

Multimodal Innovations: Evaluation of the LEML Studio.Br Pedagogical Planning Tool

Inovações multimodais: Avaliação da Ferramenta Pedagógica de Planejamento LEML Studio.Br

Eduardo Filgueiras Damasceno ¹ , Ederson Luiz Locatelli ² , Armando Paulo da Silva ¹ ,
Eduarda Maganha de Almeida ¹ , Andre Luiz Przybysz ¹ 

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

* Corresponding Author: damasceno@utfpr.edu.br

Citation: Damasceno, E. F., Locatelli, E. L., Silva, A. P. D., Almeida, E. M. D., and Przybysz, A. L. (2025). Multimodal Innovations: Evaluation of the LEML Studio.Br Pedagogical Planning Tool. *Journal of Technologies Information and Communication*, 5(2), 46347. <https://doi.org/10.55267/rtic/19052>

ARTICLE INFO

Received: 2 Feb 2026
Accepted: 7 May 2026

ABSTRACT

The digitization of teaching and the adoption of hybrid models demand tools that support multimodal pedagogical planning. This study evaluated **LEML Studio.Br**, a visual modeling tool, in terms of usability and the perceptions of Software Engineering instructors. A mixed-methods study with a convenience sample (n = 16) was conducted. Data collection comprised a questionnaire with Likert-scale items and open questions; quantitative analysis reported descriptive statistics and qualitative analysis followed thematic content analysis. Results indicate predominantly positive evaluations of technical usability (intuitive interface; consistency with modeling notations), while items related to multimodal pedagogical application (artifact representation; synchronous/asynchronous transitions) showed notable indecision, suggesting a need for instructional-design training and supporting materials. Recurring qualitative themes included the tool's potential to structure planning, demand for reusable templates, and interest in integration with academic systems. It is concluded that LEML Studio.Br has potential as a support instrument for multimodal planning, but full adoption requires faculty training and functional enhancements; replication with larger samples and further instrument validation is recommended.

Keywords: Multimodal Instructional Projects; Pedagogical Planning; Hybrid Learning Environments

Resumo: A digitalização do ensino e a adoção de modelos híbridos demandam ferramentas que apoiem o planejamento pedagógico multimodal. Este estudo avaliou o LEML Studio.Br, uma ferramenta de modelagem visual, quanto à usabilidade e à percepção de docentes de Engenharia de Software. Realizou-se pesquisa de abordagem mista com amostra por conveniência (n = 16). A coleta incluiu um questionário com itens em escala Likert e questões abertas; a análise quantitativa apresentou estatísticas descritivas e a análise qualitativa seguiu procedimento de análise de conteúdo temática. Os resultados indicam avaliação majoritariamente positiva da usabilidade técnica (interface intuitiva; coerência com notações de modelagem), enquanto itens relacionados à aplicação pedagógica multimodal (representação de artefatos; transição síncrono/assíncrono) apresentaram níveis relevantes de indecisão, sugerindo necessidade de formação em design instrucional e materiais de apoio. Temas qualitativos recorrentes incluíram potencial para estruturar o planejamento, demanda por templates reutilizáveis e interesse por integração com sistemas acadêmicos. Conclui-se que o LEML Studio.Br tem potencial como instrumento de apoio ao planejamento multimodal, mas sua

adoção plena requer capacitação docente e evolução funcional; recomenda-se replicação com amostras maiores e validação adicional do instrumento.

Palavras-chave: Projetos de ensino multimodal; Planejamento pedagógico; Ambientes de aprendizagem híbridos

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sociedade vivenciou transformações profundas nos processos educacionais, intensificadas pela pandemia, que “exigiu das instituições de ensino e dos docentes uma reinvenção metodológica” ao afastar estudantes dos ambientes físicos de convivência. A adoção emergencial de tecnologias digitais e estratégias de ensino remoto alterou de forma significativa a mediação pedagógica, impulsionando a consolidação de modelos híbridos e multimodais mesmo após o retorno às atividades presenciais (HENNESSY et al., 2022).

Esses modelos ampliam as possibilidades de interação entre professores, estudantes, espaços, tecnologias e conteúdos, mas também introduzem novos desafios. A integração fluida entre ambientes físicos e digitais, bem como entre momentos síncronos e assíncronos, ainda se apresenta como uma dificuldade recorrente no planejamento pedagógico (NYONI, 2022). A literatura aponta que a ausência de tecnologias visuais intuitivas e de linguagens capazes de representar graficamente conceitos pedagógicos “dificulta esse processo”, reduzindo a autonomia docente e aumentando a dependência de especialistas técnicos (ALMEKHLAFI; ABDELAZIZ; SHABAN, 2024).

Nesse cenário, o planejamento instrucional multimodal emerge como uma abordagem estratégica para articular objetivos educacionais, metodologias e tecnologias em modelos coerentes e verificáveis. Para apoiar esse processo, a Learning Environment Modeling Language (LEML) oferece uma linguagem visual capaz de representar ambientes de aprendizagem de forma estruturada, colaborativa e alinhada às demandas contemporâneas de ensino híbrido (KOUROUMA et al., 2022).

O presente estudo insere-se nesse contexto ao apresentar e avaliar o LEML Studio.Br, uma ferramenta de modelagem visual desenvolvida para apoiar o planejamento pedagógico multimodal. A ferramenta permite ao docente diagramar fluxos instrucionais, representar modalidades de ensino (presencial, síncrona, assíncrona e simulada) e explicitar relações entre conteúdos, interações, avaliações e suportes. Considerando que docentes de Engenharia de Software possuem familiaridade com modelagem de processos, workflows e notações formais, espera-se que essa expertise favoreça a adoção da ferramenta.

Entretanto, apesar do potencial da tecnologia, ainda são escassas as investigações empíricas que examinam como docentes compreendem, interpretam e utilizam ferramentas de modelagem pedagógica em contextos multimodais. Assim, este estudo busca preencher essa lacuna ao analisar a percepção de professores sobre a usabilidade e aplicabilidade do LEML Studio.Br no planejamento de atividades de aprendizagem híbridas.

Para orientar esta investigação, foram formuladas as seguintes perguntas de pesquisa:

RQ1: Como docentes de Engenharia de Software percebem a usabilidade do LEML Studio.Br?

RQ2: Em que medida a ferramenta contribui para estruturar o planejamento pedagógico multimodal?

RQ3: Quais limitações e oportunidades de aprimoramento são identificadas pelos docentes durante o uso da ferramenta?

Com base na literatura e no perfil dos participantes (docentes de uma universidade brasileira do curso de engenharia de software), foram estabelecidas as seguintes hipóteses:

H1: Docentes com experiência prévia em modelagem de processos percebem maior facilidade de uso da ferramenta.

H2: O LEML Studio.Br contribui positivamente para a clareza e organização do planejamento multimodal.

H3: A ausência de formação específica em design instrucional influencia níveis de indecisão sobre elementos pedagógicos representados na ferramenta.

Assim, ao combinar métodos quantitativos e qualitativos, este estudo busca avaliar não apenas a eficácia técnica da ferramenta, mas também o processo de apropriação docente, contribuindo para o avanço das práticas de design instrucional multimodal e para o desenvolvimento de tecnologias educacionais mais alinhadas às necessidades reais dos professores.

PROJETO DE PLANEJAMENTO DE ENSINO MULTIMODAL

Um projeto de planejamento de ensino multimodal pode ser compreendido como uma abordagem sistemática e intencional voltada à criação de experiências de aprendizagem integradas, que combinam, de forma coordenada, dois ou mais modos de comunicação, como gestos, texto, imagem, som, simulação e manipulação física (MORENO; MAYER, 2007). Essa perspectiva busca ampliar as possibilidades de construção de significado, permitindo que os estudantes interajam com diferentes formas de representação do conhecimento.

A **Figura 1** apresenta as Dimensões do Design Instrucional Multimodal, que estruturam essa abordagem e evidenciam como diferentes modalidades, recursos e interações se articulam no processo de aprendizagem. Essas dimensões orientam o docente na organização de experiências educacionais que integram múltiplos ambientes e formas de mediação, reforçando a necessidade de planejamento explícito e coerente.

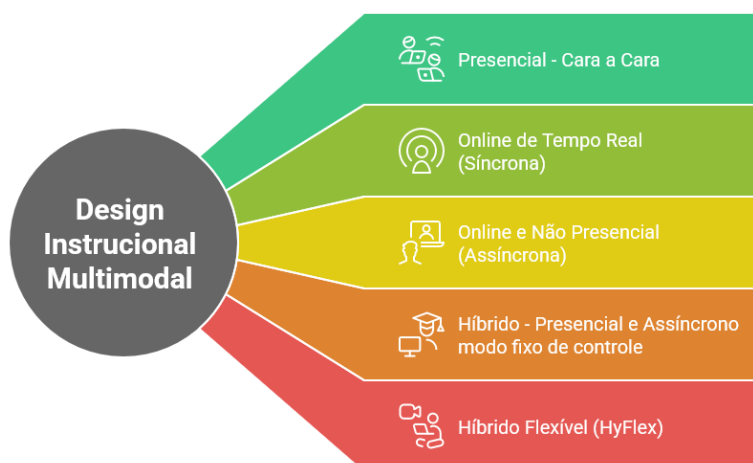


Figura 1. Dimensões do design Instrucional Multimodal

Para alcançar esse objetivo, projetos multimodais articulam cinco elementos fundamentais: conteúdo, mecanismos de interação, estruturas de apoio, avaliação e design representacional, integrados em uma única solução de planejamento pedagógico (MARTINEZ-ORTIZ et al., 2007). Essa integração estratégica favorece a construção de conceitos, a resolução de problemas e o desenvolvimento de reflexões mais profundas, especialmente quando associada a atividades que envolvem manipulação física e interação simbólica (SELANDER, 2021)

Além da multimodalidade enquanto forma de comunicação, é essencial considerar o conceito de modalidade como ambiente de ensino, especialmente diante da expansão das tecnologias digitais na educação. O modelo presencial, historicamente predominante, caracteriza-se pela interação direta entre docentes e discentes, promovendo vínculos sociais, colaboração e feedback imediato. No entanto, suas limitações espaciais e temporais impulsionaram a adoção de formatos mais flexíveis.

A educação online, por sua vez, apresenta duas vertentes principais: **síncrona** e **assíncrona**. A modalidade síncrona ocorre em tempo real, utilizando videoconferências e ferramentas interativas para reproduzir a dinâmica da sala de aula. Já a modalidade assíncrona oferece maior autonomia ao estudante, permitindo que organize seu ritmo de aprendizagem por meio de ambientes virtuais e recursos sob demanda.

Embora amplie o acesso e a personalização, essa modalidade exige maior disciplina e pode impactar o senso

de pertencimento. Nesse sentido, a educação online pode ser compreendida como um conjunto de ações de ensino-aprendizagem ou atos de currículo mediados por interfaces digitais que potencializam práticas comunicacionais interativas e hipertextuais (XALXO; KINDO; KACHHAP, 2025)

Como resposta à necessidade de integrar os benefícios dessas diferentes abordagens, emergem os modelos híbridos, que combinam atividades presenciais e online. Entre esses modelos, destaca-se o HyFlex (Hybrid-Flexible), que permite ao estudante escolher, a cada encontro, entre participar presencialmente, de forma síncrona online ou de modo assíncrono (MAHANDE; ABDAL, 2022). Embora amplie a personalização e a autonomia, o modelo HyFlex impõe desafios significativos ao docente, que deve planejar experiências equivalentes em múltiplos formatos simultaneamente.

Nesse contexto, o planejamento instrucional multimodal demanda ferramentas capazes de representar graficamente a articulação entre modalidades, fluxos de aprendizagem e interações pedagógicas. A ausência de tecnologias visuais intuitivas e de linguagens formais que permitam modelar esses processos compromete a clareza e a operacionalização das práticas docentes, especialmente em ambientes híbridos e digitais. Assim, torna-se fundamental o uso de tecnologias que promovam clareza, consistência e interoperabilidade no design educacional, como a Learning Environment Modeling Language (LEML), que oferece uma linguagem visual estruturada para representar ambientes de aprendizagem (KOUROUMA et al., 2022)

Dessa forma, o planejamento multimodal requer soluções que tornem explícitas as relações entre objetivos, tarefas, modalidades e recursos, permitindo ao docente visualizar, analisar e ajustar suas estratégias de forma estruturada. É nesse cenário que se insere o LEML Studio.Br, cuja finalidade é apoiar a concepção de experiências de aprendizagem coerentes, integradas e alinhadas às demandas contemporâneas de ensino.

ARCABOUÇO TECNOLÓGICO

O arcabouço tecnológico desenvolvido neste estudo consiste em um ambiente de modelagem visual baseado na LEML (KOUROUMA et al., 2022), cuja finalidade é representar, de forma estruturada e inteligível, experiências de aprendizagem que integram múltiplas modalidades de ensino. A [Figura 2](#) ilustra a evolução da técnica de planejamento multimodal que fundamenta a ferramenta, evidenciando como diferentes elementos pedagógicos podem ser articulados em fluxos instrucionais coerentes.

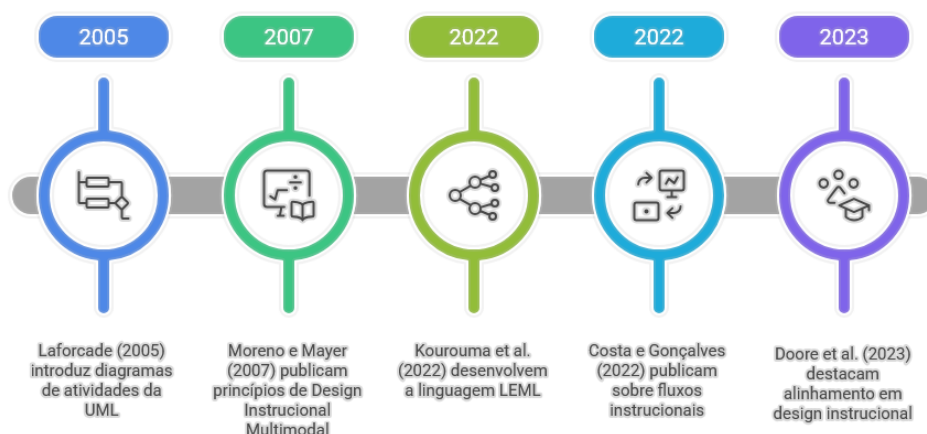


Figura 2. Evolução da Técnica de Planejamento de Ensino Multimodal

A tecnologia permite que o docente atue como designer instrucional, diagramando e analisando processos de mediação e intervenção pedagógica, bem como os ambientes em que cada ação ocorre. Essa perspectiva está alinhada aos princípios do Design Instrucional Multimodal (MORENO; MAYER, 2007), que compreende a aprendizagem como um processo construído por meio da interação entre diversas formas de representação — texto, imagem, som, simulação e manipulação física. A [Figura 3](#) apresenta a interface do LEML Studio.Br, destacando sua organização visual e o uso de notações derivadas de diagramas de atividades da UML (LAFORCADE, 2005).

O ambiente de modelagem estrutura o fluxo instrucional por meio de quatro tipos de ambientes de ensino, denominados salas, que representam modalidades distintas: Física Presencial, Online Síncrona, Online Assíncrona e Simulado Experiencial. Cada sala funciona como um contêiner conceitual que organiza objetos de representação mais específicos, os artefatos (Conteúdo, Diálogo, Prática, Feedback, Evidência e Agente I.A.), responsáveis por materializar unidades elementares de ação pedagógica.

Os artefatos são conectados por setas direcionais que indicam o fluxo mecânico da aula, configurando a sequência didática de forma visual e inteligível (NEIFACHAS; BUTVILAS; KOVAITÉ, 2022). Cada relação possui cardinalidade, permitindo representar tanto percursos lineares quanto ramificações complexas, o que favorece a compreensão global do workflow instrucional. Essa modelagem torna visível a arquitetura pedagógica do curso permitindo ao docente identificar lacunas, redundâncias e oportunidades de enriquecimento multimodal.

Ao representar visualmente o percurso do estudante, a tecnologia contribui para o alinhamento entre objetivos, tarefas e modalidades, aspecto central do design instrucional contemporâneo (DOORE et al., 2023). Além disso, sustenta ciclos iterativos de revisão e refinamento, transformando o diagrama em um instrumento de planejamento estratégico, comunicação pedagógica e suporte à tomada de decisão.

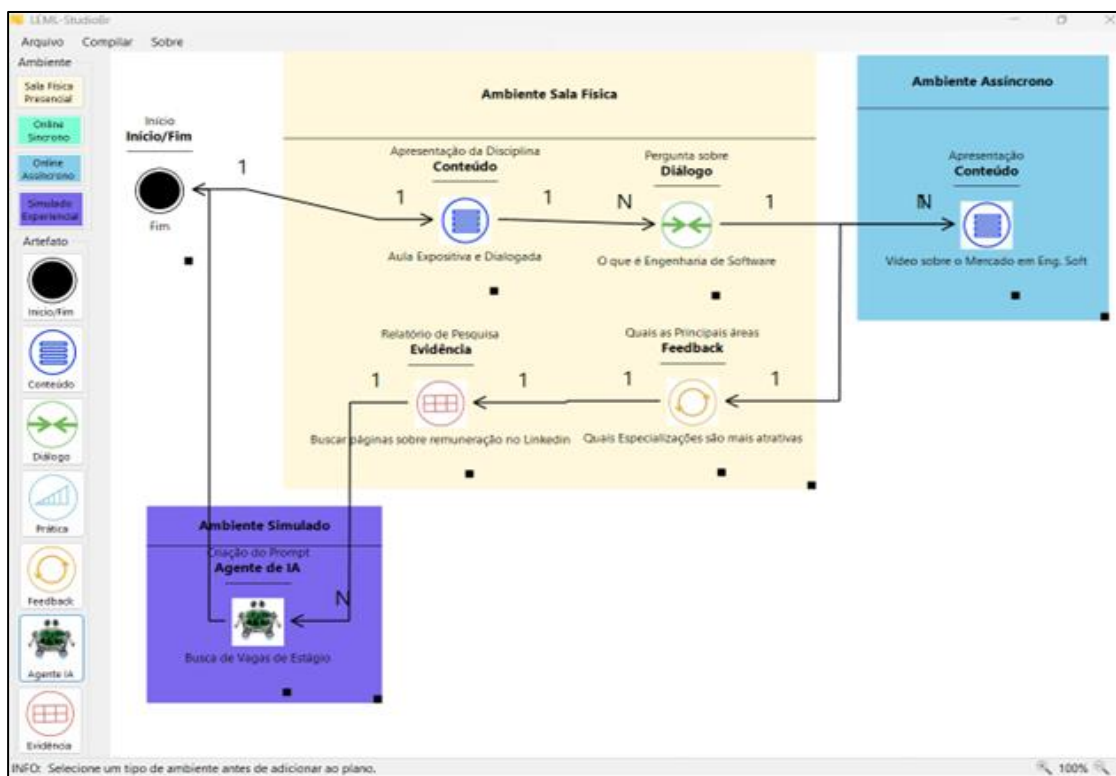


Figura 3. LEML Studio.Br – Tela do Aplicativo

DESENHO DO EXPERIMENTO

As abordagens tradicionais de planejamento pedagógico, especialmente no ensino de Engenharia de Software, tendem a operar de forma reativa, respondendo às demandas conforme elas emergem no contexto da sala de aula ou dos ambientes virtuais de aprendizagem. Esse modelo, embora funcional, raramente contempla mecanismos estruturados para ambientes híbridos de ensino e de aprendizagem, metaversos educacionais ou simuladores, o que limita a capacidade de incorporar novas modalidades, recursos ou estratégias de aprendizagem de forma ágil e coerente.

Com o objetivo de superar essas limitações, o presente projeto propõe e investiga o uso da tecnologia LEML Studio.Br, concebida como uma tecnologia capaz de representar, simular e acompanhar processos de planejamento de ensino em diferentes ambientes. A tecnologia apresenta um conjunto de características que a tornam particularmente adequada ao contexto do Design Instrucional Multimodal.

Acredita-se que a adoção da tecnologia no contexto de Ensino de Engenharia de Software revela-se especialmente promissor, uma vez que docentes dessa área já possuem familiaridade com conceitos como modelagem de processos, workflows, notações formais em UML. Essa familiaridade facilita a compreensão dos elementos do LEML Studio.Br e pode potencializar sua aceitação como tecnologia para apoiar o planejamento pedagógico.

Diante desse cenário, a presente pesquisa busca investigar empiricamente como docentes do curso de Bacharelado em Engenharia de Software compreendem, interpretam e utilizam a ferramenta LEML Studio.Br no planejamento pedagógico multimodal. A análise dessa interação permitirá avaliar a eficácia da tecnologia, identificar limitações e orientar sua evolução, contribuindo para o avanço das práticas de design instrucional no ensino de computação.

O estudo adota uma abordagem mista, combinando procedimentos quantitativos e qualitativos para investigar as percepções e práticas de docentes de Engenharia de Software no uso da ferramenta LEML Studio.Br como instrumento de apoio ao planejamento pedagógico multimodal. A pesquisa busca compreender de que forma a familiaridade desses profissionais com conceitos de modelagem de processos e workflows influencia a adoção e o uso da ferramenta em contextos educacionais híbridos, integrando espaços, tecnologias, presenças e culturas.

A investigação foi estruturada em três etapas principais, que são ilustradas na **Figura 4**:

1. Exploratória, voltada à compreensão inicial do funcionamento da ferramenta e à construção do questionário de validação;
2. Descritiva, destinada à aplicação do instrumento junto aos docentes participantes e à coleta sistemática de dados;
3. Analítica, voltada à interpretação dos resultados, com base em técnicas de análise estatística descritiva e categorização temática das respostas abertas.

O instrumento de coleta de dados foi um questionário construído especificamente para esta pesquisa, composto por blocos temáticos que abordam:

- a) o perfil e o contexto de atuação dos participantes;
- b) a compreensão e a usabilidade do LEML Studio.Br;
- c) a aplicação da ferramenta no planejamento pedagógico;
- d) os impactos percebidos na prática docente; e
- e) limitações e sugestões de aprimoramento.

As questões objetivas utilizaram escala Likert de cinco pontos e estão apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1. Questionário Específico sobre a Usabilidade da Ferramenta

P01	A interface do LEML Studio.Br é intuitiva e fácil de compreender?
P02	A organização dos elementos visuais e comandos facilita a navegação na ferramenta.
P03	Os recursos e notações do LEML Studio.Br são coerentes com sua experiência anterior em modelagem de processos.
P04	Os elementos conceituais do modelo LEML são fáceis de compreender.
P05	A ferramenta contribui para estruturar de forma clara o planejamento de atividades de aprendizagem multimodal.
P06	O LEML Studio.Br permite representar adequadamente diferentes modalidades e recursos (presenciais, virtuais, simulados)
P07	A notação visual da ferramenta ajuda a tornar explícita a arquitetura pedagógica do curso
P08	O uso da ferramenta aumenta a coerência e integração entre objetivos, estratégias e avaliações no planejamento.
P09	A ferramenta auxilia no alinhamento entre objetivos educacionais, tarefas e modalidades de ensino.
P10	A ferramenta facilita a transição pedagógica entre momentos síncronos e assíncronos.
P11	A função das “salas” (Física, Online Síncrona, Online Assíncrona, Simulado) é clara para você.
P12	É fácil distinguir e utilizar os “artefatos” (Conteúdo, Diálogo, Prática, Feedback, Evidência, Agente I.A.) para representar ações pedagógicas.
P13	O uso de setas direcionais e cardinalidades para representar o fluxo da aula é intuitivo.

A partir dessas respostas, foram calculadas medidas de tendência central e dispersão, conforme recomendado em estudos de avaliação de usabilidade. A análise qualitativa, por sua vez, seguiu o procedimento de análise de conteúdo temática, permitindo identificar percepções recorrentes, dificuldades e sugestões de melhoria.



Figura 4. Ilustração do Desenho da Pesquisa

Os participantes foram docentes de cursos de Engenharia de Software ou áreas correlatas, atuantes em instituições de ensino superior brasileiras. A amostra foi definida por conveniência, considerando disponibilidade e interesse dos docentes. O questionário foi disponibilizado em plataforma digital, acompanhado de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, e todas as respostas foram tratadas de forma anônima e confidencial. Os dados foram coletados por meio de um questionário survey online, disponibilizado em plataforma digital, acompanhado de termo de consentimento livre e esclarecido. O tempo médio de resposta foi de aproximadamente 10 a 15 minutos. Todas as respostas foram tratadas de forma anônima e confidencial, garantindo a integridade ética da pesquisa.

A combinação de métodos quantitativos e qualitativos permitiu avaliar não apenas a eficácia técnica do LEML Studio.Br, mas também o processo de apropriação docente da ferramenta. Esse desenho metodológico contribui para o avanço das práticas de design instrucional multimodal e para o desenvolvimento de tecnologias educacionais alinhadas às demandas contemporâneas do ensino de Engenharia de Software.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados quantitativos e qualitativos permitiu responder de forma integrada às perguntas de pesquisa (RQ₁, RQ₂ e RQ₃) e avaliar as hipóteses formuladas (H₁, H₂ e H₃). Os resultados são apresentados na **Figura 5**, organizados por eixo analítico e acompanhados de triangulação entre estatísticas descritivas, padrões de resposta e categorias emergentes da análise de conteúdo.

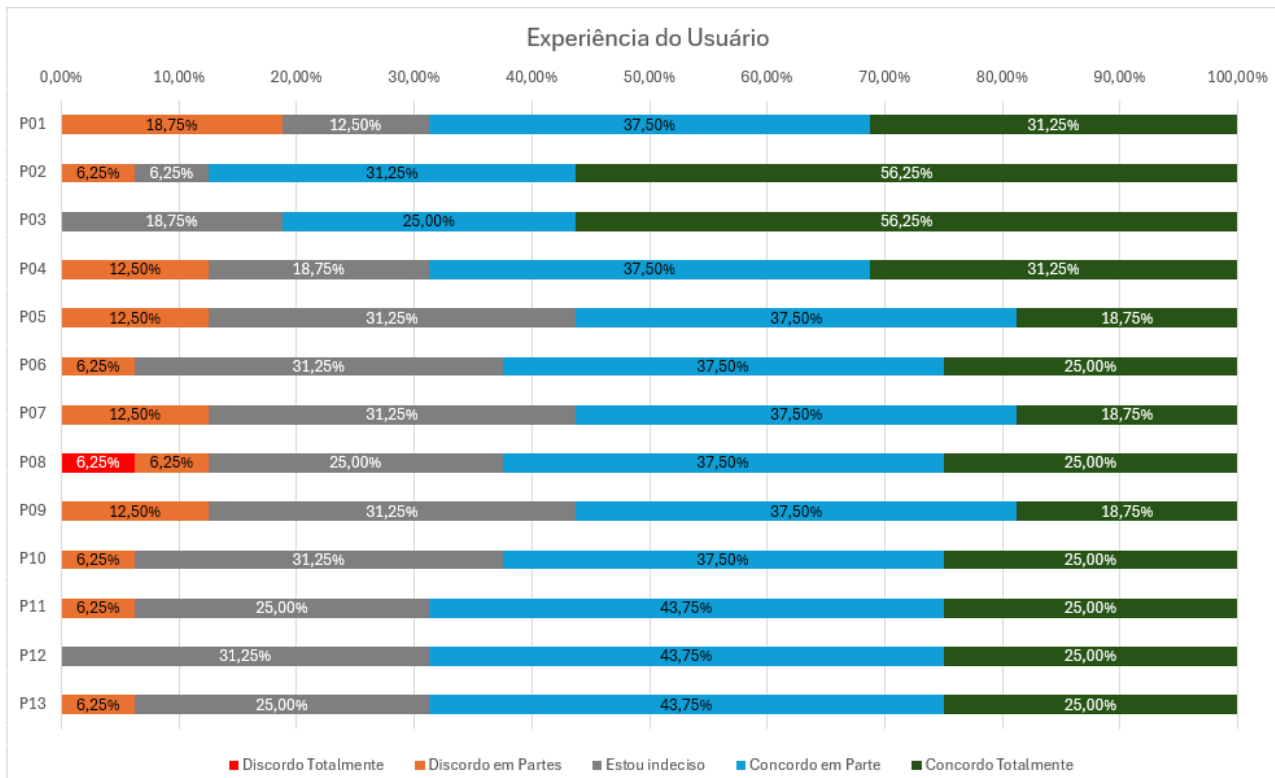


Figura 5. Percepção de Experiência do Usuário

Perfil dos Participantes

Participaram do estudo 16 docentes de Engenharia de Software. A distribuição da experiência no Ensino Superior revelou um grupo heterogêneo, variando de menos de 1 ano a mais de 20 anos de atuação. A maioria (68,7%) possui entre 2 e 10 anos de experiência, indicando um corpo docente em fase de consolidação profissional.

Quanto à proficiência técnica, 81,2% relataram ampla experiência com modelagem de processos (UML, BPMN, workflows), enquanto a familiaridade com ferramentas de design instrucional mostrou maior variabilidade, com parte dos docentes relatando apenas noções básicas ou ausência de experiência prévia. Essa assimetria é relevante para a interpretação das hipóteses H_1 e H_3 . Desta forma a forte presença de docentes experientes em modelagem cria um viés positivo natural para os itens P01–P04 (interface, organização visual, coerência com notações, elementos da Tabela 1), o que explica as altas médias e baixa dispersão nesses itens. Assim, os pesquisadores assumem que a assimetria não é um problema, mas sim uma condição explicativa que reforça a validade da hipótese H_1 .

Já a assimetria também explica diretamente a confirmação de H_3 , porque, embora os docentes dominem modelagem técnica, muitos não possuem formação sólida em design instrucional. Conforme a Tabela 1, os itens P05–P13 exigem compreensão pedagógica (artefatos, transições síncrono/assíncrono, alinhamento entre objetivos e modalidades). Assim, os docentes apresentaram maior indecisão (25% a 31,25%) e maior dispersão, exatamente como previsto pela hipótese. Esta distribuição desigual de competências entre os participantes não apenas contextualiza os resultados, mas também reforça a coerência interna das hipóteses formuladas.

Resultados Quantitativos: Usabilidade e Aplicação Pedagógica

Os itens P01 a P04 (Tabela 1), que abordam aspectos relacionados à interface, organização visual e coerência das notações com a experiência prévia dos docentes, apresentaram médias elevadas, variando entre 4,31 e 4,56, com desvios-padrão reduzidos. Esses resultados indicam forte convergência entre os participantes quanto à facilidade de uso da ferramenta, reforçando a hipótese H_1 , segundo a qual docentes com experiência prévia em modelagem tenderiam a perceber maior facilidade na utilização do LEML Studio.Br, possuindo um padrão

coerente com o perfil da amostra dos sujeitos pesquisados o que contribui para a familiaridade com a estrutura visual da ferramenta.

Em contraste, os itens P05 a P13, que tratam da aplicação pedagógica multimodal, apresentaram médias mais moderadas, situadas entre 3,31 e 3,75, acompanhadas de desvios-padrão mais elevados e índices de indecisão variando entre 25% e 31,25%. Esses resultados sugerem que, embora a ferramenta seja percebida como tecnicamente acessível, sua apropriação pedagógica ainda não é plenamente consolidada entre os docentes.

Assim, os resultados quantitativos revelam um cenário dual: de um lado, forte aceitação da usabilidade técnica; de outro, incertezas relacionadas à aplicação pedagógica multimodal. Essa dualidade fundamenta a necessidade de triangulação com os dados qualitativos para compreensão aprofundada das percepções docentes e para responder adequadamente às perguntas de pesquisa RQ₁ e RQ₂.

Resultados Qualitativos: Categorias Emergentes

A análise qualitativa das respostas abertas complementou os achados quantitativos ao revelar nuances importantes sobre a percepção dos docentes em relação ao LEML Studio.Br. A primeira categoria emergente, denominada Clareza e Estruturação do Planejamento, evidencia que os docentes reconhecem o potencial da ferramenta para tornar explícita a arquitetura pedagógica do curso, reforçando os resultados positivos dos itens P05 e P07. Comentários como “a ferramenta ajuda a visualizar o fluxo da aula” demonstram que o LEML Studio.Br contribui para a organização e comunicação das estratégias instrucionais, aspecto central para responder à RQ₂.

A segunda categoria, Necessidade de Templates Reutilizáveis, indica que os docentes desejam recursos que reduzam o esforço inicial de modelagem. Essa demanda sugere que a ferramenta poderia incorporar modelos pré-configurados para diferentes tipos de atividades, o que facilitaria sua adoção em contextos de ensino híbrido. Essa percepção dialoga com a dispersão observada nos itens relacionados à aplicação pedagógica, reforçando a hipótese H₃.

A terceira categoria, Dificuldades na Representação de Transições Síncrono/Assíncrono, explica diretamente os níveis de indecisão identificados nos itens P10 e P11. Os docentes relataram que a transição entre modalidades ainda não é intuitiva, o que evidencia a necessidade de aprimoramentos na representação visual desses fluxos. Essa categoria é particularmente relevante para a interpretação da RQ₃, pois aponta limitações específicas da ferramenta.

Por fim, a categoria Integração com Sistemas Acadêmicos revela que os docentes percebem potencial para expansão da ferramenta, especialmente no que diz respeito à interoperabilidade com ambientes virtuais de aprendizagem e sistemas institucionais. Essa percepção reforça a visão de que o LEML Studio.Br possui potencial de evolução, mas ainda carece de funcionalidades que ampliem sua aplicabilidade prática.

A triangulação entre essas categorias e os resultados quantitativos permite compreender que as indecisões observadas não decorrem de falhas técnicas da ferramenta, mas sim de lacunas na formação pedagógica dos docentes e de necessidades de aprimoramento funcional. Assim, os dados qualitativos contribuem diretamente para responder às perguntas RQ₂ e RQ₃, além de reforçar a confirmação das hipóteses H₂ e H₃.

Triangulação dos Dados e Respostas às Perguntas de Pesquisa

A triangulação dos dados quantitativos e qualitativos permitiu compreender de maneira integrada como os docentes perceberam o LEML Studio.Br e como essas percepções se relacionam com as perguntas de pesquisa formuladas.

A análise estatística dos itens Likert revelou um padrão dual: enquanto a usabilidade técnica da ferramenta foi amplamente reconhecida, com médias elevadas e baixa dispersão nos itens P01 a P04, os itens relacionados à aplicação pedagógica multimodal apresentaram maior variabilidade e níveis expressivos de indecisão. Esse comportamento quantitativo foi aprofundado pela análise qualitativa, que evidenciou tanto o reconhecimento do potencial da ferramenta para estruturar o planejamento quanto dificuldades específicas na representação de transições entre modalidades e na compreensão de artefatos pedagógicos.

Os pesquisadores reforçam que a convergência entre esses dois conjuntos de dados permitiu responder de forma robusta à RQ₁, indicando que a usabilidade técnica é percebida de maneira altamente positiva, especialmente devido à familiaridade dos docentes com linguagens de modelagem. E, da mesma forma, a triangulação possibilitou responder à RQ₂ ao demonstrar que, embora a ferramenta contribua para a organização do planejamento multimodal, sua apropriação plena depende de maior formação docente em design instrucional.

Por fim, a RQ₃ foi respondida a partir da identificação de limitações e oportunidades de aprimoramento, como a necessidade de templates reutilizáveis e de maior clareza nas transições síncrono/assíncrono, aspectos que emergiram exclusivamente da análise qualitativa e que explicam a dispersão observada nos dados quantitativos. Assim, a triangulação não apenas fortaleceu a interpretação dos resultados, mas também assegurou coerência entre evidências empíricas e as hipóteses formuladas.

Discussão Final

Os resultados apresentados aqui evidenciam que o LEML Studio.Br apresenta elevado potencial como ferramenta de apoio ao planejamento instrucional multimodal, embora sua adoção plena dependa de fatores que transcendem a usabilidade técnica. Com base na confirmação parcial da hipótese H₁ demonstra que a familiaridade dos docentes com modelagem de processos favorece a aceitação da ferramenta, especialmente nos aspectos relacionados à interface e à coerência das notações.

Por outro lado, a confirmação integral da hipótese H₂ indica que a ferramenta contribui para a clareza e organização do planejamento, ainda que essa contribuição seja percebida de forma mais consistente entre docentes com maior domínio de conceitos pedagógicos.

Já a hipótese H₃ também foi confirmada, uma vez que a ausência de formação específica em design instrucional se mostrou determinante para os níveis de indecisão observados nos itens relacionados à aplicação pedagógica multimodal.

Em suma a análise qualitativa reforçou essa interpretação ao revelar dificuldades na representação de transições entre modalidades e na compreensão dos artefatos pedagógicos, aspectos que não se manifestaram nos itens de usabilidade técnica. Esse conjunto de evidências, articulado por meio da triangulação, demonstrou que a ferramenta possui potencial significativo para apoiar práticas inovadoras no ensino multimodal, ao mesmo tempo em que destaca caminhos claros para seu aprimoramento e para o desenvolvimento de competências docentes necessárias à sua utilização plena.

CONCLUSÕES

O presente estudo atingiu seu objetivo ao avaliar o LEML Studio.Br como ferramenta de apoio ao planejamento instrucional multimodal, articulando fundamentos teóricos, evidências empíricas e análise integrada dos dados. A partir de um desenho metodológico misto, foi possível compreender como docentes de Engenharia de Software percebem a usabilidade técnica da ferramenta, sua aplicabilidade pedagógica e suas limitações, respondendo de forma consistente às perguntas de pesquisa e permitindo a avaliação das hipóteses formuladas.

Os resultados quantitativos demonstraram que a usabilidade técnica do LEML Studio.Br é amplamente reconhecida pelos docentes, com médias elevadas e baixa dispersão nos itens relacionados à interface, organização visual e coerência das notações. Esse achado confirma a hipótese H₁, indicando que a familiaridade dos participantes com linguagens de modelagem contribuiu para uma experiência de uso positiva. A análise qualitativa reforçou essa percepção ao evidenciar que a ferramenta torna explícita a arquitetura pedagógica e facilita a visualização do fluxo instrucional, aspectos essenciais para o planejamento de ambientes híbridos e multimodais.

Por outro lado, os itens relacionados à aplicação pedagógica multimodal apresentaram maior variabilidade e níveis significativos de indecisão, fenômeno explicado pela assimetria entre a elevada proficiência técnica dos docentes e sua formação heterogênea em design instrucional. A triangulação dos dados confirmou a hipótese H₃, demonstrando que a ausência de formação pedagógica específica influencia a interpretação dos artefatos,

das transições entre modalidades e da lógica multimodal representada na ferramenta. Ainda assim, a hipótese H₂ foi confirmada, uma vez que os docentes reconheceram que o LEML Studio.Br contribui para a clareza e organização do planejamento, mesmo que sua apropriação plena dependa de suporte formativo adicional.

A análise qualitativa também revelou oportunidades de aprimoramento, como a necessidade de templates reutilizáveis, maior clareza na representação de transições síncrono/assíncrono e integração com sistemas acadêmicos. Esses achados não apenas respondem à RQ₃, mas também delineiam caminhos concretos para a evolução da ferramenta, ampliando seu potencial de adoção institucional.

Do ponto de vista científico, este estudo contribui ao demonstrar que ferramentas de modelagem visual, quando alinhadas a princípios de design instrucional multimodal, podem apoiar a transição para práticas pedagógicas mais estruturadas, coerentes e integradas. Ao mesmo tempo, evidencia que a inovação tecnológica, isoladamente, não garante a transformação pedagógica: é necessário investir em formação docente, desenvolvimento de competências instrucionais e criação de ecossistemas de apoio que favoreçam a apropriação crítica dessas tecnologias.

Como limitações, destaca-se o tamanho reduzido da amostra e a ausência de testes inferenciais ou validação psicométrica aprofundada do instrumento, aspectos apontados pelos revisores e que devem ser considerados em estudos futuros. Recomenda-se a replicação da pesquisa com amostras maiores, aplicação de análises fatoriais e testes de confiabilidade mais robustos, além da investigação longitudinal do uso da ferramenta em contextos reais de ensino.

Em síntese, o LEML Studio.Br apresenta-se como uma tecnologia promissora para o planejamento instrucional multimodal, oferecendo clareza, estrutura e coerência ao processo de modelagem pedagógica. Sua adoção plena, contudo, requer aprimoramentos funcionais e investimentos em formação docente, reafirmando que a inovação educacional emerge da convergência entre tecnologia, pedagogia e desenvolvimento profissional.

LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas e consideradas na interpretação dos resultados. A primeira refere-se à ausência de registro formal de aprovação por um Comitê de Ética em Pesquisa. Embora a investigação tenha se limitado à coleta de percepções docentes por meio de questionário anônimo, sem envolvimento de dados sensíveis ou intervenção educacional direta, reconhecemos que a formalização desse procedimento é essencial para estudos subsequentes, especialmente aqueles que envolvem acompanhamento prolongado de práticas pedagógicas. Em consonância com a recomendação dos revisores, informamos que a próxima etapa da pesquisa — estruturada como um estudo longitudinal — incluirá a submissão de um protocolo completo ao Comitê de Ética da instituição, garantindo conformidade com as diretrizes nacionais e internacionais aplicáveis.

Outra limitação diz respeito à ausência de uma declaração explícita de conflito de interesses, considerando que os autores também são responsáveis pelo desenvolvimento da ferramenta avaliada. Embora essa condição tenha sido tratada com transparência metodológica e rigor analítico, reconhecemos a necessidade de formalizar essa declaração em versões futuras do manuscrito, conforme apontado pelos revisores. A próxima fase da pesquisa incluirá essa declaração de forma explícita, assegurando total transparência e integridade científica.

Além disso, o caráter exploratório e o tamanho reduzido da amostra limitam a generalização dos resultados. Para superar essa limitação, planejamos conduzir um estudo longitudinal ao longo de múltiplos semestres letivos, envolvendo diferentes instituições e ampliando significativamente o número de participantes. Essa etapa permitirá observar o uso contínuo do LEML Studio.Br em contextos reais de ensino, avaliar sua evolução ao longo do tempo, verificar impactos na prática docente e aplicar análises estatísticas mais robustas, incluindo validação psicométrica do instrumento e testes inferenciais.

Por fim, trabalhos futuros incluirão o desenvolvimento de templates reutilizáveis, aprimoramentos na representação das transições entre modalidades e integração da ferramenta com ambientes virtuais de aprendizagem, aspectos identificados pelos próprios docentes e que emergiram como oportunidades de evolução tecnológica.

CONTRIBUIÇÕES DO AUTORES (Credit Taxonomy)

Eduardo Filgueiras Damasceno: Conceituação; Metodologia; Desenvolvimento de Software; Análise Formal; Investigação; Redação – rascunho original; Administração do Projeto.

Ederson Luis Locatelli: Metodologia; Validação; Análise Formal; revisão e edição.

Armando Paulo da Silva: Curadoria de Dados;; Investigação; Redação – revisão e edição.

Eduarda Maganha de Almeida: Redação – revisão e edição.

André Luiz Przybysz: Validação; Redação – revisão e edição.

REFERÊNCIAS

- Almekhlafi, A.G., Abdelaziz, H.A., Shaban, M.S.: Re-engineering the Pedagogical Design of Virtual Classrooms in Higher Education using the Community of Inquiry Framework: Benefits, Challenges, and Lessons Learned. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 23, (2024). <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.4.26>.
- Doore, S.A., Dimmel, J., Kaplan, T.M., Guenther, B.A., Giudice, N.A.: Multimodality as universality: Designing inclusive accessibility to graphical information. *Front. Educ. (Lausanne)*. 8, (2023). <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1071759>.
- Hennessy, S., D'Angelo, S., McIntyre, N., Koomar, S., Kreimeia, A., Cao, L., Brugha, M., Zubairi, A.: Technology Use for Teacher Professional Development in Low- and Middle-Income Countries: A systematic review. *Computers and Education Open*. 3, 100080 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100080>.
- Kourouma, M.K., Warren, R., Jackson, L., Atkins-Ball, D.S., Dora, R.: Multimodal Course Design and Implementation using LEML and LMS for Instructional Alignment. *International Journal of Managing Information Technology*. 14, 1–21 (2022). <https://doi.org/10.5121/ijmit.2022.14301>.
- Laforcade, P.: Towards a UML-Based Educational Modeling Language. In: *International Conference on Advanced Learning Technologies*. IEEE (2005).
- Mahande, R.D., Abdal, N.M.: A HyFlex learning measurement model based on students' cognitive learning styles to create equitable learning. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*. 14, (2022). <https://doi.org/10.18844/wjet.v14i5.7777>.
- Martinez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., Sierra, J.L., Fernandez-Manjon, B.: Educational Modeling Languages. In: *Computers and Education*. pp. 27–40. Springer Netherlands, Dordrecht (2007). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4914-9_3.
- Moreno, R., Mayer, R.: Interactive Multimodal Learning Environments. *Educ. Psychol. Rev.* 19, 309–326 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>.
- Neifachas, S., Butvilas, T., Kovaitė, K.: Virtual Learning Environments: Modeling a New Learning Policy Strategy. *Acta Paedagogica Vilnensia*. 49, (2022). <https://doi.org/10.15388/ACTPAED.2022.49.7>.
- Nyoni, J.: Flexibility and agility in pedagogical contingency planning design in open, distance and e-learning. *Perspectives in Education*. 40, (2022). <https://doi.org/10.18820/2519593X/pie.v40.i3.10>.
- Selander, S.: A Design-Theoretic and Multimodal Approach to Language Teaching and Learning. In: *Multimodality in English Language Learning*. pp. 16–26. Routledge, New York (2021). <https://doi.org/10.4324/9781003155300-2>.
- Xalxo, P.V., Kindo, J., Kachhap, P.: Online Education Ecosystem—Exploring the Challenges and Opportunities. *Eur. J. Educ.* 60, (2025). <https://doi.org/10.1111/ejed.70085>.