criativas e contextualizadas.

Já Chacón *et al.* (2024) ampliam o debate ao mostrarem que arquiteturas de laboratório remoto bem planejadas, integradas a interfaces intuitivas e plataformas robustas, permitem além simular a prática, garantir que ela ocorra de fato ainda que mediada e com alto grau de confiabilidade, reforçando a ideia de que tecnologia, quando bem empregada, pode não substituir o laboratório físico, mas expandir suas possibilidades. Entretanto, esse otimismo é temperado por Marín-Marín *et al.* (2024), que sugerem cautela ao lembrar que a adoção de tecnologias digitais precisa estar alinhada a objetivos educacionais claros, evitando o risco de se transformar em uma novidade descontextualizada, guiada mais pela estética da inovação do que pela profundidade da aprendizagem.

A partir desse conjunto de reflexões, torna-se evidente que os desafios para consolidar práticas docentes integradoras não se restringem à falta de equipamentos ou à resistência a novas metodologias, mas envolvem questões estruturais mais amplas, como o modelo de formação docente, o tempo disponível para planejamento pedagógico e o reconhecimento institucional das práticas inovadoras. As recomendações que emergem do diálogo entre esses autores apontam para a necessidade de construir ambientes de aprendizagem centrados na experimentação, apoiados por tecnologias acessíveis e mediados por professores capacitados e reflexivos, em que o desenvolvimento de competências híbridas seja promovido de forma contínua, situada e interdisciplinar

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados discutidos ao longo deste trabalho apontam com clareza para o potencial das metodologias integradoras na formação de competências híbridas no ensino técnico, especialmente quando fundamentadas em propostas que articulam eletrônica, automação e programação de forma interdisciplinar, prática e contextualizada. A experiência formativa ganha densidade quando o estudante é desafiado a resolver problemas reais por meio de projetos que exigem a mobilização simultânea de saberes diversos, a tomada de decisão fundamentada e a experimentação como processo de construção do conhecimento. Essa integração curricular para além de favorecer o domínio técnico, também amplia a compreensão sistêmica das tecnologias envolvidas nos processos produtivos contemporâneos.

Ficou evidente que a fragmentação dos conteúdos, ainda presente em muitos currículos da educação profissional, constitui um obstáculo relevante à consolidação de um perfil profissional mais autônomo, crítico e criativo. A superação dessa lógica demanda uma reorganização profunda das

práticas pedagógicas, ancorada não somente na introdução de tecnologias digitais, mas na criação de ambientes de aprendizagem que valorizem a resolução de problemas, o raciocínio computacional e a construção coletiva do saber. O uso de kits interativos, laboratórios remotos e plataformas digitais se mostrou eficaz quando vinculado a uma intencionalidade didática clara, alinhada a objetivos formativos que extrapolam a simples execução de comandos e promovem o entendimento integral dos sistemas.

A função do professor aparece, nesse contexto, como elemento central. A mediação docente qualificada é o ponto de articulação entre os recursos tecnológicos disponíveis e as experiências significativas de aprendizagem. Não basta disponibilizar equipamentos ou propor atividades fragmentadas; é necessário planejar, orientar, problematizar e acompanhar os processos, reconhecendo o estudante como protagonista de sua formação. Isso exige formação continuada, tempo para o planejamento pedagógico e apoio institucional efetivo para que as práticas inovadoras possam se consolidar e gerar impacto.

Este estudo contribui ao evidenciar que a formação de competências híbridas é possível, viável e necessária, desde que se considere a complexidade do processo educativo, respeitando a singularidade dos contextos e investindo na construção de estratégias que aliem prática, teoria e tecnologia de forma articulada. A interdisciplinaridade, quando assumida como princípio pedagógico e não como exceção pontual, transforma a forma como o conhecimento é construído, experimentado e ressignificado no cotidiano da formação técnica.

Entre as limitações desta investigação, destaca-se a abordagem teórica e interpretativa que, embora profunda e analítica, não se propôs a validar dados empíricos específicos, o que abre espaço para que estudos futuros possam aplicar essas reflexões em contextos concretos, com coleta de dados primários, avaliação de impacto e acompanhamento longitudinal das práticas. Além disso, é necessário ampliar o debate sobre a formação de professores para o uso integrado das tecnologias e aprofundar as estratégias de inclusão digital nos ambientes educacionais, garantindo que todos os estudantes tenham acesso efetivo às oportunidades de aprendizagem oferecidas por esses recursos.

Fica como proposição final a necessidade de uma revisão profunda dos currículos da educação profissional e tecnológica, baseada em conteúdos atualizados, e em formas novas de organizar a experiência formativa, reconhecendo que aprender, hoje, é também saber integrar, interpretar, criar e agir num mundo onde as fronteiras entre saberes, linguagens e tecnologias estão cada vez mais tênues.



REFERÊNCIAS

ALARFAJ, M.; MOHAMED, S. R.; CHTOUROU, S.; ENSHASY, H.; ABOULNAGA, A.; HASSA, M. Experience of project based learning: challenges, assessment, and analysis. *International Journal of Engineering Pedagogy*, v. 14, n. 3, p. 123-139, 2024. DOI: 10.3991/ijep.v14i3.43849.

ÁLVAREZ ARIZA, J. Bringing active learning, experimentation and student created videos in engineering: a study about teaching electronics and physical computing integrating online and mobile learning. *Computer Applications in Engineering Education*, Hoboken, v. 31, p. 1723-1749, 2023. DOI: 10.1002/cae.22673.

CHACÓN, J.; VARGAS, H.; FARIAS, G.; SÁNCHEZ, J.; DORMIDO, S. EJS, JIL Server and LabVIEW: an architecture for rapid development of remote labs. *arXiv preprint*, 2024.

CHAU, C.; SU, V.; TRAN, K.; NGUYEN, C. Digital engineering approach for automation education: a case study in using digital learning factory. In: *GLOBAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE MANUFACTURING (GCSM 2024)*. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Singapore: Springer, 2025. p. 772-781. DOI: 10.1007/978-3-031-93891-7_85.

GAREFALAKIS, M.; KAMARIANAKIS, Z.; PANAGIOTAKIS, S. Towards a supervised remote laboratory platform for teaching microcontroller programming. *Information*, Basel, v. 15, n. 4, art. 209, 2024. DOI: 10.3390/info15040209.

JACKVONY, B.; JOUANEH, M. Building an educational automated mechatronics based sorting system. *Automation*, Basel, v. 5, n. 3, p. 297-309, 2024. DOI: 10.3390/automation5030018.

MARÍN MARÍN, J. A.; GARCÍA TUDELA, P. A.; DUO TERRÓN, P. Computational thinking and programming with Arduino in education: a systematic review for secondary education. *Heliyon*, v. 10, n. 8, e29177, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29177.

MUSTAKIM, W.; EFFENDI, H.; ASWARDI; GIATMAN, M.; HARIYADI; WULANDARI, D. P. Development of Internet of Things trainer kit as a learning media for digital circuit subjects in higher education. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, v. 20, n. 9, p. 4-16, 2024. DOI: 10.3991/ijoe.v20i09.48349.

PASRICHA, S. Embedded systems education in the 2020s: challenges, reflections, and future directions. *arXiv preprint*, 2022.

SOLIS PINO, A. F.; RUIZ, P. H.; HURTADO, J. A. A software product line as educational tool to learn industrial robots programming with Arduino. *Electronics*, Basel, v. 11, n. 5, art. 769, 2022. DOI: 10.3390/electronics11050769.

SUN, J. C.; PRATT, T. L. Navigating AI integration in career and technical education: diffusion challenges, opportunities, and decisions. *Education Sciences*, Basel, v. 14, n. 12, art. 1285, 2024.

TOKATLIDIS, C.; RAPTI, S.; TSELEGKARIDIS, S.; SAPOUNIDIS, T.; PAPAKOSTAS, D. Virtual environment in engineering education: the role of guidance, knowledge and skills development in electronic circuits teaching. *Education Sciences*, Basel, v. 14, n. 12, art. 1336, 2024. DOI: 10.3390/educsci14121336.

TSELEGKARIDIS, S.; SAPOUNIDIS, T.; PAPAKOSTAS, D. Learning circuits and coding with Arduino board in higher education using tangible and graphical user interfaces. *Information*, Basel, v. 15, n. 5, art. 245, 2024. DOI: 10.3390/info15050245.



TUFINO, E.; ORGANTINI, G. Evaluation of the effectiveness of an introductory mechanics lab with Arduino and smartphone. arXiv preprint, 2023.

TUTKYSHBAYEVA, S.; ZAKIROVA, A. Analysing IoT digital education: fostering students' understanding and digital literacy. International Journal of Engineering Pedagogy, v. 14, n. 4, p. 4-23, 2024. DOI: 10.3991/ijep.v14i4.45489.