



FAB LABS DA FIRJAN: COMPETÊNCIAS PARA O FUTURO DO TRABALHO

FIRJAN FAB LABS: COMPETENCIES FOR THE FUTURE OF WORK

André Yuiti Ozawa¹

Data de submissão: (06/02/2026) Data de aprovação: (03/08/2026)

RESUMO

Este artigo analisa os Fab Labs da Firjan - com destaque para o Fab Lab da Casa Firjan e para unidades da rede Firjan SENAI - como ambientes de aprendizagem prática com potencial para favorecer o desenvolvimento de competências para o futuro do trabalho. A partir de revisão bibliográfica e análise descritivo-analítica de registros institucionais, documentos públicos e materiais da trajetória de implantação desses ambientes, discute-se como situações formativas recorrentes - oficinas tecnológicas, *Open Days*, cursos, projetos aplicados e práticas de prototipagem - podem favorecer a mobilização integrada de competências digitais, socioemocionais, empreendedoras e sustentáveis. O estudo não se propõe a medir impacto direto sobre a aprendizagem dos participantes, mas a construir uma leitura analítica sobre evidências de desempenho que podem ser observadas em práticas de prototipagem, tais como artefatos produzidos, parâmetros técnicos, registros de teste, documentação de processo e comunicação das decisões de projeto. Argumenta-se que a prototipagem, quando mediada por critérios explícitos de segurança, qualidade, documentação, sustentabilidade e reflexão sobre *trade-offs*, pode transformar o aprender fazendo em oportunidade de observação do desempenho, aproximando currículo, prática produtiva e demandas emergentes da indústria. Conclui-se que Fab Labs podem operar como infraestrutura pedagógica para itinerários e avaliação por competências na educação profissional, desde que sustentados por intencionalidade curricular, mediação qualificada, critérios avaliativos claros e conexão consistente com desafios reais de setores produtivos e agendas de sustentabilidade. Reconhece-se, como limitação, que a análise se baseia em documentos institucionais e registros públicos, sem observação em campo ou coleta direta de dados com estudantes, docentes, participantes ou parceiros industriais.

Palavras-chave: Fab Lab; competências; educação profissional; prototipagem; sustentabilidade.

ABSTRACT

This paper analyzes Firjan Fab Labs - highlighting Casa Firjan's Fab Lab and units within the Firjan SENAI network - as hands-on learning environments with the potential to support the development of competencies for the future of work. Based on a literature review and a descriptive-analytical analysis of institutional records, public documents, and materials related to the implementation of these environments, it examines how recurring training situations - technology workshops, Open Days, courses, applied projects, and prototyping

¹ Coordenador de Conteúdos de Inovação na FIRJAN Sesi-SENAI E-mail: aozawa@firjan.com.br



practices - may foster the integrated mobilization of digital, socio-emotional, entrepreneurial, and sustainability-related competencies. The study does not aim to measure direct learning outcomes, but rather to develop an analytical interpretation of performance evidence that may emerge from prototyping practices, such as produced artifacts, technical parameters, testing records, process documentation, and communication of design decisions. It argues that prototyping, when mediated by explicit criteria for safety, quality, documentation, sustainability, and reflection on trade-offs, can turn learning by making into an opportunity to observe performance, bridging curricula, productive practice, and emerging industrial demands. The paper concludes that Fab Labs may function as pedagogical infrastructure for competency-based pathways and assessment in vocational education, provided they are supported by curricular intentionality, qualified mediation, clear assessment criteria, and consistent connections to real sectoral challenges and sustainability agendas. As a limitation, the analysis is based on institutional documents and public records and does not include field observation or direct data collection with students, teachers, participants, or industrial partners.

Keywords: Fab Lab; competencies; vocational education; prototyping; sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A educação profissional tem sido pressionada por mudanças estruturais no mundo do trabalho, marcadas por digitalização de processos, automação, reconfiguração de perfis ocupacionais e pela transição para uma economia de baixo carbono, que reposiciona a sustentabilidade como requisito produtivo e competitivo. No período recente, esse cenário tornou-se ainda mais complexo com a aceleração de práticas híbridas de aprendizagem e trabalho após a pandemia de Covid-19, com a ampliação do uso de tecnologias digitais, inteligência artificial e ferramentas de prototipagem, além da emergência de novas formas de interação entre estudantes, docentes, instituições formadoras e setores produtivos. Nesse contexto, instituições de educação profissional enfrentam o desafio de construir currículos que não apenas transmitam conteúdos técnicos, mas desenvolvam competências capazes de sustentar desempenho em situações incertas, interdisciplinares, colaborativas e orientadas a resultados. A chamada do Dossiê Temático do SENAI-SP reforça esse desafio ao enfatizar competências emergentes, inovação metodológica e parcerias que conectem teoria, prática e mundo do trabalho (Revista Científica SENAI-SP, 2025).

A literatura recente converge para uma compreensão ampliada de competência como mobilização integrada de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores em situações complexas. Essa perspectiva desloca o foco do saber para o saber agir, tornando centrais processos como tomada de decisão, justificativa técnica, comunicação, aprendizagem contínua e responsabilidade socioambiental (OECD, 2019). Para a educação profissional, isso implica organizar experiências formativas em que decisões, processos e produtos sejam observáveis, analisáveis e avaliáveis por evidências. Assim, mais do que afirmar genericamente que determinada prática melhora a aprendizagem, torna-se necessário explicitar quais evidências permitem observar a mobilização de competências e quais limites existem entre potencial pedagógico, indícios de desempenho e resultados efetivamente

medidos.

Nesse ponto, os Fab Labs se tornam relevantes. Ao combinar acesso a ferramentas de fabricação digital com práticas da cultura *maker*, esses ambientes tornam palpáveis elementos-chave do desenvolvimento de competências: (i) a materialidade das decisões - parâmetros, tolerâncias, materiais, tempo, custo e acabamento; (ii) a iteração como método - testar, falhar, ajustar e melhorar; e (iii) a aprendizagem social - colaboração, negociação de requisitos, crítica e documentação. Quando estruturadas pedagogicamente, situações típicas de Fab Labs, como oficinas por tecnologia, *Open Days* temáticos e projetos aplicados, podem funcionar como contextos de aprendizagem situada, nos quais competências digitais e transversais tendem a ser mobilizadas de forma integrada (Blikstein, 2013; Martin, 2015; Rayna; Striukova, 2021). Entretanto, esse potencial não é automático: depende de mediação pedagógica, clareza de objetivos, critérios de avaliação e documentação sistemática dos processos de aprendizagem e prototipagem.

Este artigo analisa o Fab Lab da Casa Firjan e a rede de Fab Labs da Firjan SENAI como ecossistemas de aprendizagem voltados ao desenvolvimento de competências para o futuro do trabalho. Busca-se: (a) articular fundamentos teóricos sobre competências, cultura *maker*, fabricação digital e aprendizagem baseada em projetos; (b) interpretar, a partir de documentos institucionais e registros públicos, quais situações formativas caracterizam esses ambientes; e (c) discutir como tais situações podem mobilizar competências digitais, socioemocionais, sustentáveis e empreendedoras, indicando evidências que podem sustentar processos de avaliação por competências. Trata-se, portanto, de uma análise qualitativa e documental, cujo alcance está concentrado na interpretação de materiais institucionais e na proposição de categorias analíticas, sem pretensão de mensurar resultados de aprendizagem ou impactos diretos sobre empregabilidade, desempenho profissional ou inserção produtiva.

A contribuição pretendida é oferecer uma leitura sistematizada sobre como práticas de prototipagem em Fab Labs podem ser descritas, organizadas e avaliadas a partir de evidências de desempenho, contribuindo para o debate sobre metodologias ativas, cultura *maker* e educação profissional orientada por competências. Ao mesmo tempo, reconhece-se a necessidade de estudos futuros com observação em campo, coleta de dados com participantes e análise de resultados efetivos de aprendizagem, de modo a fortalecer empiricamente as conclusões aqui apresentadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Competências e futuro do trabalho: dimensões digitais, socioemocionais e verdes

Relatórios internacionais apontam que inovação tecnológica, automação e transição ecológica reorganizam tarefas e perfis profissionais, elevando a demanda por pensamento analítico, aprendizagem contínua, colaboração e competências relacionadas à sustentabilidade (World Economic Forum, 2025). Em paralelo, a OCDE define competência como integração entre conhecimentos, habilidades, atitudes e valores mobilizados em contextos complexos, o que amplia o escopo da avaliação para além de conteúdos declarativos (OECD, 2019).

Essa compreensão torna-se particularmente relevante no contexto posterior à

pandemia de Covid-19, no qual ambientes educacionais e produtivos passaram a operar de forma mais híbrida, mediada por tecnologias digitais e por novas formas de interação entre sujeitos, instituições e trabalho. Assim, competências para o futuro não podem ser reduzidas à aquisição de ferramentas ou ao domínio instrumental de tecnologias; elas envolvem a capacidade de interpretar problemas, colaborar, produzir soluções, documentar processos e tomar decisões em cenários instáveis.

No recorte socioambiental, *green skills* são descritas como competências necessárias para apoiar processos e resultados sustentáveis em diferentes setores, combinando dimensões técnicas e comportamentais (UNESCO-UNEVOC, [20--?]). A OIT reforça que políticas de qualificação devem antecipar transições ocupacionais e integrar competências transversais associadas a uma economia mais verde (ILO, 2019). Na educação profissional, isso significa considerar sustentabilidade não apenas como conteúdo temático, mas como critério de projeto, processo e avaliação: escolha de materiais, uso eficiente de recursos, redução de resíduos, reparabilidade, circularidade e responsabilidade sobre os efeitos sociais e ambientais das soluções produzidas.

Desse modo, o desenvolvimento de competências digitais, socioemocionais, empreendedoras e sustentáveis exige situações formativas em que o desempenho possa ser observado em ação. A análise de um protótipo, por exemplo, não se limita ao produto final; envolve arquivos digitais, parâmetros de fabricação, registros de teste, justificativas técnicas, decisões de equipe, reformulações e comunicação dos resultados. Esses elementos podem constituir evidências de desempenho, embora não sejam, por si só, indicadores suficientes de aprendizagem efetivamente medida.

2.2 Cultura maker, construcionismo e fabricação digital

A cultura *maker* se sustenta em tradições que valorizam autoria, experimentação e produção de artefatos como vias de aprendizagem. O construcionismo de Papert propõe que aprender se aprofunda quando o sujeito constrói algo significativo, passível de ser compartilhado e discutido, articulando ação e reflexão (Papert, 1993). A fabricação digital amplia esse horizonte ao introduzir uma ecologia de ferramentas que conectam computação, materiais e produção. Gershenfeld descreve a fabricação pessoal como uma transformação comparável à popularização do computador pessoal, com implicações diretas para educação e inovação (Gershenfeld, 2005).

A Fab Charter define os Fab Labs como uma rede global de laboratórios locais que possibilita a invenção por meio do acesso a ferramentas de fabricação digital (Fab Foundation, [20--?]). Na educação profissional, esse princípio pode ser lido como tríade pedagógica: acesso à infraestrutura, participação em rede e invenção orientada à resolução de problemas por prototipagem.

Entretanto, considerando as observações dos pareceres e a evolução recente das tecnologias educacionais e produtivas, é necessário explicitar que parte significativa da literatura fundadora sobre cultura *maker*, construcionismo e fabricação digital antecede transformações recentes, como a ampliação de práticas híbridas de aprendizagem, a disseminação de plataformas digitais, a incorporação de inteligência artificial em processos criativos e produtivos e as mudanças nas formas de interação educacional após a pandemia. Por isso, os estudos clássicos são mobilizados aqui como base conceitual, mas não como evidência suficiente para afirmar efeitos atuais de aprendizagem em Fab Labs específicos.

O potencial educativo do fazer não é automático: depende de mediação e intencionalidade para evitar reduções a execução procedural e a resultados pouco reflexivos (Blikstein, 2013; Halverson; Sheridan, 2014). Em outras palavras, o simples acesso a máquinas de fabricação digital não garante aprendizagem significativa, desenvolvimento de competências ou melhoria de desempenho. Para que um Fab Lab opere como ambiente formativo, é necessário que as atividades sejam estruturadas por objetivos claros, critérios de qualidade, momentos de reflexão, documentação do processo e mediação docente ou técnica qualificada.

Essa distinção é central para o presente artigo. A análise não parte da premissa de que todo uso de Fab Labs gera aprendizagem, mas de que determinadas situações formativas, quando organizadas pedagogicamente, podem criar condições favoráveis à mobilização e à observação de competências.

2.3 Projetos, evidências e mediação pedagógica

A aprendizagem baseada em projetos fornece um arcabouço consistente para estruturar experiências *maker*: problemas abertos, investigação, produção de artefatos e reflexão. Revisões de literatura indicam benefícios, mas alertam que resultados dependem da qualidade de implementação, como alinhamento curricular, tempo, apoio docente e critérios claros (Condliffe *et al.*, 2017). Barron e Darling-Hammond defendem que a aprendizagem profunda se fortalece quando estudantes aplicam conhecimento a problemas do mundo real, apoiados por colaboração, investigação e reflexão (Barron; Darling-Hammond, 2010).

Em Fab Labs, isso se traduz em ciclos de prototipagem com critérios explícitos: requisitos, fabricação, testes, análise e iteração, processo que torna visíveis decisões e *trade-offs* (Martin, 2015). Esses ciclos podem gerar evidências avaliáveis, como versões sucessivas de um artefato, registros de parâmetros, justificativas para escolha de materiais, resultados de testes, documentação técnica e apresentação das decisões tomadas.

Contudo, é preciso diferenciar evidências avaliáveis de resultados de aprendizagem. Evidências avaliáveis são indícios produzidos ao longo da prática, capazes de apoiar a observação do desempenho. Resultados de aprendizagem, por sua vez, exigiriam instrumentos específicos de mensuração, comparação ou acompanhamento, como rubricas aplicadas a participantes, análise de evolução entre versões, entrevistas, questionários, observação em campo ou dados longitudinais. Como este artigo se baseia em análise documental, sua contribuição está em propor uma leitura analítica sobre possíveis evidências de desempenho, e não em comprovar empiricamente ganhos de aprendizagem.

Essa distinção responde a uma limitação metodológica importante: a literatura sobre projetos e cultura *maker* oferece fundamentos para compreender por que a prototipagem pode favorecer a aprendizagem, mas não autoriza, isoladamente, afirmar que houve melhoria efetiva de aprendizagem nos casos analisados. Por isso, as formulações deste artigo adotam termos como potencial, possibilidade, indícios e condições favoráveis, preservando a coerência entre o corpus documental e o alcance das conclusões.

3 METODOLOGIA

Este estudo adota abordagem qualitativa e caráter aplicado, combinando revisão bibliográfica sobre competências, cultura *maker*, fabricação digital e aprendizagem baseada em projetos com análise documental de materiais institucionais públicos relativos ao Fab Lab da Casa Firjan e à rede Firjan SENAI (Casa Firjan, 2025, [20--?]; Firjan, 2014, 2018a, 2018b, 2018c, 2019a, 2019b, 2024, 2025, [20--?]).

O estudo é classificado como análise qualitativa, documental e descritivo-analítica, e não como pesquisa de avaliação de impacto ou pesquisa experimental. O corpus empírico é composto por documentos institucionais públicos, páginas informativas, notícias, registros de ações e materiais de divulgação relacionados aos Fab Labs da Firjan. Esses materiais permitem identificar finalidades declaradas, formatos de oferta, públicos atendidos, tipos de atividade e possibilidades de articulação pedagógica, mas não permitem medir diretamente aprendizagem, desempenho individual, empregabilidade ou impacto sobre trajetórias profissionais.

A análise documental foi orientada por três eixos: (a) como os Fab Labs são descritos, considerando finalidades, públicos e formatos; (b) quais situações formativas são recorrentes, como oficinas, *Open Days*, cursos, projetos e ações com a indústria; e (c) que evidências de desempenho podem ser potencialmente mobilizadas em práticas de prototipagem, como artefatos, parâmetros, testes, documentação e comunicação.

Para tornar mais clara a ponte entre método e discussão, a análise seguiu quatro movimentos interpretativos. Primeiro, foram identificadas as situações formativas descritas nos documentos institucionais. Segundo, essas situações foram relacionadas a fundamentos da literatura sobre competências, fabricação digital, cultura *maker* e aprendizagem baseada em projetos. Terceiro, foram inferidas possíveis competências mobilizadas em cada situação, sem assumir que elas foram efetivamente desenvolvidas ou mensuradas. Quarto, foram sistematizadas evidências de desempenho que poderiam apoiar processos futuros de avaliação por competências.

O procedimento analítico, portanto, não buscou comprovar resultados de aprendizagem, mas organizar categorias para interpretar o potencial pedagógico dos Fab Labs como ambientes de formação profissional. As categorias utilizadas foram: competências digitais, competências socioemocionais, competências empreendedoras, competências sustentáveis, situações formativas, mediação pedagógica e evidências de desempenho.

Por se tratar de análise documental de materiais públicos, o estudo não envolveu interação com seres humanos, aplicação de questionários, entrevistas, observação participante, registro fotográfico próprio ou coleta de dados pessoais. Dessa forma, não houve produção de dados primários com participantes.

Reconhece-se como limitação a ausência de observação em campo. Também se reconhece que o uso de materiais institucionais restringe o alcance crítico da análise, pois tais documentos descrevem iniciativas a partir de uma perspectiva institucional. Essa limitação impede generalizações e recomenda cautela na formulação das conclusões. O objetivo, portanto, é construir uma leitura analítica aplicável ao desenho de itinerários formativos e instrumentos de avaliação por competências, indicando possibilidades e critérios, e não resultados empiricamente comprovados.

Estudos futuros poderão complementar esta abordagem com observação direta em



Fab Labs, entrevistas com docentes, estudantes e parceiros industriais, aplicação de rubricas de desempenho, análise de portfólios, acompanhamento de projetos e comparação entre momentos formativos. Esses procedimentos permitiriam verificar se as evidências aqui propostas se traduzem, de fato, em desenvolvimento de competências e em resultados de aprendizagem mensuráveis.

4 FAB LABS DA FIRJAN COMO AMBIENTES FORMATIVOS E CAMPO INSTITUCIONAL DE ANÁLISE

Esta seção caracteriza os Fab Labs da Firjan a partir de registros institucionais, documentos públicos e da trajetória de implantação desses ambientes na Casa Firjan e na rede Firjan SENAI. Diferentemente de abordagens que tratam tais dados apenas como enunciados institucionais, este estudo os utiliza como base empírica para a descrição de estruturas, ações e finalidades efetivamente implementadas no campo da educação profissional, da prototipagem e da inovação aplicada. Do ponto de vista metodológico, adota-se uma abordagem descritivo-analítica, na qual os dados institucionais são considerados válidos para caracterização do objeto, ao mesmo tempo em que se delimita o alcance das inferências possíveis, evitando extrapolações sobre resultados de aprendizagem não diretamente mensurados.

Materiais institucionais descrevem os Fab Labs da Firjan como espaços de criação e prototipagem com ferramentas de fabricação digital, voltados ao desenvolvimento de projetos e à inovação no ensino. No caso da Casa Firjan, o Fab Lab integra uma proposta de experimentação e democratização do acesso a tecnologias, por meio de cursos, oficinas e iniciativas de abertura ao público, como os Open Days (Casa Firjan, 2025, [20--?]; Firjan, 2018a, 2018b). Na rede Firjan SENAI, registros institucionais indicam a presença de Fab Labs em diferentes unidades, com recursos como impressão 3D, digitalização 3D, fresagem, corte a laser e espaços de acabamento, associados à inovação no ensino e à aproximação entre formação profissional, indústria e desenvolvimento de soluções (Firjan, 2018c, 2019b, 2025).

Assumir essa perspectiva interna permite compreender os Fab Labs não apenas como objetos descritos em documentos, mas como parte de uma estratégia institucional de formação profissional baseada na integração entre infraestrutura tecnológica, práticas de aprendizagem aplicada e relação com demandas produtivas. Essa estratégia se expressa tanto em ações abertas ao público, como os *Open Days*, quanto em cursos, oficinas, projetos e iniciativas vinculadas a setores industriais específicos.

Do ponto de vista científico, contudo, é importante distinguir três níveis de análise. O primeiro nível é factual e institucional: os Fab Labs existem, possuem infraestrutura própria, realizam ações formativas e integram a atuação da Firjan no campo da educação profissional e da inovação. O segundo nível é analítico: essas ações podem ser interpretadas à luz da literatura sobre cultura *maker*, fabricação digital, aprendizagem baseada em projetos e competências para o futuro do trabalho. O terceiro nível é avaliativo: a mensuração de efeitos sobre aprendizagem, empregabilidade ou desempenho profissional exigiria instrumentos específicos, como observação em campo, rubricas, questionários, entrevistas ou acompanhamento longitudinal. Este artigo se concentra nos dois primeiros níveis e indica caminhos para o terceiro.

Uma leitura pedagógica desses ambientes evidencia três traços decisivos para a educação profissional: (i) materialidade das decisões - parâmetros e escolhas deixam rastros



verificáveis; (ii) iteração - protótipos funcionam como instrumentos para testar hipóteses e negociar requisitos; e (iii) aprendizagem social - colaboração, comunicação técnica e documentação integram o trabalho. Esses traços correspondem à própria natureza das atividades desenvolvidas em Fab Labs, nas quais a aprendizagem se organiza em torno de problemas, materiais, máquinas, parâmetros, testes, erros, ajustes e comunicação de resultados.

Na experiência institucional da Firjan, esses elementos permitem compreender os Fab Labs como ambientes formativos nos quais competências podem ser mobilizadas em situação. A competência digital aparece no uso intencional de softwares, equipamentos e processos de fabricação; a competência socioemocional emerge na colaboração, na persistência diante do erro e na comunicação de decisões; a competência empreendedora se manifesta na leitura de problemas, na proposição de soluções e na avaliação de viabilidade; e a competência sustentável pode ser incorporada por meio de critérios de materialidade, redução de resíduos, reparabilidade, circularidade e responsabilidade sobre os impactos do projeto.

Ainda assim, para manter coerência metodológica, a análise delimita que a participação em Fab Labs não implica, de forma automática, o desenvolvimento das competências mencionadas. Considera-se, de maneira mais precisa, que as situações formativas nesses ambientes configuram condições potenciais para sua mobilização, sobretudo quando articuladas a mediação pedagógica, critérios explícitos, documentação do processo e conexão com desafios reais.

Quadro 1 - Evidências institucionais sobre a rede de Fab Labs da Firjan e categorias formativas associadas

Unidade / ação	Evidência institucional	Foco formativo indicado pela experiência	Leitura analítica para competências
Casa Firjan - Botafogo, RJ	Página institucional descreve o Fab Lab, suas ferramentas, cursos, oficinas e iniciativas de abertura ao público, como o Open Day (Casa Firjan, 2025, [20--?]; Firjan, 2018a, 2018b).	Democratização do acesso; letramento tecnológico; cultura maker; aprendizagem prática.	Mobilização de competências digitais e socioemocionais por meio do acesso orientado a tecnologias, experimentação e produção de artefatos.
Unidades Firjan SENAI, como Baixada	Registro institucional descreve ambientes de criação, impressão e digitalização 3D, fresagem, corte a laser e acabamento, vinculados à inovação no ensino (Firjan, 2018c).	Progressão técnica; segurança; qualidade; integração de processos.	Articulação entre formação técnica, controle de processo, operação segura e evidências materiais de desempenho.
Jacarepaguá e outras unidades da rede	Registro institucional apresenta a expansão de Fab Labs no estado, indicando capilaridade da estratégia na rede Firjan SENAI (Firjan, 2019b).	Capilaridade; acesso; padronização de práticas; atuação em rede.	Possibilidade de construção de itinerários formativos articulados em rede, com circulação de práticas, metodologias e repertórios tecnológicos.



Unidade / ação	Evidência institucional	Foco formativo indicado pela experiência	Leitura analítica para competências
Open Day Casa Firjan - Construção	Registro institucional apresenta ação voltada ao setor da construção, com ênfase na vivência de inovação aplicada ao setor (Firjan, 2024).	Conexão com indústria; requisitos e stakeholders; prototipagem aplicada.	Mobilização de competências empreendedoras, comunicacionais e sustentáveis a partir da leitura de problemas setoriais e de critérios de projeto.
Nova Iguaçu, RJ	Registro de inauguração ressalta prototipagem de soluções para segmentos industriais (Firjan, 2025).	Prototipagem para a indústria; resolução de problemas; empregabilidade.	Relação entre fabricação digital, desafios produtivos, desenvolvimento de soluções e formação profissional orientada por competências.

Fonte: elaboração própria a partir de documentos e registros institucionais da Firjan.

A leitura do quadro permite observar que os Fab Labs da Firjan não se restringem a uma infraestrutura laboratorial. Eles constituem ambientes de aprendizagem aplicada nos quais tecnologias, problemas, projetos e critérios de desempenho podem ser combinados para apoiar itinerários formativos na educação profissional. O dado institucional é, portanto, tratado como base empírica de caracterização; a inferência científica recai sobre como tais ações podem ser compreendidas à luz da literatura e de que modo podem subsidiar modelos de avaliação por competências.

Com essa delimitação, evita-se uma dupla fragilidade: de um lado, o risco de transformar a seção em divulgação institucional; de outro, o risco de enfraquecer os dados da própria Firjan como se fossem apenas enunciados promocionais. A posição adotada é intermediária e metodologicamente mais consistente: reconhece-se a experiência institucional como válida e concreta, ao mesmo tempo em que se preserva a cautela necessária quanto à mensuração de resultados de aprendizagem.

A partir dessa caracterização, a seção seguinte analisa situações formativas típicas associadas aos Fab Labs da Firjan - *Open Days* setoriais, oficinas por tecnologia, projetos aplicados e práticas orientadas à sustentabilidade - como contextos em que competências digitais, socioemocionais, empreendedoras e sustentáveis podem ser mobilizadas, observadas e futuramente avaliadas por evidências de processo e produto.

5 SITUAÇÕES FORMATIVAS EM FAB LABS E MOBILIZAÇÃO DE COMPETÊNCIAS

Em Fab Labs, competências se manifestam em situações concretas. Em vez de tratar o espaço como catálogo de máquinas, esta seção analisa situações recorrentes e descreve como elas podem mobilizar competências, indicando quais evidências tornam o desempenho observável. A prototipagem é entendida como linguagem de aprendizagem: um ciclo que explicita decisões, produz artefatos testáveis e sustenta iteração e documentação (Blikstein, 2013; Martin, 2015).

Na experiência da Firjan, essas situações formativas aparecem em diferentes



formatos - *Open Days*, oficinas tecnológicas, cursos e projetos aplicados - e articulam infraestrutura, mediação técnica e desafios de produção. A análise aqui proposta não busca hierarquizar essas ações, mas compreender de que modo elas podem ser organizadas como contextos de aprendizagem aplicada, nos quais competências digitais, socioemocionais, empreendedoras e sustentáveis se tornam observáveis por meio de processos, decisões e produtos.

Essa abordagem permite deslocar a análise da atividade em si para o desempenho que ela convoca. Assim, uma oficina de impressão 3D, por exemplo, não é analisada apenas como experiência de acesso a uma tecnologia, mas como situação em que o participante precisa interpretar requisitos, escolher parâmetros, lidar com falhas, justificar decisões e documentar resultados. Do mesmo modo, um *Open Day* setorial não é considerado apenas como ação de divulgação tecnológica, mas como ambiente de aproximação entre problemas produtivos, repertórios técnicos e critérios de solução.

5.1 Open Day setorial: aproximação entre tecnologia, setor produtivo e critérios de solução

Open Days orientados por setor industrial funcionam como mediação entre repertório técnico e problemas reais. A experiência se organiza como leitura de necessidades e restrições - segurança, ergonomia, custo, produtividade e conformidade -, o que pode favorecer competências empreendedoras e socioemocionais: negociar requisitos, distribuir tarefas e comunicar escolhas sob tempo limitado. Em paralelo, competências digitais aparecem na tradução de requisitos em parâmetros de fabricação, modelagem e preparação de arquivos.

No contexto da Firjan, ações como *Open Days* setoriais cumprem uma função formativa relevante ao aproximar o público de problemas, linguagens e critérios próprios de determinados segmentos produtivos. Essa aproximação não significa, por si só, formação profissional completa ou desenvolvimento comprovado de competências, mas cria uma situação de aprendizagem em que tecnologia, setor econômico e tomada de decisão podem ser trabalhados de forma integrada.

Do ponto de vista temático, essa situação explicita inovação incremental e engenharia de requisitos aplicada. Sustentabilidade pode entrar como critério técnico - materiais, desperdício, reparabilidade -, tornando a transição verde parte do processo decisório (ILO, 2019; UNESCO-UNEVOC, 2017). Evidências avaliáveis incluem critérios de sucesso explicitados, parâmetros registrados, decisões justificadas e resultados de teste documentados.

Nesse tipo de atividade, o valor formativo não está apenas no contato com máquinas ou processos, mas na possibilidade de transformar uma experiência breve em situação estruturada de observação: que problema foi apresentado, quais restrições foram consideradas, que escolhas técnicas foram feitas, como os participantes justificaram essas escolhas e que evidências foram produzidas ao final do processo.

5.2 Oficinas por tecnologia: impressão 3D, corte a laser e CNC

Oficinas centradas em tecnologia ganham potência formativa quando enfatizam

decisão e controle de processo. Na impressão 3D, compreender como orientação, suportes e densidade impactam tempo, acabamento e resistência é mais relevante do que apenas executar uma impressão. No corte a laser, decisões sobre material, potência e layout afetam qualidade e desperdício. Em CNC, fixação, ferramenta, trajetória e tolerância aproximam o estudante de práticas industriais.

Essa leitura é especialmente importante para evitar que oficinas tecnológicas sejam reduzidas a demonstrações operacionais. Em uma perspectiva de educação profissional orientada por competências, o domínio de uma máquina não se limita à sequência de comandos necessários para utilizá-la, mas envolve compreender variáveis de processo, antecipar riscos, ajustar parâmetros, avaliar qualidade e registrar decisões de modo reprodutível.

Nessas situações, aprendizagem se torna evidenciável por rastros: arquivos, versões, parâmetros, tempos de máquina e registros de falha e correção. Competências socioemocionais aparecem na autonomia e na capacidade de colaboração; competências empreendedoras, na estimativa de custo e viabilidade. Tematicamente, consolidam letramento tecnológico e pensamento de processo (Gershenfeld, 2005).

No caso dos Fab Labs da Firjan, oficinas por tecnologia podem ser compreendidas como portas de entrada para repertórios técnicos mais amplos. Elas permitem iniciar participantes no uso de ferramentas de fabricação digital, mas também podem funcionar como situações de progressão formativa quando articuladas a critérios de segurança, qualidade, documentação e melhoria contínua. Desse modo, a oficina deixa de ser apenas uma vivência pontual e passa a constituir uma unidade observável de desempenho técnico.

5.3 Projetos aplicados: da ideia ao protótipo

Projetos integradores tornam competências observáveis por exigir encadeamento completo: problema, requisitos, fabricação, testes, iteração, documentação e comunicação. A prototipagem atua como dispositivo de aprendizagem e avaliação: o percurso de decisões e refinamentos é tão importante quanto o protótipo final. A estrutura se alinha ao PBL ao exigir investigação e reflexão apoiadas por critérios claros (Barron; Darling-Hammond, 2010; Condliffe *et al.*, 2017).

Na perspectiva institucional da Firjan, projetos aplicados são particularmente relevantes porque aproximam formação profissional, cultura de inovação e desafios reais ou simulados de setores produtivos. O protótipo, nesse contexto, não é apenas um objeto final, mas uma síntese provisória de decisões técnicas, restrições materiais, hipóteses de uso, testes realizados e aprendizagens documentadas.

Em socioemocionais, projetos demandam coordenação, negociação e comunicação técnica. Em empreendedoras, favorecem validação com usuários e argumentação de valor, especialmente quando conectados a necessidades reais (Rayna; Striukova, 2021). Evidências avaliáveis incluem requisitos explícitos, *logs* de teste, iterações rastreáveis e documentação técnica coerente.

A análise de projetos aplicados permite observar a integração entre diferentes dimensões de competência. A competência digital aparece na modelagem, fabricação e parametrização; a competência socioemocional, na organização coletiva do trabalho e na gestão de conflitos; a competência empreendedora, na leitura de necessidade e na argumentação de valor; e a competência sustentável, quando critérios de material, ciclo de

vida, reparabilidade ou redução de resíduos são incorporados ao projeto.

Por essa razão, projetos da ideia ao protótipo constituem uma das situações mais consistentes para avaliação por evidências em Fab Labs. Eles permitem acompanhar não apenas o que foi produzido, mas como o problema foi interpretado, como as alternativas foram escolhidas, como as falhas foram enfrentadas e como as decisões foram justificadas ao longo do percurso.

5.4 Sustentabilidade e circularidade como critério de projeto e processo

Quando sustentabilidade entra como critério explícito, o Fab Lab se converte em laboratório de circularidade: design para reparo, modularidade, desmontagem, reaproveitamento e seleção de materiais. Isso desloca o foco do fazer para o fazer com responsabilidade, em linha com orientações de *greening TVET* e debates sobre *green skills* (UNESCO-UNEVOC, 2017, [20--?]).

No contexto da educação profissional, a sustentabilidade não deve aparecer apenas como tema complementar ou valor abstrato. Em ambientes de fabricação digital, ela pode ser traduzida em decisões concretas: escolha de materiais, redução de perdas no corte, reaproveitamento de sobras, desenho para desmontagem, estimativa de tempo de máquina, consumo energético, durabilidade, manutenção e descarte.

O ganho pedagógico é a verificabilidade: massa de resíduos, otimização de layout, reuso de sobras, estimativas de energia e tempo e desenho para vida útil. Indicadores simples sustentam avaliação por evidências e conectam formação técnica à transição verde (ILO, 2019).

Essa perspectiva aproxima os Fab Labs da Firjan das discussões contemporâneas sobre competências verdes na educação profissional. Ao incorporar sustentabilidade como critério de projeto e processo, a formação desloca o participante de uma lógica centrada apenas na produção do objeto para uma lógica de responsabilidade técnica, ambiental e social sobre as escolhas realizadas.

Com isso, a circularidade deixa de ser apenas conteúdo conceitual e passa a ser praticada como decisão de projeto. A escolha de uma chapa, a disposição das peças no arquivo de corte, a possibilidade de reparo de um componente, a redução de suportes na impressão 3D ou a comparação entre materiais tornam-se evidências observáveis de uma aprendizagem orientada por critérios de sustentabilidade.

Quadro 2 - Situações formativas, competências mobilizadas, temáticas e evidências avaliáveis

Situação típica	Competências mobilizadas	Temáticas estruturantes	Evidências avaliáveis
Open Day setorial	Digitais; empreendedoras; socioemocionais	Requisitos; inovação incremental; comunicação técnica; sustentabilidade como critério	Critérios de sucesso; justificativas; parâmetros e versões; testes; trade-offs
Oficina por tecnologia	Digitais; autonomia; controle de processo	Letramento tecnológico; qualidade; segurança; custo e tempo	Parâmetros; checklist; peça com tolerância; falhas e correções; documentação

Situação típica	Competências mobilizadas	Temáticas estruturantes	Evidências avaliáveis
Projeto aplicado	Integração de competências	PBL; validação; documentação; melhoria contínua	Requisitos; logs; iterações; relatório técnico; apresentação
Circularidade / greening TVET	Sustentáveis; decisão técnica	Economia circular; ecoeficiência; design para reparo	Massa de resíduos; redesign; modularidade; justificativa de material e processo

Fonte: elaboração própria, com base em *making*, PBL e *greening TVET*.

O Quadro 2 sintetiza a passagem de uma leitura centrada em atividades para uma leitura centrada em situações de desempenho. Essa mudança é relevante porque permite organizar os Fab Labs como ambientes avaliáveis: não se trata apenas de registrar que uma atividade ocorreu, mas de identificar que competências foram convocadas, que critérios orientaram a ação e que evidências foram produzidas ao longo do processo.

Essa sistematização também contribui para a construção de itinerários formativos. *Open Days* podem funcionar como experiências introdutórias e de sensibilização; oficinas por tecnologia podem consolidar repertórios técnicos e segurança operacional; projetos aplicados podem integrar competências em desafios mais complexos; e práticas de circularidade podem transversalizar a sustentabilidade como critério de decisão. Assim, os Fab Labs da Firjan podem ser compreendidos como ambientes capazes de articular diferentes níveis de complexidade formativa, desde a aproximação inicial com tecnologias até projetos integradores orientados por problemas reais.

6 DISCUSSÃO: POR QUE A PROTOTIPAGEM PODE FAVORECER COMPETÊNCIAS E EM QUE CONDIÇÕES?

O valor educacional do *making* depende de mediação. Um risco recorrente é a captura do Fab Lab por uma lógica de tutorial, na qual a execução substitui reflexão e critérios de qualidade. Sem intencionalidade pedagógica, o fazer pode permanecer manualidade, sem se converter em competência. Essa observação é especialmente relevante para a educação profissional, pois o acesso a equipamentos de fabricação digital, embora necessário, não é suficiente para produzir aprendizagem orientada por competências. É a organização pedagógica da experiência - objetivos, critérios, mediação, documentação e avaliação - que transforma a atividade prática em situação formativa.

Na experiência da Firjan, os Fab Labs se inserem em uma tradição institucional de formação profissional aplicada, na qual a relação entre tecnologia, trabalho e projeto constitui elemento estruturante. Esse contexto permite compreender a prototipagem não apenas como recurso técnico, mas como estratégia de aprendizagem situada, capaz de aproximar participantes de problemas, materiais, processos, restrições e critérios semelhantes aos que atravessam ambientes produtivos reais.

A prototipagem favorece competências porque torna desempenho observável: decisões deixam rastros - arquivos e parâmetros -, testes produzem evidências e iteração explícita aprendizagem como melhoria. Isso aproxima Fab Labs de modelos de avaliação por

competência: o que conta não é apenas o objeto final, mas o percurso de decisões justificadas. Nesse sentido, a prototipagem oferece uma vantagem pedagógica relevante: ela materializa o pensamento. Ao produzir um artefato, o participante torna visíveis escolhas que, em outras situações de aprendizagem, permaneceriam implícitas. A escolha de um material, a definição de uma espessura, o ajuste de potência no corte, a orientação de uma peça para impressão ou a reorganização de um arquivo após uma falha são evidências de raciocínio técnico em ação.

A prototipagem também integra dimensões: a competência digital se articula às socioemocionais quando coordenação e comunicação técnica entram no processo; a empreendedora emerge com validação e argumentação de valor; a sustentável aparece quando critérios de ciclo de vida e redução de desperdício orientam decisões. Essa integração é central para o debate contemporâneo sobre competências para o futuro do trabalho, pois os desafios produtivos raramente se apresentam de forma disciplinar. Um problema de fabricação envolve simultaneamente domínio tecnológico, leitura de contexto, colaboração, gestão de recursos, segurança, custo, qualidade, sustentabilidade e comunicação.

Desse modo, os Fab Labs da Firjan podem ser compreendidos como ambientes de convergência entre competências técnicas e transversais. Essa convergência não elimina a necessidade de aprendizagem sistemática de fundamentos, mas permite que conhecimentos técnicos sejam mobilizados em situações mais próximas da prática profissional. A competência, nesse caso, não é tratada como atributo abstrato do indivíduo, mas como desempenho situado, observado em uma tarefa, em um processo e em um contexto de decisão.

Documentos institucionais da Firjan reforçam esse horizonte ao relacionar Fab Labs a inovação no ensino, desenvolvimento de projetos e prototipagem para a indústria (Firjan, 2018b, 2024, 2025). Esses registros indicam que a estratégia institucional da Firjan associa tais ambientes à formação prática, à experimentação tecnológica e à aproximação com demandas produtivas. A contribuição analítica deste artigo consiste em interpretar essa estratégia à luz da literatura sobre competências, cultura *maker* e aprendizagem baseada em projetos, evidenciando que o potencial formativo dos Fab Labs depende de uma cadeia pedagógica intencional.

Essa cadeia pode ser descrita em cinco movimentos. O primeiro é a formulação de um problema ou desafio, que dá sentido à atividade e evita a mera execução de procedimentos. O segundo é a explicitação de critérios, como segurança, qualidade, custo, sustentabilidade, acabamento, funcionalidade ou comunicação. O terceiro é a produção do protótipo, entendida como hipótese material e não como resultado definitivo. O quarto é o teste, que transforma o erro em dado e permite revisar decisões. O quinto é a documentação, que organiza o percurso e torna o desempenho avaliável.

Quando esses movimentos estão presentes, a prototipagem deixa de ser apenas uma prática de oficina e se aproxima de uma metodologia de formação profissional por competências. Quando estão ausentes, o Fab Lab corre o risco de operar como espaço de demonstração tecnológica ou de produção pontual de artefatos, com menor capacidade de sustentar aprendizagem reflexiva. A diferença, portanto, não está apenas na infraestrutura disponível, mas no desenho pedagógico que orienta seu uso.

Essa discussão também permite responder a uma das tensões apontadas pelos pareceres: a necessidade de evitar conclusões generalizantes sobre resultados de

aprendizagem. A análise aqui proposta não afirma que a simples participação em atividades de Fab Lab desenvolve competências de forma automática. O argumento é mais específico: práticas de prototipagem, quando mediadas por critérios, reflexão e documentação, produzem condições favoráveis para a mobilização de competências e geram evidências que podem ser utilizadas em processos avaliativos.

Essa distinção fortalece o artigo porque aproxima a análise do campo científico sem descaracterizar a experiência institucional da Firjan. A experiência existe, é concreta e está documentada; o que se delimita é o alcance da inferência. A partir dos dados disponíveis, é possível sustentar que os Fab Labs da Firjan configuram ambientes formativos com potencial de mobilização de competências. A comprovação de efeitos específicos sobre aprendizagem exigiria desenho avaliativo próprio, com instrumentos aplicados aos participantes e acompanhamento sistemático dos resultados.

Portanto, a prototipagem favorece competências não por ser, em si mesma, uma solução pedagógica suficiente, mas porque cria uma situação em que conhecimento, ação, erro, decisão e justificativa podem ser articulados. Em ambientes de educação profissional, essa articulação é particularmente relevante, pois aproxima o currículo de problemas materiais e produtivos, permitindo que o desempenho seja observado em evidências concretas.

7 AVALIAÇÃO POR COMPETÊNCIAS EM FAB LABS: EVIDÊNCIAS, CRITÉRIOS E POSSÍVEIS INSTRUMENTOS

A discussão sobre competências em Fab Labs exige avançar da descrição das atividades para a definição de evidências avaliáveis. Em uma abordagem orientada por competências, não basta verificar se o participante utilizou uma tecnologia ou concluiu um artefato. É necessário observar como ele interpreta o problema, seleciona recursos, justifica decisões, lida com restrições, testa soluções, registra processos e comunica resultados.

Essa perspectiva é particularmente relevante para a educação profissional, pois aproxima avaliação e desempenho. O que se avalia não é apenas a apropriação conceitual de conteúdos, mas a capacidade de mobilizar conhecimentos, habilidades, atitudes e valores em uma situação concreta. Em Fab Labs, essa mobilização pode ser observada em produtos, processos, registros e decisões, desde que o desenho pedagógico explicita previamente quais critérios orientarão a atividade.

No contexto da Firjan, os Fab Labs oferecem condições materiais e pedagógicas para esse tipo de avaliação porque suas atividades produzem evidências verificáveis: arquivos digitais, parâmetros de máquina, versões de protótipos, registros de teste, documentação técnica, justificativas de projeto e apresentações. Esses elementos não substituem instrumentos formais de avaliação, mas podem compor um sistema avaliativo mais coerente com a lógica da aprendizagem aplicada e da formação profissional por competências.

A avaliação por competências em Fab Labs pode ser organizada em torno de quatro dimensões: competência digital e técnica; competência socioemocional; competência empreendedora; e competência sustentável. Essas dimensões não devem ser compreendidas como categorias isoladas, mas como dimensões integradas do desempenho. Um mesmo projeto pode exigir, simultaneamente, domínio de ferramentas digitais, colaboração em equipe, leitura de viabilidade e tomada de decisão ambientalmente

responsável.

Na dimensão digital e técnica, evidências podem incluir a modelagem do arquivo, a escolha adequada de parâmetros, a operação segura dos equipamentos, o controle de qualidade da peça e a capacidade de ajustar o processo a partir de falhas. A avaliação não deve se limitar a perguntar se o participante sabe usar uma máquina, mas se compreende as variáveis que condicionam o resultado: material, espessura, potência, velocidade, tolerância, orientação, suporte, tempo de máquina, acabamento e segurança.

Na dimensão socioemocional, podem ser observadas a colaboração, a escuta, a negociação de decisões, a persistência diante do erro, a comunicação técnica e a responsabilidade compartilhada pelo resultado. Em atividades de prototipagem, essas competências aparecem de modo situado: na divisão de tarefas, na forma como a equipe responde a uma falha, na capacidade de sustentar argumentos, na escuta de críticas e na reorganização coletiva do trabalho.

Na dimensão empreendedora, a avaliação pode considerar a leitura de problemas, a formulação de hipóteses de solução, a análise de usuários ou *stakeholders*, a argumentação de valor, a estimativa de custos e a percepção de viabilidade. Essa dimensão não se restringe à criação de negócios, mas envolve atitude projetual, capacidade de identificar oportunidades, propor respostas viáveis e comunicar o valor de uma solução para determinado contexto.

Na dimensão sustentável, os critérios podem envolver escolha de materiais, redução de desperdício, reaproveitamento de sobras, durabilidade, reparabilidade, modularidade e consideração do ciclo de vida do produto. A sustentabilidade, nesse sentido, torna-se avaliável quando deixa de ser apenas discurso e passa a orientar decisões mensuráveis ou justificáveis no processo de projeto e fabricação.

Quadro 3 - Possíveis dimensões, critérios e evidências para avaliação por competências em Fab Labs

Dimensão da competência	Críticos de observação	Evidências possíveis	Instrumentos avaliativos possíveis
Digital e técnica	Uso adequado de ferramentas; escolha de parâmetros; operação segura; controle de qualidade; correção de falhas	Arquivos digitais; parâmetros registrados; protótipos; checklist de segurança; comparação entre versões; registro de falhas e ajustes	Rubrica técnica; portfólio de processo; checklist operacional; análise do protótipo
Socioemocional	Colaboração; comunicação; escuta; persistência; negociação; responsabilidade coletiva	Registro de divisão de tarefas; relato reflexivo; observação da equipe; apresentação oral; feedback entre pares	Rubrica de colaboração; autoavaliação; avaliação por pares; diário de bordo
Empreendedora	Leitura de problema; proposta de valor; viabilidade; argumentação; relação com usuário ou setor produtivo	Canvas de projeto; justificativa da solução; estimativa de custo; pitch; validação com usuários ou especialistas	Rubrica de projeto; banca avaliadora; análise de pitch; matriz de viabilidade

Dimensão da competência	Critérios de observação	Evidências possíveis	Instrumentos avaliativos possíveis
Sustentável	Redução de resíduos; escolha de materiais; reparabilidade; circularidade; uso eficiente de recursos	Mapa de materiais; cálculo de perdas; redesign; justificativa de material; documentação de reuso; comparação de alternativas	Rubrica de sustentabilidade; checklist de circularidade; relatório técnico; análise comparativa

Fonte: elaboração própria.

O Quadro 3 propõe uma estrutura inicial para tornar avaliáveis as competências mobilizadas em Fab Labs. Sua finalidade não é oferecer um instrumento fechado, mas indicar critérios que podem ser adaptados a diferentes formatos formativos: oficinas introdutórias, cursos de curta duração, projetos aplicados, *hackathons*, desafios setoriais ou itinerários mais longos de formação profissional.

Essa estrutura também responde a uma questão metodológica importante: se o presente artigo não mede diretamente resultados de aprendizagem, ele pode, ainda assim, contribuir para a formulação de caminhos avaliativos futuros. Ao explicitar dimensões, critérios, evidências e instrumentos possíveis, a análise desloca a discussão do plano genérico - Fab Labs desenvolvem competências - para uma pergunta mais precisa: que competências podem ser observadas, por quais evidências e com quais instrumentos?

Uma possibilidade de aplicação dessa abordagem é a construção de portfólios de processo. Em vez de avaliar apenas o protótipo final, o portfólio reuniria problema inicial, referências, arquivos, versões, parâmetros, testes, falhas, ajustes, justificativas e reflexão final. Esse tipo de registro permite acompanhar a aprendizagem como percurso, não apenas como entrega. Ele também favorece a avaliação formativa, pois permite que docentes, instrutores ou mediadores intervenham ao longo do processo, oferecendo devolutivas antes da conclusão do projeto.

Outra possibilidade é o uso de rubricas. Rubricas tornam explícitos os critérios de qualidade e permitem graduar o desempenho em níveis, evitando avaliações baseadas apenas em impressão geral. Em Fab Labs, uma rubrica pode avaliar tanto o produto quanto o processo: clareza do problema, adequação técnica, segurança, documentação, iteração, colaboração, sustentabilidade e comunicação. Para a educação profissional, essa combinação é relevante porque aproxima avaliação de evidências concretas de desempenho.

Também é possível incorporar avaliação por pares e autoavaliação, especialmente nas dimensões socioemocional e empreendedora. Em projetos colaborativos, os participantes acompanham diretamente processos de negociação, divisão de tarefas, tomada de decisão e resposta ao erro. Quando orientadas por critérios claros, essas avaliações podem ampliar a consciência dos participantes sobre seu próprio desempenho e sobre a qualidade da colaboração.

No caso de projetos aplicados à indústria ou a desafios setoriais, bancas avaliadoras com especialistas técnicos, docentes e representantes do setor produtivo podem fortalecer a relação entre formação e contexto profissional. A presença de avaliadores externos ou de parceiros industriais permite confrontar o protótipo com critérios de uso, viabilidade, segurança, custo e aderência a necessidades reais. Ainda assim, para fins de pesquisa, seria necessário registrar sistematicamente esses pareceres e tratá-los como dados avaliativos.

A avaliação por competências em Fab Labs deve, portanto, combinar diferentes fontes de evidência. O protótipo final é importante, mas insuficiente. Arquivos digitais, parâmetros, versões, *logs* de teste, relatórios, apresentações, observação do trabalho em equipe e justificativas técnicas compõem um conjunto mais robusto de dados sobre o desempenho. Essa triangulação torna a avaliação mais coerente com a natureza complexa da competência.

Para a Firjan, essa abordagem pode apoiar a consolidação de itinerários formativos nos Fab Labs, permitindo maior clareza sobre progressão de aprendizagem, critérios de certificação e relação entre atividades práticas e competências profissionais. Ao mesmo tempo, do ponto de vista científico, a adoção de instrumentos como rubricas, portfólios e registros sistemáticos pode fortalecer pesquisas futuras sobre os efeitos das experiências em Fab Labs sobre o desenvolvimento de competências.

Assim, a avaliação por competências em Fab Labs não deve ser pensada como etapa final ou burocrática da atividade, mas como parte constitutiva do desenho pedagógico. Definir critérios antes da prática, registrar evidências durante o processo e promover reflexão após a entrega são movimentos que transformam a prototipagem em experiência formativa avaliável.

Essa seção, portanto, propõe uma ponte entre a experiência institucional da Firjan e uma agenda de pesquisa aplicada: transformar práticas já existentes em objetos mais sistemáticos de observação, documentação e avaliação. Com isso, os Fab Labs podem contribuir não apenas para a formação de participantes, mas também para a produção de conhecimento sobre metodologias ativas, fabricação digital e educação profissional orientada por competências.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou os Fab Labs da Firjan como ambientes formativos vinculados à educação profissional, à fabricação digital e ao desenvolvimento de competências para o futuro do trabalho. A partir de revisão bibliográfica e análise descritivo-analítica de registros institucionais, argumentou-se que esses espaços podem constituir contextos relevantes para a mobilização de competências digitais, socioemocionais, empreendedoras e sustentáveis, desde que as atividades sejam organizadas por intencionalidade pedagógica, critérios claros, mediação qualificada e documentação sistemática.

A principal contribuição do estudo está em propor uma leitura dos Fab Labs não apenas como infraestrutura tecnológica, mas como ambientes de desempenho observável. Nessa perspectiva, máquinas, softwares e materiais não são fins em si mesmos; tornam-se meios para que participantes interpretem problemas, tomem decisões, testem hipóteses, enfrentem falhas, justifiquem escolhas e comuniquem resultados. Essa abordagem dialoga com a compreensão da OCDE de que competências envolvem a mobilização integrada de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores em situações complexas (OECD, 2019).

Ao considerar a experiência institucional da Firjan, o artigo reconhece que os Fab Labs integram uma estratégia concreta de formação profissional aplicada, com presença na Casa Firjan e na rede Firjan SENAI. Os registros institucionais analisados são tratados como base empírica válida para caracterizar estruturas, ações, públicos e finalidades. O cuidado científico adotado não consiste em relativizar esses dados, mas em delimitar o alcance das

conclusões: eles permitem sustentar a existência de ambientes, práticas e situações formativas; a mensuração direta de aprendizagem, empregabilidade ou impacto produtivo exigiria desenho avaliativo específico.

Essa distinção responde a uma questão central para pesquisas sobre cultura *maker* e fabricação digital. Como apontam estudos sobre aprendizagem baseada em projetos, os efeitos formativos dependem fortemente da qualidade da implementação, incluindo definição do problema, mediação docente, tempo, critérios de avaliação e oportunidades de reflexão (Barron; Darling-Hammond, 2010; Condliffe *et al.*, 2017). Portanto, não se trata de afirmar que o simples acesso a Fab Labs desenvolve competências de forma automática, mas de demonstrar que práticas de prototipagem podem criar condições favoráveis para que tais competências sejam mobilizadas e observadas.

No debate contemporâneo sobre trabalho e formação, essa discussão ganha relevância adicional. O World Economic Forum (2025) destaca o crescimento da importância de competências como pensamento analítico, pensamento criativo, letramento tecnológico, resiliência, flexibilidade, curiosidade e aprendizagem ao longo da vida. Essas competências não são plenamente desenvolvidas por modelos formativos centrados apenas na transmissão de conteúdo. Elas exigem situações em que o sujeito precise agir, decidir, colaborar, revisar e aprender com evidências. Os Fab Labs, quando pedagogicamente estruturados, oferecem condições materiais e metodológicas para esse tipo de experiência.

A análise também evidenciou a importância de incorporar sustentabilidade como critério de projeto e processo. As orientações de UNESCO-UNEVOC para o *greening TVET* reforçam que a educação profissional deve responder às demandas da transição verde, reorganizando currículos, práticas institucionais e relações com o mundo do trabalho (UNESCO-UNEVOC, 2017). Na mesma direção, a OIT enfatiza que políticas de qualificação precisam antecipar mudanças ocupacionais associadas à economia verde (ILO, 2019). Nos Fab Labs, essa agenda pode ser traduzida em decisões concretas: escolha de materiais, redução de resíduos, reaproveitamento de sobras, reparabilidade, modularidade, durabilidade e consideração do ciclo de vida dos artefatos produzidos.

Outra contribuição do artigo está na proposição de evidências e instrumentos para avaliação por competências em Fab Labs. Ao sugerir dimensões, critérios, evidências e possíveis instrumentos - como rubricas, portfólios de processo, *checklists*, registros de teste, avaliação por pares e bancas avaliadoras -, o estudo desloca a discussão de uma formulação genérica para uma questão operacional: que competências podem ser observadas, por quais evidências e com quais critérios? Essa pergunta é fundamental para consolidar uma cultura avaliativa coerente com a educação profissional baseada em desempenho.

A pesquisa apresenta limitações. A primeira diz respeito ao seu desenho metodológico: trata-se de análise bibliográfica e documental, sem observação direta das atividades, aplicação de instrumentos avaliativos ou coleta de dados com participantes. A segunda está relacionada ao tipo de fonte empírica utilizada: os registros institucionais permitem caracterizar ações e finalidades, mas não substituem dados primários sobre aprendizagem. A terceira refere-se ao próprio campo dos Fab Labs, cuja diversidade de usos, públicos e formatos dificulta generalizações amplas.

Essas limitações, entretanto, não reduzem a relevância do estudo; ao contrário, indicam uma agenda de aprofundamento. Pesquisas futuras podem acompanhar oficinas, cursos e projetos em Fab Labs da Firjan com observação sistemática, rubricas de desempenho, entrevistas, análise de portfólios, registros de iteração e acompanhamento

longitudinal dos participantes. Também seria pertinente comparar diferentes formatos - *Open Days*, oficinas tecnológicas, cursos de curta duração, projetos aplicados e desafios setoriais - para compreender quais condições favorecem maior densidade formativa e quais evidências melhor expressam a mobilização de competências.

Como agenda institucional e científica, recomenda-se avançar na construção de protocolos avaliativos para experiências em Fab Labs, articulando objetivos de aprendizagem, competências esperadas, critérios de desempenho e instrumentos de registro. Essa sistematização pode fortalecer tanto a qualidade pedagógica das ações quanto a produção de conhecimento sobre educação profissional, cultura *maker* e fabricação digital.

Conclui-se que os Fab Labs da Firjan podem ser compreendidos como ambientes estratégicos para a educação profissional contemporânea, especialmente quando articulam infraestrutura tecnológica, problemas reais, mediação qualificada, critérios de sustentabilidade e avaliação por evidências. Sua potência formativa não reside apenas na presença de máquinas ou no acesso a tecnologias, mas na possibilidade de transformar a prototipagem em linguagem pedagógica: uma forma de aprender em que pensar, fazer, testar, errar, justificar e melhorar tornam-se partes de um mesmo processo.

Assim, os Fab Labs contribuem para aproximar currículo, trabalho e inovação, oferecendo condições para que competências para o futuro do trabalho sejam mobilizadas em situações concretas. O desafio, daqui em diante, é tornar essa mobilização cada vez mais visível, documentada e avaliável, fortalecendo a relação entre experiência institucional, rigor científico e compromisso com uma formação profissional capaz de responder às transformações tecnológicas, produtivas e socioambientais do século XXI.

REFERÊNCIAS

BARRON, Brigid; DARLING-HAMMOND, Linda. Prospects and challenges for inquiry-based approaches to learning. In: DUMONT, Hannah; ISTANCE, David; BENAVIDES, Francisco (org.). **The Nature of Learning: using research to inspire practice**. Paris: OECD, 2010. Disponível em: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2010/08/the-nature-of-learning_g1ghfff3/9789264086487-en.pdf. Acesso em: 10 jul. 2026.

BLIKSTEIN, Paulo. Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In: WALTER-HERRMANN, Julia; BÜCHING, Corinna (org.). **FabLabs: of machines, makers and inventors**. Bielefeld: transcript Verlag, 2013. DOI: 10.14361/transcript.9783839423820.203. Acesso em: 10 jul. 2026.

CASA FIRJAN. **Fab Lab**. Rio de Janeiro: Casa Firjan, [20--?]. Disponível em: <https://casafirjan.com.br/fab-lab>. Acesso em: 10 jul. 2026.

CASA FIRJAN. **Inscriva-se no Fab Lab Open Day e vivencie a cultura maker na Casa Firjan**. Rio de Janeiro: Casa Firjan, 26 fev. 2025. Disponível em: <https://casafirjan.com.br/noticias/inscreva-se-no-fab-lab-open-day-e-vivencie-cultura-maker-na-casa-firjan>. Acesso em: 10 jul. 2026.



CONDLIFFE, Barbara; QUINT, Janet; VISHNER, Mary G.; BANGSER, Michael; DROHOJOWSKA, Sonia; SACHS, Lucas; NELSON, Elizabeth. **Project-Based Learning: A Literature Review**. New York: MDRC, 2017. Disponível em: https://www.mdrc.org/sites/default/files/Project-Based_Learning-LitRev_Final.pdf . Acesso em: 10 jul. 2026.

FAB FOUNDATION. **The Fab Charter**. Cambridge: Fab Foundation, [20--?]. Disponível em: <https://fabfoundation.org/about/fab-charter/> . Acesso em: 10 jul. 2026.

FIRJAN. **SENAI FabLab: inovação e pioneirismo na educação**. Memória da Indústria. Rio de Janeiro: Firjan, 2014. Disponível em: <https://memoriadaindustria.firjan.com.br/linha-do-tempo/economia-criativa/senai-fablab-inovacao-e-pioneirismo-na-educacao> . Acesso em: 10 jul. 2026.

FIRJAN. **Confira o que a Casa Firjan oferece**. Rio de Janeiro: Firjan, 2018a. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/noticias/confira-o-que-a-casa-firjan-oferece.htm> . Acesso em: 10 jul. 2026.

FIRJAN. **FabLab Casa Firjan**. Rio de Janeiro: Firjan, 2018b. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/noticias/fablab-casa-firjan.htm> . Acesso em: 10 jul. 2026.

FIRJAN. **Firjan SENAI Baixada ganha dois laboratórios de rede mundial para inovação no ensino**. Rio de Janeiro: Firjan, 14 dez. 2018c. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/noticias/firjan-senai-baixada-ganha-dois-laboratorios-de-rede-mundial-para-inovacao-no-ensino.htm> . Acesso em: 10 jul. 2026.

FIRJAN. **Firjan SENAI abre as portas de seus laboratórios de inovação no ensino para orientação profissional à população**. Rio de Janeiro: Firjan, 2019a. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/noticias/firjan-senai-abre-as-portas-de-seus-laboratorios-de-inovacao-no-ensino-para-orientacao-profissional-a-populacao-1.htm> . Acesso em: 10 jul. 2026.

FIRJAN. **Firjan SENAI inaugura em Jacarepaguá laboratório de rede mundial para inovação no ensino**. Rio de Janeiro: Firjan, 20 mar. 2019b. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/noticias/firjan-senai-inaugura-em-jacarepagua-laboratorio-de-rede-mundial-para-inovacao-no-ensino-1.htm> . Acesso em: 10 jul. 2026.

FIRJAN. **Open Day Fab Lab Casa Firjan Construção**. Rio de Janeiro: Firjan, 26 fev. 2024. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/noticias/open-day-fab-lab-casa-firjan-construcao-8AE4828C8DBC54DA018DE5DDB4AB1DD8-00.htm> . Acesso em: 10 jul. 2026.

FIRJAN. **Inauguração FabLab unidade Firjan SENAI Sesi Nova Iguaçu**. Rio de Janeiro: Firjan, 14 ago. 2025. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/noticias/inauguracao-fablab-unidade-firjan-senai-sesi-nova-iguacu-8AE4828D98619B130198AA2CB83C5F3A-00.htm> . Acesso em: 10 jul. 2026.



FIRJAN. **Firjan SENAI**. Rio de Janeiro: Firjan, [20--?]. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/senai/default.htm> . Acesso em: 10 jul. 2026.

GERSHENFELD, Neil. **Fab: The Coming Revolution on Your Desktop - From Personal Computers to Personal Fabrication**. New York: Basic Books, 2005.

HALVERSON, Erica Rosenfeld; SHERIDAN, Kimberly M. The Maker Movement in Education. **Harvard Educational Review**, Cambridge, v. 84, n. 4, p. 495-504, 2014. DOI: 10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063.

ILO. **Skills for a greener future: a global view**. Geneva: International Labour Organization, 2019. Disponível em: <https://www.ilo.org/publications/skills-greener-future-global-view> . Acesso em: 10 jul. 2026.

MARTIN, Lee. The Promise of the Maker Movement for Education. **Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)**, West Lafayette, v. 5, n. 1, art. 4, 2015. DOI: 10.7771/2157-9288.1099.

OECD. **OECD Learning Compass 2030**: concept note. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/data/tools/oecd-learning-compass-2030.html> . Acesso em: 10 jul. 2026.

PAPERT, Seymour. **The children's machine: rethinking school in the age of the computer**. New York: Basic Books, 1993.

RAYNA, Thierry; STRIUKOVA, Ludmila. Fostering skills for the 21st century: The role of Fab labs and makerspaces. **Technological forecasting and social change**, Amsterdam, v. 164, 120391, 2021. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120391.

REVISTA CIENTÍFICA SENAI-SP - EDUCAÇÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Chamada para submissão de artigos - dossiê sobre inovação e parceria na educação profissional**. São Paulo: SENAI-SP, 2025. Disponível em: <https://periodicos.sp.senai.br/index.php/rcsenaisp/about/submissions> . Acesso em: 10 jul. 2026.

UNESCO-UNEVOC. **Greening technical and vocational education and training**: a practical guide for institutions. Bonn: UNESCO-UNEVOC International Centre for Technical and Vocational Education and Training, 2017. Disponível em: https://unevoc.unesco.org/up/Greening%20technical%20and%20vocational%20education%20and%20training_online.pdf . Acesso em: 10 jul. 2026.

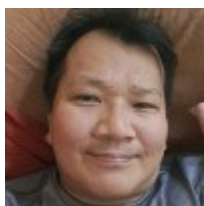
UNESCO-UNEVOC. **Green skills**. Bonn: UNESCO-UNEVOC International Centre for Technical and Vocational Education and Training, [20--?]. Disponível em: <https://unevoc.unesco.org/home/Green%2Bskills> . Acesso em: 10 jul. 2026.



WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2025**. Geneva: World Economic Forum, 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/>. Acesso em: 10 jul. 2026.

Sobre o Autor

ⁱ André Yuiti Ozawa



Doutor em Letras e Coordenador de Conteúdos de Inovação para Profissionais na Firjan SESI-SENAI.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5186-3591>

