



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE INFORMÁTICA - CIN

LEILANY ALVES ARAGÃO ULISSES

ICP e IAE: Dois Indicadores para Diagnóstico do Engajamento e Abandono em Ambientes de  
Aprendizagem — Um Estudo na Plataforma strateegia.digital.

Recife

2025

LEILANY ALVES ARAGÃO ULISSES

ICP e IAE: Dois Indicadores para Diagnóstico do Engajamento e Abandono em Ambientes de Aprendizagem — Um Estudo na Plataforma *strategia.digital*.

Trabalho apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia da Computação.

**Área de Concentração:** Learning Analytics

**Orientador (a):** Vinicius Cardoso Garcia

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Ulisses, Leilany Alves Aragão.

ICP e IAE: Dois Indicadores para Diagnóstico do Engajamento e Abandono em Ambientes de Aprendizagem ? Um Estudo na Plataforma *strategie.digital* / Leilany Alves Aragão Ulisses. - Recife, 2025.

66 p : il., tab.

Orientador(a): Vinicius Cardoso Garcia

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Engenharia da Computação - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Learning analytics. 2. Engajamento estudantil. 3. Indicadores educacionais. 4. *strategie.digital*. I. Garcia, Vinicius Cardoso. (Orientação). II. Título.

000 CDD (22.ed.)

Leilany Alves Aragão Ulisses

**ICP e IAE: Dois Indicadores para Diagnóstico do Engajamento e Abandono em Ambientes de Aprendizagem — Um Estudo na Plataforma estrategia.digital.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia da Computação.

Aprovado em: 04/08/2025

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Vinicius Cardoso Garcia (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Filipe Calegario (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Àqueles que me apoiaram e nunca deixaram minha chama se apagar. Como Tyrion Lannister disse: "Nunca esqueça o que você é. O resto do mundo não vai.". Foi com vocês que pude manter viva a minha essência e encontrar, mesmo nas horas mais difíceis, a força e a esperança para continuar a jornada.

## AGRADECIMENTOS

Em Alice no País das Maravilhas, o Chapeleiro Maluco diz: “O segredo, Alice, é rodear-se de pessoas que te façam sorrir o coração. É então, e só então, que estaremos no País das Maravilhas.” Embora o espaço não me permita citar todos, deixo aqui meu mais sincero agradecimento a cada um que fez parte dessa jornada. Hoje, meu sonho se torna realidade porque foi “sonhado junto” com todos que estiveram ao meu lado.

A Deus, minha eterna gratidão. Esta conquista é fruto de muitas orações atendidas.

A mim mesma, por permanecer firme mesmo nos dias mais difíceis, por continuar nadando apesar das dúvidas, do cansaço e da dor da maior perda que já enfrentei. Hoje, sei que estou vivendo a vida que escolhi.

À minha família, meu alicerce. Sempre acolheu meus sonhos e me aplaudiu tão alto que nunca percebi quem não estava aplaudindo.

À minha mãe, Silvana, que nunca mediu esforços por mim, que sonha meus sonhos junto comigo, que sempre me deu asas e me ensinou a voar, mas sempre sabendo que tenho um lugar seguro para voltar. Que privilégio poder ser sua filha e compartilhar a vida com você.

Ao meu pai, Jader, cujas orações às quatro da manhã foram bênçãos em forma de cuidado.

Aos meus avós, com carinho eterno aos que já se foram. Especialmente ao meu avô Eliaquim, que sempre perguntava: “Vai acabar a faculdade quando, neguinha?” Vovô, sua neguinha se formou. Queria que você estivesse aqui para ver, mas sei que, de alguma forma, está comigo.

Às minhas tias Lucy e Amara, por mostrarem com o próprio exemplo o poder transformador da educação.

Ao meu irmão Daniel e ao meu afilhado Otto, razão e inspiração do meu caminho.

Às amigas que marcaram esse espaço-tempo e foram abrigo e respiro, especialmente André, Diogo e Mariano, que deram leveza e significado à jornada.

Ao meu orientador, Vinicius Garcia, pelo suporte como orientador neste trabalho e ao Centro de Informática por toda a infraestrutura fornecida ao longo dos anos.

O meu mais sincero obrigada.

## RESUMO

Com o avanço das tecnologias digitais na educação, cresce a necessidade de ferramentas para monitorar o engajamento e identificar padrões de abandono em Ambiente Virtuais de Aprendizagem (AVAs). Apesar da grande disponibilidade de dados nessas plataformas, muitas instituições ainda enfrentam dificuldades para transformá-los em indicadores integrados e estratégicos que permitam identificar precocemente comportamentos de risco e diferenciar abandono gradual de oscilações momentâneas na participação. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de *learning analytics* com dois indicadores inéditos: o Índice de Consistência de Participação (ICP), que mede a regularidade da participação, e o Índice de Abandono Estruturado (IAE), que avalia a progressão do abandono. Os indicadores foram aplicados à plataforma *strateegia.digital*, utilizando dados extraídos diretamente dela, e validados com interações de estudantes reais. Foi desenvolvido um Produto Mínimo Viável (MVP) para viabilizar o cálculo e a visualização dos indicadores por meio de gráficos. A ferramenta pretende fornecer aos educadores um recurso prático para acompanhar o engajamento dos estudantes e apoiar intervenções pedagógicas mais efetivas, contribuindo para a redução da evasão.

**Palavras-chaves:** Learning analytics. Engajamento estudantil. Evasão. Indicadores educacionais. *strateegia.digital*.

## ABSTRACT

With the growing integration of digital technologies in education, there is a rising demand for tools that monitor student engagement and detect dropout trends in Virtual Learning Environment (VLE). Despite the wide availability of data in these platforms, many institutions still face difficulties in transforming it into integrated and strategic indicators that enable early detection of at-risk behaviors and distinguish between gradual dropout and momentary participation fluctuations. This study presents the design and implementation of a Learning Analytics (LA) system featuring two original indicators: the Participation Consistency Index (PCI), which captures temporal engagement regularity, and the Structured Dropout Index (SDI), which tracks progressive disengagement. These indicators were integrated into the *strategia.digital* platform and validated using real student interaction data. A functional Minimum Viable Product (MVP) was developed, enabling educators to visualize these indicators through interactive dashboards. The tool aims to support timely pedagogical interventions, enhance student retention, and foster data-informed teaching practices.

**Keywords:** Learning analytics. Student engagement. Dropout. Educational indicators. *strategia.digital* .

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Personalização de Pesos Ajustáveis do ICP na Interface. . . . .	30
Figura 2 – Configuração ICP na Interface do Sistema. . . . .	33
Figura 3 – Estrutura Gráfico de barras ICP Personalizado . . . . .	34
Figura 4 – Seletor de Alunos . . . . .	35
Figura 5 – Estrutura Gráfico de linhas ICP Dinâmico . . . . .	37
Figura 6 – Personalização de Pesos Ajustáveis do IAE na Interface. . . . .	43
Figura 7 – Personalização de Pesos Dinâmicos do IAE na Interface. . . . .	44
Figura 8 – Configuração IAE na Interface do Sistema. . . . .	45
Figura 9 – Estrutura Gráfico de Linhas IAE Personalizado. . . . .	47
Figura 10 – Tela de Inicial– ICP Personalizado . . . . .	51
Figura 11 – Exemplo ICP Personalizado . . . . .	52
Figura 12 – Histórico ICP Personalizado . . . . .	53
Figura 13 – Tela Inicial ICP Dinâmico . . . . .	54
Figura 14 – Configurações Exemplo ICP Dinâmico . . . . .	55
Figura 15 – Exemplo ICP Dinâmico . . . . .	56
Figura 16 – Histórico ICP Dinâmico . . . . .	57
Figura 17 – Tela Inicial IAE Personalizado . . . . .	58
Figura 18 – Exemplo IAE Personalizado . . . . .	59
Figura 19 – Histórico IAE Personalizado . . . . .	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo entre Indicadores Tradicionais e Propostos . . . . .	22
Tabela 1 – Comparativo entre Indicadores Tradicionais e Propostos . . . . .	23
Tabela 1 – Comparativo entre Indicadores Tradicionais e Propostos . . . . .	24
Tabela 2 – Classificação do Índice de Gaps na Participação (Índice de Gaps na Participação (GAP)) . . . . .	28
Tabela 3 – Classificação da Regularidade da Participação (Índice de Regularidade da Participação (RPP)) . . . . .	29
Tabela 4 – Classificação do Índice de Consistência de Participação (ICP) . . . . .	30
Tabela 5 – Classificação da Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (TAP) . . . . .	40
Tabela 6 – Classificação da Taxa de Abandono Progressiva (TAprog) . . . . .	41
Tabela 7 – Índice de Abandono Estruturado (IAE) . . . . .	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>APIs</b>	Application Programming Interfaces
<b>AVAs</b>	Ambiente Virtuais de Aprendizagem
<b>EaD</b>	Educação a Distância
<b>GAP</b>	Índice de Gaps na Participação
<b>IAE</b>	Índice de Abandono Estruturado
<b>ICP</b>	Índice de Consistência de Participação
<b>JVM</b>	Java Virtual Machine
<b>LA</b>	Learning Analytics
<b>MVP</b>	Produto Mínimo Viável
<b>PCI</b>	Participation Consistency Index
<b>RPP</b>	Índice de Regularidade da Participação
<b>SDI</b>	Structured Dropout Index
<b>TAP</b>	Taxa de Abandono Relativa ao Ponto
<b>TAprog</b>	Taxa de Abandono Progressivo
<b>UX</b>	Experiência do Usuário
<b>VLE</b>	Virtual Learning Environment

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	CONTEXTO	14
1.2	PROBLEMA	14
1.3	OBJETIVO	15
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>15</b>
1.4	JUSTIFICATIVA	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
2.1	LEARNING ANALYTICS	17
2.2	A PLATAFORMA STRATEEGIA.DIGITAL	17
<b>2.2.1</b>	<b>Jornadas</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Mapas</b>	<b>18</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Pontos</b>	<b>18</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Arquitetura</b>	<b>18</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Potencial Analítico da Plataforma</b>	<b>19</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Aplicações na Educação</b>	<b>19</b>
2.3	PLATAFORMAS EDUCACIONAIS E AMBIENTES VIRTUAIS DE APREN- DIZAGEM	20
2.4	INDICADORES DE ENGAJAMENTO ESTUDANTIL	20
2.5	O ICP E O IAE NO CONTEXTO DA LITERATURA	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA</b>	<b>25</b>
3.1	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA DE PARTICIPAÇÃO	25
<b>3.1.1</b>	<b>Índice de Gaps na Participação (GAP)</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Regularidade da Participação (RPP)</b>	<b>28</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Cálculo Final: ICP</b>	<b>29</b>
<i>3.1.3.1</i>	<i>Pesos ajustáveis</i>	<i>30</i>
<b>3.1.4</b>	<b>Considerações Técnicas</b>	<b>31</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Comparador Temporal</b>	<b>31</b>
<b>3.1.6</b>	<b>Visualização</b>	<b>33</b>
<i>3.1.6.1</i>	<i>Personalizada</i>	<i>34</i>
<b>3.1.6.1.1</b>	<b>Estrutura do Gráfico</b>	<b>34</b>

3.1.6.1.2	<b>Interatividade</b>	35
3.1.6.1.3	<b>Acessibilidade e Representação Visual</b>	35
3.1.6.1.4	<b>Benefícios do Gráfico de Barra no Contexto do ICP Personalizado</b>	36
3.1.6.2	<i>Dinâmica</i>	36
3.1.6.2.1	<b>Estrutura do Gráfico</b>	37
3.1.6.2.2	<b>Linhas do Gráfico</b>	37
3.1.6.2.3	<b>Interatividade</b>	37
3.1.6.2.4	<b>Acessibilidade e Representação Visual</b>	38
3.1.6.2.5	<b>Benefícios do Gráfico de Linha no Contexto do ICP Dinâmico</b>	38
3.1.7	<b>Histórico de Cálculos Anteriores</b>	38
3.1.8	<b>Aplicações Pedagógicas do ICP</b>	39
3.2	<b>ÍNDICE DE ABANDONO ESTRUTURADO</b>	39
3.2.1	<b>Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (TAP))</b>	40
3.2.2	<b>Taxa de Abandono Progressivo (Taxa de Abandono Progressivo (TAprog))</b>	41
3.2.3	<b>Cálculo Final: (IAE)</b>	42
3.2.3.1	<i>Pesos ajustáveis</i>	43
3.2.3.2	<i>Pesos Dinâmicos</i>	44
3.2.4	<b>Considerações Técnicas</b>	44
3.2.5	<b>Visualização</b>	45
3.2.5.1	<i>Personalizada</i>	46
3.2.5.1.1	<b>Estrutura do Gráfico</b>	47
3.2.5.1.2	<b>Linhas do Gráfico</b>	47
3.2.5.1.3	<b>Interatividade</b>	47
3.2.5.1.4	<b>Acessibilidade e Representação Visual</b>	48
3.2.5.1.5	<b>Benefícios do Gráfico de Linha</b>	48
3.2.5.2	<i>Dinâmica</i>	48
3.2.6	<b>Histórico de Cálculos Anteriores do IAE</b>	48
3.2.7	<b>Aplicações Pedagógicas do IAE</b>	49
4	<b>RESULTADOS</b>	50
4.1	CONTEXTO	50
4.2	CENÁRIO	50

4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS . . . . .	51
<b>4.3.1</b>	<b>Validação ICP . . . . .</b>	<b>51</b>
4.3.1.1	<i>Tela Inicial ICP Personalizado . . . . .</i>	51
4.3.1.2	<i>Exemplo ICP Personalizado . . . . .</i>	52
4.3.1.3	<i>Histórico ICP Personalizado . . . . .</i>	53
4.3.1.4	<i>Tela Inicial ICP Dinâmico . . . . .</i>	54
4.3.1.5	<i>Exemplo ICP Dinâmico . . . . .</i>	55
4.3.1.6	<i>Histórico ICP Dinâmico . . . . .</i>	57
<b>4.3.2</b>	<b>Validação IAE . . . . .</b>	<b>58</b>
4.3.2.1	<i>Tela Inicial IAE Personalizado . . . . .</i>	58
4.3.2.2	<i>Exemplo IAE Personalizado . . . . .</i>	59
4.3.2.3	<i>Histórico IAE Personalizado . . . . .</i>	60
4.4	VALIDAÇÃO TÉCNICA DOS INDICADORES . . . . .	60
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>62</b>
5.1	SÍNTESE DO TRABALHO . . . . .	62
5.2	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO . . . . .	62
5.3	LIMITAÇÕES IDENTIFICADAS . . . . .	63
5.4	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	64
5.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	65
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>66</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO

O avanço das tecnologias educacionais e a crescente adoção de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) vêm transformando significativamente o cenário educacional. A pandemia de COVID-19 contribuiu para a aceleração da adoção das plataformas digitais em diversas instituições de ensino superior. Essa adoção tanto evidenciou a potencialidade das plataformas quanto os desafios associados ao seu uso, especialmente na questão do acompanhamento efetivo da participação e do engajamento dos alunos.

O conceito de *learning analytics* LA surgiu nesse contexto como uma abordagem para coletar, analisar, compreender e aprimorar o processo de aprendizagem. De acordo com (CARDOSO et al., 2022), o uso de LA permite a identificação de comportamentos dos alunos, possibilitando que sejam feitas intervenções pedagógicas mais eficientes, individuais e assertivas. Além disso, a integração de plataformas com ferramentas de LA tem mostrado resultados positivos e eficazes na mitigação da evasão em cursos a distância, conforme foi destacado por (ANDRADE et al., 2023).

Entre as plataformas que vêm se destacando entre os AVAs, temos a *strategie.digital*, que oferece um ambiente estruturado de jornadas colaborativas de aprendizagem, baseado principalmente em momentos de debate e decisão. Desenvolvida pela TDS Company, a plataforma funciona como uma rede de debates mediada por agentes inteligentes, permitindo o mapeamento de ideias, a construção coletiva de conhecimento e o engajamento ativo dos participantes (TDS Company, 2021). Estudos de caso como o feito por (ZAMBIASI; RABELO; CRUZ, 2024), no Centro Universitário UNA (UNA), reforçam que a utilização da plataforma em contextos educacionais diversos favorece práticas colaborativas mais eficazes, contribuindo para a construção do pensamento crítico e na colaboração entre os estudantes.

## 1.2 PROBLEMA

Apesar da grande disponibilidade de dados nos AVAs, muitas instituições de ensino ainda enfrentam dificuldades na transformação dos dados em indicadores práticos que sirvam para a tomada de decisões pedagógicas estratégicas. Conforme destacado por (CHICON; PASCHOAL; FRANTZ, 2021), muitos cursos, principalmente a distância, apresentam um alto índice de evasão

justamente por não utilizarem os dados disponíveis de forma estratégica, podendo identificar precocemente comportamentos de risco entre os alunos. A análise ainda destaca que a maioria das soluções encontradas para o acompanhamento do discente é pontual e não integrada ao próprio Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVAs).

Além disso, o problema também se manifesta na dificuldade que existe em distinguir padrões de engajamento dos estudantes. Como mostram (LOBO; ALVAREZ, 2023), os dados disponibilizados limitam a compreensão dos professores em entender se a baixa participação de um aluno vem do abandono gradual do curso ou de situações momentâneas, o que dificulta o planejamento e intervenções pedagógicas que sejam individualizadas e assertivas.

Existe também uma falta de integração entre as plataformas de colaboração educacional, como a *strategie.digital*, e ferramentas mais robustas de *learning analytics*, o que compromete o potencial de geração de *insights* pedagógicos baseados em dados reais da interação estudantil (FIALHO; CID; COPPI, 2023).

### 1.3 OBJETIVO

Este projeto propõe o desenvolvimento de dois indicadores, o Índice de Consistência de Participação (ICP) e o Índice de Abandono Estruturado (IAE) e a criação de um MVP para calcular, monitorar e visualizar os índices, integrando-o à plataforma *strategie.digital*.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

1. Implementar no backend os cálculos dos indicadores ICP e IAE, considerando a complexidade dos diferentes pontos de um mapa da jornada educacional.
2. Desenvolver visualizações que sejam interativas para facilitar a análise dos dados, incluindo gráficos.
3. Criar funcionalidades de análise que sejam configuráveis por período: diário, semanal e mensal.
4. Oferecer mecanismos de comparação entre o desempenho individual de cada aluno e a média da turma.

5. Adaptar os indicadores e visualizações à estrutura única que as jornadas da *strategie.digital* possuem.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

A evasão no ensino superior, principalmente naqueles que são mediados por técnicas, continua sendo um grande problema para as instituições. Nesse contexto, o uso de *learning analytics* vem se destacando por conseguir transformar os dados educacionais em informações relevantes para decisões pedagógicas. (CHICON; PASCHOAL; FRANTZ, 2021) dizem que o uso de indicadores nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) contribui diretamente para identificar comportamentos de risco e aplicar intervenções que reduzem o abandono escolar.

Além de atuar na redução da evasão, LA pode ser utilizado de forma estratégica para potencializar o engajamento dos estudantes. Sistemas capazes de monitorar a participação em tempo real permitem que ajustes pedagógicos mais eficientes promovam maior permanência e desempenho acadêmico (FIALHO; CID; COPPI, 2023). No entanto, é fundamental que os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) sejam capazes de integrar ferramentas robustas de análise de dados.

A decisão de utilizar a plataforma *strategie.digital* foi motivada tanto pela afinidade adquirida em contextos profissionais quanto baseada nas experiências bem-sucedidas com sua utilização. De acordo com o relato de (ZAMBIASI; RABELO; CRUZ, 2024), o uso da plataforma tanto em disciplinas presenciais quanto híbridas tem favorecido a organização de pensamentos coletivos e ampliado o engajamento dos alunos.

Deste modo, a integração dos indicadores como o Índice de Consistência de Participação (ICP) e o Índice de Abandono Estruturado (IAE) ao ambiente da *strategie.digital* vai representar uma inovação estratégica para a plataforma. Essa abordagem reduz a evasão, fortalece o acompanhamento do engajamento dos alunos e qualifica as estratégias dos docentes baseadas em evidências.

Embora a plataforma *strategie.digital* não seja, estritamente, um AVAs, possui funcionalidades que permitem seu uso nesse contexto, especialmente no apoio a processos educacionais. Suas ferramentas colaborativas e de gestão estratégica também viabilizam aplicações em áreas como projetos e inovação, o que permite enquadrá-la como um AVAs em determinadas situações, sem restringir seu uso a contextos exclusivamente educacionais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 LEARNING ANALYTICS

O conceito de *learning analytics* (LA), ou análise da aprendizagem, refere-se à coleta, medição, análise e apresentação de dados sobre os alunos e seus contextos de aprendizagem, com o objetivo de entender e otimizar o processo educacional e os ambientes em que ocorre (SIEMENS, 2013). Essa abordagem surge como uma resposta à crescente disponibilidade de dados nos ambientes digitais de aprendizagem, e permite que educadores e gestores identifiquem padrões de comportamento, antevjam dificuldades e personalizem intervenções pedagógicas a partir dos *insights* gerados.

Segundo (FERGUSON, 2012), *learning analytics* representa uma das áreas emergentes mais promissoras na interseção entre ciência de dados e educação, oferecendo suporte à personalização do ensino, detecção precoce de dificuldades e monitoramento do progresso do aluno. Ao utilizar métricas específicas e ferramentas de visualização, educadores podem identificar padrões de participação, prever riscos de evasão e avaliar a efetividade de práticas pedagógicas.

### 2.2 A PLATAFORMA STRATEEGIA.DIGITAL

Strateegia.digital é uma plataforma digital projetada para facilitar processos de colaboração criativa, tomada de decisão e aprendizagem coletiva, integrando inteligências humanas e artificiais. Conforme descrito por (MEIRA-BETMANN, 2024), seu principal objetivo é promover debates estruturados e reflexivos por meio de jornadas colaborativas, permitindo que grupos diversos construam conhecimento de maneira progressiva e baseada na troca contínua de perspectivas e experiências.

#### 2.2.1 Jornadas

As jornadas são estruturas centrais na strateegia.digital, funcionando como roteiros que orientam os participantes através de etapas de discussão, decisão e reflexão. Cada jornada é composta por uma série de pontos, que representam momentos específicos de interação, como, por exemplo, debates, avaliações e tomadas de decisão. Essa organização permite que os participantes avancem de forma coesa, promovendo um aprendizado contínuo e colaborativo.

### 2.2.2 Mapas

Os mapas colaborativos são representações visuais das jornadas, exibindo os pontos de interação e suas interconexões. Eles permitem que os participantes visualizem o fluxo da jornada, compreendam o contexto de cada discussão e identifiquem as contribuições dos demais membros. Essa visualização facilita a navegação e o entendimento do processo colaborativo, tornando-o mais acessível e intuitivo.

### 2.2.3 Pontos

A plataforma utiliza diferentes tipos de pontos para estruturar as interações dentro das jornadas. Cada tipo de ponto é projetado para estimular diferentes formas de interação e pensamento crítico, contribuindo para a riqueza e profundidade das discussões. Os pontos relevantes para esse trabalho são:

- **Ponto de Avaliação:** destinado à reflexão crítica sobre um tema específico, onde os participantes respondem a perguntas orientadoras, promovendo uma análise aprofundada do assunto em questão.
- **Ponto de Decisão:** utilizado para a tomada de decisões coletivas, permitindo que os participantes escolham entre alternativas apresentadas, geralmente após discussões prévias que fundamentam as opções disponíveis.
- **Ponto de Debate:** focado na troca de ideias e argumentos entre os participantes, incentivando a diversidade de opiniões e a construção conjunta de conhecimento.

### 2.2.4 Arquitetura

A infraestrutura tecnológica da *strategie.digital* foi concebida para oferecer escalabilidade, flexibilidade e fácil integração com outras soluções digitais. Para isso, a plataforma adota uma arquitetura baseada em microsserviços, que permite o desenvolvimento, implantação e manutenção independentes de seus diversos componentes. Esse modelo modular facilita a evolução contínua da plataforma e garante maior resiliência, uma vez que falhas em serviços específicos não comprometem o funcionamento geral do sistema. Segundo (MEIRA-BETMANN, 2024), o

---

*back-end* da *strategia.digital* foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Kotlin, que opera sobre a Java Virtual Machine (JVM). Essa escolha permite total interoperabilidade com Java, aliando os benefícios de uma linguagem moderna e estaticamente tipada à robustez de um ecossistema amplamente consolidado. A utilização do Spring Framework complementa essa estrutura, oferecendo suporte a padrões como injeção de dependência e programação orientada a aspectos, o que contribui para a modularidade e manutenção do código. Ainda conforme o autor, o armazenamento de dados na *strategia.digital* é realizado por meio do MongoDB, um banco de dados NoSQL orientado a documentos. Essa tecnologia permite trabalhar com esquemas dinâmicos, adequando-se bem à natureza flexível e em constante evolução dos dados oriundos das jornadas colaborativas, mapas e interações dos usuários. A combinação entre Kotlin, Spring e MongoDB reflete uma escolha arquitetônica voltada à escalabilidade, à performance e à adaptabilidade do sistema.

### **2.2.5 Potencial Analítico da Plataforma**

Por registrar detalhadamente a participação dos usuários em cada ponto das jornadas, a *strategia.digital* oferece um ambiente propício para aplicações de *learning analytics*. A organização dos dados possibilita a geração de indicadores precisos sobre o engajamento estudantil. Neste trabalho, o potencial analítico da plataforma é explorado por meio da implementação de indicadores que permitem identificar padrões de participação, diagnosticar possíveis desistências e embasar decisões pedagógicas voltadas ao aumento do engajamento e à melhoria da experiência de aprendizagem.

### **2.2.6 Aplicações na Educação**

No contexto educacional, a *strategia.digital* tem sido utilizada como uma extensão da sala de aula, oferecendo suporte a práticas pedagógicas mais interativas e colaborativas. Por meio da estruturação de jornadas que incluem pontos de debate, avaliação e tomada de decisão, a ferramenta contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico e do engajamento ativo dos estudantes. Essa abordagem estimula a participação contínua e favorece processos de aprendizagem mais dinâmicos e centrados na construção coletiva do conhecimento.

## 2.3 PLATAFORMAS EDUCACIONAIS E AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) são sistemas que oferecem suporte ao processo de ensino e aprendizagem por meio de recursos tecnológicos. Esses ambientes proporcionam ferramentas para comunicação, colaboração, avaliação e gestão do conhecimento, sendo fundamentais na modalidade de Educação a Distância (EaD). Segundo (TUMOLO, 2011), a eficácia dos AVAs depende de sua capacidade de integrar tecnologias digitais às práticas pedagógicas, favorecendo uma aprendizagem ativa e significativa.

A organização didática dos AVAs é essencial para a eficácia do processo educativo. Estudos indicam que uma estrutura bem planejada, que articule conteúdos, estratégias metodológicas e recursos didáticos, contribui para uma melhor experiência de aprendizagem. Além disso, a interação constante e o *feedback* são elementos que potencializam o engajamento dos estudantes (SILVA, GALVÃO, PAIVA, 2023).

A evolução dos AVAs também inclui a integração de tecnologias emergentes, como ambientes imersivos e computação móvel, possibilitando experiências de aprendizagem mais personalizadas e interativas. Essa evolução amplia as formas de participação e torna o processo educativo mais flexível, atendendo às diferentes necessidades dos estudantes.

## 2.4 INDICADORES DE ENGAJAMENTO ESTUDANTIL

O engajamento estudantil é reconhecido como um dos principais preditores do sucesso acadêmico, da retenção escolar e do desenvolvimento educacional de qualidade. Segundo (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004), o engajamento pode ser compreendido como uma construção multidimensional, envolvendo aspectos comportamentais, emocionais e cognitivos da participação dos alunos em atividades escolares. Esses três aspectos refletem o modo como o estudante se envolve de forma integral com o processo de aprendizagem, influenciando diretamente seus resultados acadêmicos.

Com o avanço das tecnologias digitais e a expansão dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), tornou-se possível coletar grandes volumes de dados sobre as interações dos estudantes em tempo real. Essa evolução permitiu o surgimento de uma nova geração de indicadores de engajamento, que vão além das métricas tradicionais, como frequência de acesso à plataforma, o tempo que o estudante permanece conectado, o número de interações realizadas e a regularidade com que participa das atividades. Por meio de técnicas de *learning analytics*,

---

é possível analisar o comportamento dos alunos de forma mais detalhada, fornecendo suporte para intervenções pedagógicas mais eficazes (PARDO et al., 2019).

Apesar desses avanços, indicadores exclusivamente quantitativos nem sempre capturam a complexidade da trajetória de aprendizagem dos alunos. Muitas vezes, desconsideram fatores temporais e a evolução do engajamento ao longo do tempo. Conforme apontado por (FERGUSON, 2012), é fundamental desenvolver métricas que representem não apenas a presença ou ausência do aluno, mas também a sua constância, evolução e os padrões de abandono ao longo do tempo.

Com base nessa necessidade, este trabalho propõe dois indicadores inéditos: o Índice de Consistência de Participação (ICP) e o Índice de Abandono Estruturado (IAE). Desenvolvidos especificamente para este projeto, ambos buscam oferecer uma visão mais precisa e contextualizada do envolvimento dos estudantes em atividades educacionais mediadas por tecnologias digitais. Esses indicadores foram desenvolvidos pensando na dinâmica colaborativa da plataforma *strategia.digital*, integrando suas especificidades estruturais ao processo de monitoramento do comportamento dos estudantes.

O ICP busca mensurar a regularidade da participação dos alunos ao longo das etapas de uma jornada de aprendizagem, identificando padrões de engajamento consistentes ou irregulares. Por sua vez, o IAE concentra-se na identificação progressiva de indícios de evasão, analisando rupturas e quedas na continuidade da participação ao longo do tempo. Esses indicadores serão aplicados diretamente sobre os dados extraídos da plataforma *strategia.digital*, respeitando sua arquitetura baseada em jornadas, pontos e mapas colaborativos. Os resultados serão apresentados por meio de visualizações gráficas interativas, visando facilitar sua interpretação e utilização prática por docentes, tutores e gestores educacionais.

Os indicadores propostos neste estudo estabelecem um diálogo direto com a abordagem multidimensional de engajamento de (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004). O ICP, ao quantificar a frequência, regularidade e persistência da participação estudantil nas atividades, alinha-se de forma substancial à dimensão comportamental do engajamento. Por sua vez, o IAE, ao identificar rupturas e padrões de abandono, oferece *insights* que superam o simples comportamento, podendo sinalizar de forma indireta tanto a desmotivação emocional quanto a desconexão cognitiva com o conteúdo abordado. Assim, apesar de sua base em dados objetivos de interação, esses indicadores revelam-se capazes de capturar e elucidar fenômenos mais amplos e intrincados do engajamento discente.

## 2.5 O ICP E O IAE NO CONTEXTO DA LITERATURA

Este trabalho propõe a criação de dois indicadores novos — o Índice de Consistência de Participação (ICP) e o Índice de Abandono Estruturado (IAE). Nosso foco com eles é oferecer uma visão mais aprofundada do engajamento estudantil, analisando-o de forma temporal e acompanhando sua progressão. Entendemos a importância de situar essas métricas em relação aos indicadores já bem estabelecidos na área de *learning analytics*. Dentre os indicadores mais utilizados em AVAs, encontramos a frequência de acesso, o tempo de permanência, o número total de interações, a taxa de conclusão de atividades e a participação cumulativa. Embora essas ferramentas sejam úteis e tragam dados valiosos, muitas vezes elas não conseguem capturar nuances mais complexas, como a regularidade efetiva da participação, a existência de lacunas no engajamento ao longo do tempo ou mesmo padrões estruturais que sinalizam um abandono gradual. Assim, o ICP e o IAE surgem como complementos essenciais a esses indicadores tradicionais, explorando dimensões ainda pouco abordadas, como a consistência longitudinal da participação e a detecção de pontos críticos que podem levar à evasão. Em pesquisas futuras, será fundamental aprofundar as análises comparativas para demonstrar a contribuição incremental e o valor prático desses indicadores que propomos aqui.

Tabela 1 – Comparativo entre Indicadores Tradicionais e Propostos

<b>Indicador</b>	<b>Dimensão Coberta</b>	<b>Tipo de Análise</b>	<b>Pontos Fortes</b>	<b>Limitações</b>	<b>Diferencial (ICP/IAE)</b>
Frequência de acesso	Comportamental	Pontual	Fácil de mensurar; útil para alertas	Não distingue presença passiva de participação ativa; ignora a regularidade no tempo.	O ICP foca não apenas no "quanto" o aluno acessa, mas na sua regularidade e consistência ao longo da jornada, penalizando lacunas.

Tabela 1 – Comparativo entre Indicadores Tradicionais e Propostos

<b>Indicador</b>	<b>Dimensão Coberta</b>	<b>Tipo de Análise</b>	<b>Pontos Fortes</b>	<b>Limitações</b>	<b>Diferencial (ICP/IAE)</b>
Tempo de permanência	Comportamental	Pontual	Indica tempo médio em atividades	Pode ser inflado por inatividade; não garante engajamento real.	O ICP e IAE vão além do tempo total, analisando a consistência e os gaps temporais das ações, refletindo um engajamento mais ativo.
Número de interações	Comportamental	Pontual	Revela volume de contribuições	Não avalia distribuição no tempo nem a relevância das interações.	O ICP e IAE permitem identificar padrões de ausência ou irregularidade, ou ainda a progressão no desengajamento ao longo da participação.
Taxa de conclusão	Comportamental	Acumulativa	Mostra adesão a tarefas obrigatórias	Ignora engajamento em atividades não avaliativas; sensível à definição da tarefa.	O IAE permite avaliar o abandono em diferentes pontos da jornada de forma independente da rigidez de conclusão de tarefas, focando na progressão do desengajamento.

Tabela 1 – Comparativo entre Indicadores Tradicionais e Propostos

<b>Indicador</b>	<b>Dimensão Coberta</b>	<b>Tipo de Análise</b>	<b>Pontos Fortes</b>	<b>Limitações</b>	<b>Diferencial (ICP/IAE)</b>
Participação cumulativa	Comportamental	Longitudinal (acumulativo)	Indica proporção do curso acompanhada	Não detecta interrupções ou rupturas abruptas de participação.	O IAE consegue identificar tanto o abandono abrupto quanto o gradual, detectando pontos críticos de evasão que a participação cumulativa pode não evidenciar por si só.
Último acesso	Comportamental	Pontual	Indica desengajamento recente	Ignora o contexto e o histórico anterior de envolvimento.	O ICP + IAE fornecem uma visão mais abrangente da tendência de engajamento e abandono ao longo do tempo, não se limitando a um único evento ou data.

A Tabela 1 apresenta uma síntese comparativa entre os principais indicadores tradicionalmente empregados em ambientes educacionais e os dois indicadores desenvolvidos neste estudo. Percebe-se que as métricas convencionais tendem a ser predominantemente pontuais e quantitativas, o que restringe a capacidade de apreender comportamentos mais complexos, como a regularidade da participação ao longo do tempo ou a evolução progressiva do abandono. Em contrapartida, os indicadores aqui propostos introduzem uma dimensão temporal e estrutural, alinhando-se a uma perspectiva mais diagnóstica e proativa do engajamento dos estudantes. Juntos, o ICP e o IAE fornecem aos educadores uma camada analítica complementar, mais aprofundada, e com potencial para subsidiar intervenções pedagógicas assertivas.

### 3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Este trabalho adota uma abordagem de desenvolvimento incremental e iterativo para a construção de um Produto Mínimo Viável (MVP), com o propósito de validar os indicadores propostos e suas aplicações no monitoramento do engajamento estudantil.

As Application Programming Interfaces (APIs) desenvolvidas disponibilizam os principais *endpoints* responsáveis pelo cálculo e pela consulta dos indicadores ICP e IAE, estando preparadas para a integração com a plataforma *strategia.digital*.

No *backend*, foi utilizada a linguagem Kotlin em conjunto com o *framework* Spring Boot, escolhido por sua robustez, integração nativa com o ecossistema Java e aderência às práticas modernas de engenharia de software. O armazenamento dos dados foi implementado com o banco de dados NoSQL MongoDB, cuja estrutura flexível e alta performance na manipulação de documentos em formato JSON o tornam adequado às necessidades do sistema. Já o *frontend* foi desenvolvido utilizando a linguagem TypeScript, que adiciona tipagem estática ao JavaScript, contribuindo para maior segurança, escalabilidade e manutenção do código, além de favorecer a detecção precoce de erros durante o desenvolvimento.

#### 3.1 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA DE PARTICIPAÇÃO

O Índice de Consistência de Participação (ICP) é uma métrica desenvolvida com base nos princípios de *learning analytics* com o objetivo de mensurar o engajamento dos estudantes ao longo de uma jornada educacional. Diferente de métricas convencionais, que focam apenas na quantidade de interações, o ICP considera tanto a regularidade quanto a abrangência das participações distribuídas no tempo. Essa abordagem permite uma análise mais qualitativa do comportamento dos alunos, promovendo diagnósticos mais precisos sobre o envolvimento individual e coletivo.

A métrica é calculada com base nos dados extraídos da plataforma *strategia.digital*, por meio da aplicação de técnicas de *learning analytics*. Com isso, torna-se possível identificar padrões de engajamento e apoiar estratégias pedagógicas personalizadas, como notificações de incentivo e ajustes na estrutura da jornada.

O ICP é composto por duas submétricas principais: o Índice de Gaps na Participação (GAP) e o Índice de Regularidade da Participação (RPP). Ambas as métricas são calculadas com base

nos registros de participação em pontos de interação da jornada, que podem incluir pontos de Avaliação, Debate e Decisão.

Após o cálculo individual do ICP para cada estudante, obtém-se também o valor médio da turma, o que permite ao professor comparar o desempenho de um aluno específico em relação à média geral da turma. Essa comparação facilita a identificação de padrões de participação e pode orientar intervenções pedagógicas mais direcionadas. Por outro lado, o IAE é calculado como a variação média entre dois pontos consecutivos no tempo, refletindo a evolução coletiva da turma. Enquanto o ICP oferece uma análise individual com a possibilidade de comparação com o grupo, o IAE fornece uma visão mais ampla e temporal da consistência de engajamento ao longo da jornada.

### 3.1.1 Índice de Gaps na Participação (GAP)

O Índice de Gaps na Participação (GAP) avalia a consistência dos intervalos de tempo entre as interações do aluno ao longo de um mapa da jornada. Ele penaliza comportamentos de participação intermitente, identificando estudantes que se envolvem de forma intercalada ao longo do tempo.

O cálculo do GAP médio do aluno ( $GAP_{M_{Aluno_i}}$ ) é dado pela equação (3.1):

$$GAP_{M_{Aluno_i}} = 1 - \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P GAP_{i,p}, \quad (3.1)$$

em que  $GAP_{M_{aluno_i}}$  representa o índice médio de gaps do aluno  $i$ ,  $P$  é o número total de pontos de debate, decisão e avaliação no mapa da jornada escolhido, e  $GAP_{i,p}$  é o índice de gap do aluno  $i$  no ponto  $p$ .

Para identificar a existência do gap em cada ponto, utiliza-se um critério específico conforme o tipo de ponto:

- Para pontos de Debate, o cálculo do índice de gap no ponto é realizado com base na equação (3.2):

$$GAP_{i,p} = 1 - \frac{Q_{i,p}}{\bar{Q}_p} \quad (3.2)$$

em que  $GAP_{i,p}$  representa o Índice de Gap na Participação do aluno  $i$  no ponto  $p$ ;  $Q_{i,p}$  denota o número de questões distintas respondidas por esse aluno no respectivo ponto; e  $\bar{Q}_p$  corresponde à média de questões distintas respondidas pela turma no mesmo ponto.

A interpretação do valor de  $GAP_{i,p}$  em pontos de debate considera que, se o aluno responde a todas as questões, o valor é 0 (**participação completa**); se não responde a nenhuma, é 1 (**ausência total**); e, caso responda menos que a média da turma, o valor aumenta proporcionalmente, indicando penalização conforme o desempenho relativo.

- Para os pontos de Avaliação ou Decisão, o cálculo do índice de gap no ponto é realizado com base na equação (3.3):

$$GAP_{i,p} = 1 - P_{i,p} \quad (3.3)$$

em que  $GAP_{i,p}$  o Índice de Gap na Participação do aluno  $i$  no ponto  $p$ ; e  $P_{i,p}$  um valor binário que indica a participação do aluno no ponto, sendo 1 se ele participou e 0 caso contrário.

A interpretação do valor de  $GAP_{i,p}$  para pontos de avaliação ou decisão é simples: caso o aluno tenha participado do ponto, o valor será 0, indicando ausência de penalização; caso não tenha participado, o valor será 1, representando a penalização máxima.

**Nota metodológica:** Ao calcular o GAP, consideramos duas abordagens distintas para os diferentes tipos de participação: uma para pontos de debate e outra para momentos de avaliação ou decisão (conforme às equações (3.2) e (3.3)). É importante destacar que não se faz necessária a atribuição de pesos adicionais para cada uma dessas modalidades. Isso se deve ao fato de que cada contribuição individual impacta diretamente o valor final do GAP, e a frequência com que cada tipo de ponto ocorre na jornada já influencia o resultado de forma natural. Contudo, para aprimoramentos futuros, sugerimos explorar a inclusão de pesos personalizáveis, o que permitiria ao professor ajustar a relevância pedagógica de cada categoria de participação no cálculo, conforme suas prioridades.

Por fim, o GAP médio da turma no mapa, denotado por  $GAPM_{turma}$ , é calculado pela média dos índices médios individuais de todos os alunos participantes, conforme a equação (3.4):

$$GAPM_{turma} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^A GAPM_{aluno_i}, \quad (3.4)$$

em que  $GAPM_{turma}$  representa o índice médio de gaps da turma e  $A$  é a quantidade total de alunos que participaram da jornada.

Valores de  $GAPM_{turma}$  mais próximos de zero indicam maior regularidade coletiva na participação, enquanto valores mais elevados refletem maior inconsistência no engajamento

dos alunos ao longo do tempo. A interpretação detalhada dos valores de  $GAPM_{turma}$  pode ser consultada na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação do Índice de Gaps na Participação (GAP)

Faixa de Valor	Interpretação
1.0	Participação perfeita (O aluno participou de todos os pontos sem nenhuma lacuna)
0.8 – 0.99	Participação altamente consistente
0.5 - 0.79	Participação moderadamente consistente
< 0.50	Participação irregular

### 3.1.2 Regularidade da Participação (RPP)

A Regularidade de Participação (RPP) avalia a continuidade da participação dos alunos ao longo da jornada, considerando o maior intervalo sem participação como fator de penalização. Essa métrica busca identificar alunos que, mesmo participando, desaparecem por períodos longos.

Embora o RPP e o GAP estejam relacionados à análise temporal da participação, suas abordagens diferem. O RPP foca no maior período de inatividade do aluno ao longo de toda a jornada, penalizando ausências prolongadas independentemente da frequência das demais interações. Já o GAP avalia todos os intervalos entre participações consecutivas, identificando padrões de envolvimento intermitente. Assim, enquanto o RPP é sensível a um único grande hiato, o GAP considera a distribuição temporal como um todo.

O cálculo do RPP médio de cada aluno ( $RPPM_{Aluno_i}$ ) é dado pela equação (3.5):

$$RPPM_{Aluno_i} = 1 - \frac{G_{max_i}}{N}, \quad (3.5)$$

em que  $RPPM_{Aluno_i}$  representa o índice de regularidade do padrão de participação do aluno  $i$ ,  $G_{max_i}$  corresponde à duração do **maior GAP corrido**, isto é, o maior intervalo consecutivo sem participação do aluno  $i$  entre dois pontos do mapa, e  $N$  representa o número total de pontos de participação disponíveis no mapa da jornada.

Por fim, o índice médio de Regularidade do Padrão de Participação da turma em um determinado mapa, representado por  $RPPM_{turma}$ , é obtido a partir da média dos índices individuais de RPP calculados para cada aluno participante. Essa média é dada pela equação

(3.6):

$$RPPM_{turma} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^A RPP_{aluno_i}, \quad (3.6)$$

em que  $RPPM_{turma}$  representa o índice médio de regularidade da turma,  $RPP_{aluno_i}$  é o índice de regularidade do padrão de participação do aluno  $i$ , e  $A$  corresponde ao número total de alunos que participaram do mapa da jornada.

Valores de  $RPPM_{Aluno_i}$  mais próximos de 1 indicam maior regularidade na participação, enquanto valores mais próximos de 0 refletem uma maior irregularidade. A interpretação detalhada dos valores de  $GAPM_{turma}$  pode ser consultada na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação da Regularidade da Participação (RPP)

Faixa de Valor	Interpretação
1.0	Participação consistente (O aluno pode ter participado de todos ou de nenhum ponto, o que pode indicar constância, mas não necessariamente engajamento ativo)
0.8 – 0.99	Participação frequente e com poucas variações
0.5 - 0.79	Participação com oscilações
< 0.50	Participação esporádica e com grandes lacunas

### 3.1.3 Cálculo Final: ICP

O Índice de Consistência de Participação (ICP) é calculado a partir da média ponderada de duas métricas complementares previamente explicadas neste capítulo: o Índice de Gaps na Participação (GAP) e a Regularidade da Participação (RPP). Ambas as métricas variam entre 0 e 1, sendo que valores mais elevados indicam maior engajamento e consistência na participação dos alunos ao longo da jornada educacional.

O cálculo do ICP individual de cada aluno é dado pela equação (3.11):

$$ICP_{Aluno_i} = (x \cdot GAP_{Aluno_i}) + (y \cdot RPP_{Aluno_i}) \quad (3.7)$$

De forma análoga, o ICP médio da turma é obtido conforme a equação (3.8):

$$ICPM_{turma} = (x \cdot GAPM_{turma}) + (y \cdot RPPM_{turma}) \quad (3.8)$$

Em ambas as fórmulas, os coeficientes  $x$  e  $y$  representam os pesos ajustáveis atribuídos a cada uma das métricas. Por padrão,  $x + y = 1$ , garantindo que o ICP resultante permaneça dentro da faixa de 0 a 1.

Com base no valor obtido pelo cálculo do ICP, é possível interpretar o nível de consistência da participação dos alunos ao longo da jornada educacional. A interpretação detalhada dos valores de  $ICPM_{turma}$  pode ser consultada na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do Índice de Consistência de Participação (ICP)

Faixa de Valor	Interpretação
1.0	Participação excelente e sem lacunas
0.8 – 0.99	Participação boa, com pequenas variações
0.5 - 0.79	Participação irregular, com lacunas significativas
< 0.50	Participação baixa ou esporádica, requer atenção

**Limitações matemáticas:** É importante notar algumas considerações matemáticas para o ICP. Seu cálculo pressupõe a presença de múltiplos registros de participação ao longo da jornada. Em situações onde um aluno não possui participação ou registrou apenas um ponto de interação, o ICP pode gerar valores extremos ou não representativos do seu engajamento real. Recomenda-se, nesses casos, a aplicação de filtros para participação mínima ou a sinalização explícita do aluno como 'dados insuficientes' nas visualizações, a fim de evitar interpretações distorcidas. No entanto, tais mecanismos não foram implementados nesta versão do sistema, permanecendo como possibilidade para trabalhos futuros.

### 3.1.3.1 Pesos ajustáveis

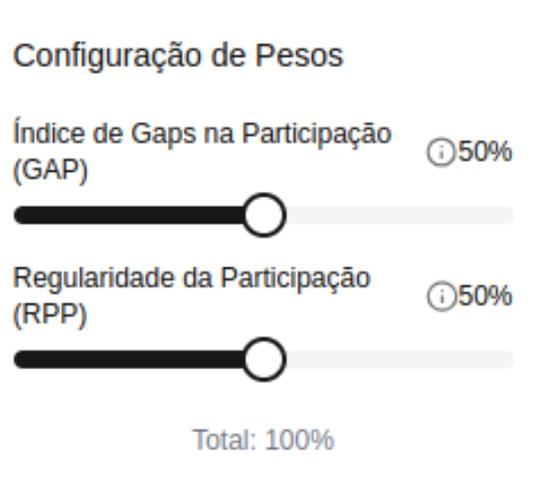


Figura 1 – Personalização de Pesos Ajustáveis do ICP na Interface.

A aplicação propõe uma abordagem flexível ao permitir que o usuário, como o professor, defina os valores de  $x$  e  $y$  diretamente na interface do sistema, como mostrado na Figura 1.

Dessa forma, é possível personalizar o cálculo do ICP de acordo com os objetivos da análise ou com o contexto pedagógico específico.

Na prática, essa flexibilidade significa que o professor pode ajustar os pesos conforme a ênfase que deseja dar na análise. Por exemplo, um docente percebe que os alunos estão participando apenas em momentos pontuais e quer incentivar uma participação mais contínua. Na interface do sistema, ele aumenta o peso atribuído ao RPP, fazendo com que o ICP valorize mais a regularidade ao longo do tempo.

Em outro cenário, um professor que está conduzindo uma atividade colaborativa com múltiplas etapas pode querer que os alunos participem de maneira equilibrada em todos os pontos. Para isso, ele aumenta o peso do GAP, tornando o ICP mais sensível à distribuição uniforme das interações.

Assim, o sistema deixa de ter uma métrica fixa e passa a se moldar aos objetivos pedagógicos de cada contexto, permitindo comparações mais alinhadas às metas específicas de cada jornada.

#### **3.1.4 Considerações Técnicas**

- O ICP considera os pontos de Avaliação, Debate e Decisão ao longo do mapa da jornada educacional selecionado pelo usuário. Este poderá escolher incluir no cálculo qualquer combinação desses tipos de pontos conforme sua preferência.
- Para pontos que possuem data de fechamento, apenas aqueles com a data de fechamento já expiradas são incluídos no cálculo, garantindo que todas as participações estejam devidamente consolidadas.
- Os pontos são ordenados pela data de criação, assegurando coerência na análise temporal.
- O usuário pode optar por calcular o ICP para toda a jornada ou restringir o cálculo a um intervalo específico de datas, conforme suas necessidades.

#### **3.1.5 Comparador Temporal**

Além da seleção de intervalos de datas para o cálculo do ICP, o sistema oferece um comparador temporal que permite ao usuário visualizar a evolução do engajamento dos alunos

ao longo do tempo, em diferentes períodos, como diário, semanal ou mensal.

Por meio dessa ferramenta, o usuário pode escolher a periodicidade da análise conforme suas necessidades, facilitando a identificação de tendências, variações e o impacto de intervenções pedagógicas.

Esse recurso proporciona uma visão contínua e detalhada do engajamento, auxiliando educadores na tomada de decisões informadas para melhorar o processo educacional.

### 3.1.6 Visualização

**Configuração**  
Configuração dos parâmetros para o cálculo personalizado das métricas.

ICP IAE

Dashboard ICP: Análise do Índice de Consistência de Participação

Tipo de Coleta

Personalizada  
 Dinâmica

Período

Data Inicial Data Final

Selecione Selecione

Jornada

Selecione a jornada

Tipo de Ponto

Avaliação  
 Debate  
 Decisão

Configuração de Pesos

Índice de Gaps na Participação (GAP) 50%

Regularidade da Participação (RPP) 50%

Total: 100%

Calcular

Figura 2 – Configuração ICP na Interface do Sistema.

Como mostrado na Figura 2, na interface do sistema, o usuário poderá personalizar a visualização dos dados do Índice de Consistência de Participação ICP a partir de dois modos de análise: personalizada e dinâmica. Em ambos os casos, é necessário selecionar previamente a jornada e logo após o mapa sobre o qual se deseja realizar a análise, além de escolher o tipo de ponto da jornada a ser considerado, como Avaliação, Debate ou Decisão, o que permite

uma análise mais direcionada conforme o foco pedagógico. O sistema também permite a configuração dos pesos atribuídos aos componentes GAP e RPP, que compõem o cálculo final do ICP. Essa configuração é feita manualmente na interface, de acordo com critérios pedagógicos definidos pelo próprio usuário, oferecendo flexibilidade para adaptar os resultados às especificidades de cada análise. No modo de visualização personalizada, o usuário poderá definir um intervalo de datas específico, e os cálculos do ICP considerarão apenas os pontos criados dentro desse recorte temporal. Já na visualização dinâmica, é necessário selecionar uma periodicidade, diária, semanal ou mensal, para que o sistema calcule a evolução dos dados ao longo do tempo, considerando o conjunto completo de informações do mapa selecionado. Essa distinção entre os modos permite que o sistema se adapte a diferentes objetivos analíticos, como a avaliação de intervenções pontuais ou o acompanhamento contínuo da participação estudantil.

### 3.1.6.1 Personalizada

Para permitir uma visualização clara, objetiva e de rápida interpretação sobre o desempenho atual dos alunos em relação ao Índice de Consistência de Participação ICP da turma no intervalo de datas escolhido pelo usuário, utilizamos o gráfico de barras horizontais mostrado na figura 3 como ferramenta de comparação. Essa visualização facilita a análise comparativa direta entre alunos selecionados e a média da turma, evidenciando discrepâncias positivas ou negativas de forma visualmente acessível.

#### 3.1.6.1.1 Estrutura do Gráfico



Figura 3 – Estrutura Gráfico de barras ICP Personalizado

Na Figura 3 temos um gráfico de barras que tem a seguinte estrutura:

- Barra Fixa (Turma): Representa a média do ICP da turma e é exibida permanentemente na parte superior, servindo como linha de base para as comparações.
- Barras Dinâmica (Alunos): À medida que os alunos são selecionados pelo usuário através do seletor, suas respectivas barras são adicionadas ao gráfico, permitindo a comparação com a média da turma e entre si.

### 3.1.6.1.2 Interatividade

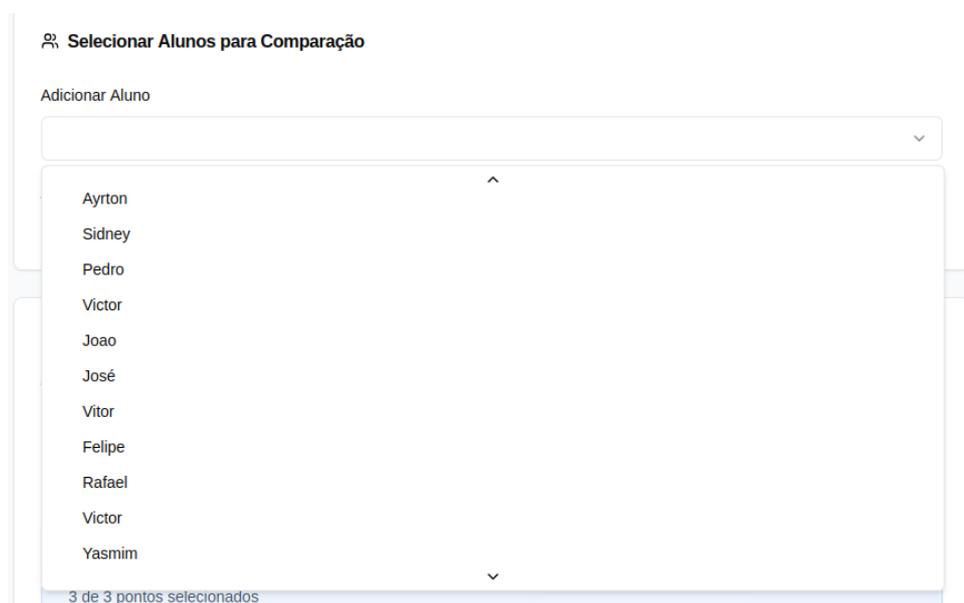


Figura 4 – Seletor de Alunos

Como mostrado na Figura 4, a interface apresenta um seletor de alunos, por meio do qual o usuário pode escolher um ou mais alunos para exibir no gráfico. A visualização é atualizada dinamicamente a cada nova seleção, revelando as barras correspondentes ao ICP de cada aluno, apresentando dados detalhados como o valor percentual do ICP e sua variação em relação à média da turma.

### 3.1.6.1.3 Acessibilidade e Representação Visual

Para garantir uma boa experiência para todos os usuários, são adotadas cores contrastantes e distintas para as barras dos alunos. Como mostrado na figura 3, a cor roxa representa a média da turma, funcionando como referência fixa no gráfico. Alunos que apresentarem ICP abaixo da média da turma terão suas barras exibidas em vermelho, enquanto aqueles acima da

média serão representados com a cor verde, facilitando a identificação visual de desempenhos positivos ou negativos. Além disso, todas as barras são acompanhadas de informações textuais, contendo o nome do aluno, o valor percentual do ICP e a diferença em relação à média da turma, expressa em valores absolutos e com sinal (+ ou -). Essa combinação de elementos gráficos e textuais contribui para uma comunicação clara e acessível, inclusive para usuários com dificuldades visuais ou cognitivas. Essa abordagem segue as diretrizes de acessibilidade propostas por (PEREIRA, 2021), reforçando o compromisso com a inclusão e a compreensão ampla das informações apresentadas.

#### **3.1.6.1.4 Benefícios do Gráfico de Barra no Contexto do ICP Personalizado**

- Comparação direta: Permite identificar rapidamente quais alunos estão acima ou abaixo da média da turma em termos de consistência de participação.
- Análise pontual: Ideal para obter uma visão geral e instantânea do desempenho atual dos alunos, sem necessidade de análise temporal.
- Suporte à intervenção pedagógica: Facilita a identificação de alunos com baixa consistência de participação, auxiliando na tomada de decisão sobre intervenções educativas direcionadas.

#### **3.1.6.2 Dinâmica**

Para permitir uma análise clara e intuitiva da evolução do Índice de Consistência de Participação (ICP) ao longo do tempo, utilizaremos o gráfico de linha apresentado na figura 14 como ferramenta de visualização dinâmica. Essa visualização destaca períodos de melhora ou queda no engajamento dos alunos ao longo do período selecionado, facilitando uma análise dinâmica e comparativa entre diferentes perfis de participação.

### 3.1.6.2.1 Estrutura do Gráfico

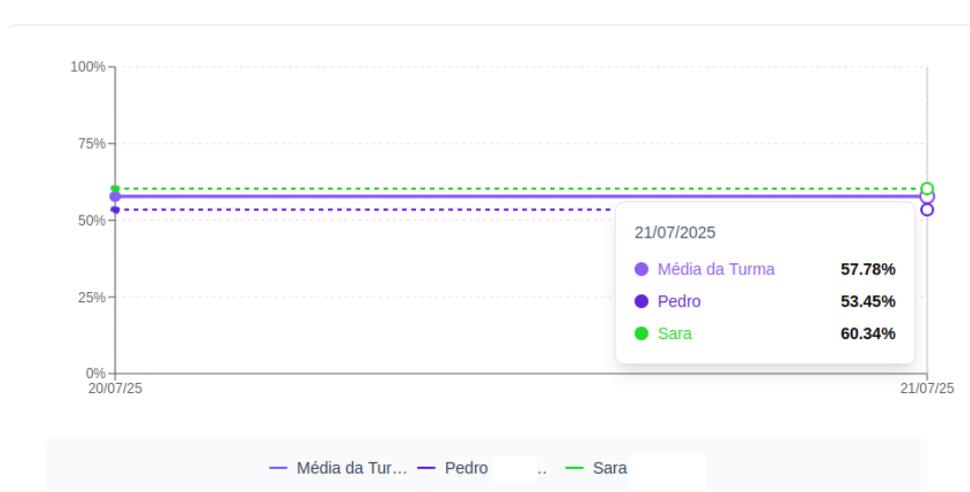


Figura 5 – Estrutura Gráfico de linhas ICP Dinâmico

Na figura 5 temos um gráfico de linha que segue a seguinte estrutura:

- Eixo X (horizontal): Representa os intervalos temporais configuráveis pelo usuário, podendo ser diário, semanal ou mensal, conforme a granularidade escolhida no comparador temporal.
- Eixo Y (vertical): Apresenta os valores do ICP, que variam de 0 a 1, indicando a consistência da participação dos alunos.

### 3.1.6.2.2 Linhas do Gráfico

- Linha Fixa: A média do ICP da turma será exibida permanentemente, funcionando como uma referência estável para análise do comportamento coletivo ao longo do tempo.
- Linha Dinâmica: O ICP dos alunos selecionados será exibido lado a lado com a média da turma, possibilitando a comparação individualizada e detalhada da evolução do engajamento.

### 3.1.6.2.3 Interatividade

Assim como ilustrado na Figura 4 para o ICP personalizado, o ICP dinâmico também conta com o mesmo seletor, contendo a lista dos alunos, permitindo ao usuário selecionar um ou mais

alunos específicos. Ao selecionar, o gráfico atualizará dinamicamente para mostrar as linhas correspondentes aos ICPs desses alunos, facilitando análises comparativas personalizadas. Além disso, o gráfico contará com *tooltips* em cada ponto, exibindo informações detalhadas, como a data correspondente, o valor do ICP e eventos relevantes naquele período, enriquecendo a experiência, como mostrado na Figura 5.

#### **3.1.6.2.4 Acessibilidade e Representação Visual**

Para garantir clareza e acessibilidade na representação gráfica, são utilizados diferentes tons de cores para distinguir as linhas, símbolos específicos que reforçam essa diferenciação visual e os *tooltips* como uma maneira de detalhar as informações, como mostrado na Figura 5. Assim como no gráfico de barras, essas diretrizes seguem as recomendações de acessibilidade propostas por (PEREIRA, 2021), assegurando que a visualização seja eficiente, acessível e compreensível para todos os perfis de usuários.

#### **3.1.6.2.5 Benefícios do Gráfico de Linha no Contexto do ICP Dinâmico**

- **Monitoramento contínuo:** Permite acompanhar a evolução do ICP de cada aluno em relação à média da turma, identificando tendências positivas ou negativas.
- **Identificação de padrões:** Facilita a percepção de períodos críticos ou momentos de queda no engajamento geral.
- **Avaliação de intervenções:** Possibilita visualizar o impacto de estratégias pedagógicas e ajustes na metodologia, evidenciando melhorias ou necessidades de ação.

#### **3.1.7 Histórico de Cálculos Anteriores**

Tanto na visualização personalizada quanto na visualização dinâmica, o sistema mantém um histórico dos cálculos realizados anteriormente, permitindo que o usuário tenha acesso contínuo aos dados passados para comparações e análises históricas. Esse histórico permanece disponível de forma constante na tela principal da interface do seu tipo de visualização, facilitando o acesso rápido e a consulta a dados anteriores. Quando o usuário desejar revisar um cálculo específico do histórico, ele poderá clicar no item desejado. Ao fazer isso, uma aba lateral será exibida com as informações detalhadas daquele histórico selecionado, incluindo os

---

parâmetros de configuração utilizados, como a jornada e o mapa escolhidos, intervalo de datas ou periodicidade escolhidos, bem como os valores específicos dos índices e os tipos de pontos selecionados. Essa funcionalidade permite uma análise comparativa e retrospectiva, proporcionando ao usuário a capacidade de acompanhar a evolução dos dados ao longo do tempo, identificar padrões e fazer ajustes em suas estratégias pedagógicas conforme necessário.

### 3.1.8 Aplicações Pedagógicas do ICP

Com base nos dados fornecidos pelo ICP, torna-se possível identificar padrões de participação inconsistente ao longo do tempo, permitindo ao professor tomar decisões mais informadas. Além disso, os resultados podem orientar o redesenho da jornada educacional, contribuindo para a melhoria do engajamento dos estudantes, ofertando um suporte pedagógico mais direcionado e ações de intervenção individualizadas que visam promover a reintegração do aluno no processo de aprendizagem.

## 3.2 ÍNDICE DE ABANDONO ESTRUTURADO

No contexto do acompanhamento da participação estudantil em ambientes educacionais mediados por tecnologias, o monitoramento do abandono é tão importante quanto o acompanhamento da participação ativa. O Índice de Abandono Estruturado (IAE) surge como uma métrica inovadora que busca mensurar, de forma detalhada e contextualizada, o abandono dos alunos ao longo de uma jornada educacional.

O IAE, assim como o ICP explicado anteriormente, utiliza técnicas de *learning analytics* para captar o abandono em múltiplos níveis e momentos, oferecendo uma visão rica e detalhada do engajamento dos alunos. Dessa forma, a métrica permite identificar não apenas o volume de desistências, mas também os momentos críticos em que os alunos deixam de participar, facilitando intervenções pedagógicas mais precisas e eficazes.

O Índice de Abandono Estruturado (IAE) é composto por duas submétricas principais: a Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (TAP) e a Taxa de Abandono Progressivo (TAprog). Ambas as métricas são calculadas para cada ponto da jornada educacional, levando em consideração a participação dos alunos nos pontos anteriores, que podem incluir Avaliação, Debate e Decisão.

Após o cálculo de TAP e TAprog para cada ponto, é possível obter também o IAE da turma

em cada ponto, permitindo que o professor analise o comportamento coletivo em relação ao abandono. Essa comparação ajuda a identificar pontos críticos de desistência e orienta intervenções pedagógicas direcionadas para reduzir o abandono e aumentar o engajamento dos alunos ao longo da jornada.

### 3.2.1 Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (TAP)

A Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (TAP) mede o abandono local, isto é, entre dois pontos consecutivos da jornada educacional. A métrica não considera um total fixo de alunos esperados para o ponto atual, mas sim quantos alunos que participaram do ponto imediatamente anterior deixaram de participar no ponto seguinte. O cálculo do TAP é descrito como (3.9):

$$TAP = \frac{N_{(p-1) \rightarrow \neg p}}{N_{p-1}}, \quad (3.9)$$

onde  $TAP$  representa a Taxa de Abandono Relativa ao Ponto;  $N_{p-1}$  é o número de alunos que participaram do ponto  $p - 1$ ; e  $N_{(p-1) \rightarrow \neg p}$  é o número de alunos que participaram do ponto  $p - 1$ , mas não participaram do ponto  $p$ .

Valores de TAP mais próximos de 0 indicam uma participação consistente entre os pontos consecutivos, ou seja, poucos alunos abandonam a jornada naquele trecho. Já valores mais próximos de 1 refletem um alto índice de abandono, apontando para dificuldades ou desmotivação específicas naquele ponto. A interpretação detalhada dos valores de TAP pode ser consultada na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação da Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (TAP)

Faixa de Valor	Interpretação
0	Abandono inexistente entre pontos consecutivos
0.01 – 0.20	Abandono baixo entre pontos consecutivos
0.21 - 0.50	Abandono moderado entre pontos consecutivos
> 0.50	Abandono alto entre pontos consecutivos

### 3.2.2 Taxa de Abandono Progressivo (TAprog)

A *Taxa de Abandono Progressivo* (TAprog) mede a queda acumulada no engajamento dos alunos ao longo da jornada educacional. Diferentemente da *Taxa de Abandono Relativa ao Ponto* (TAP), que avalia a desistência entre pontos consecutivos, o TAprog considera o percentual de alunos que, tendo participado em algum momento anterior, deixam de participar no ponto atual. Assim, ele fornece uma visão mais ampla da retenção e abandono ao longo do tempo.

A TAprog para um ponto  $p$  da jornada é calculada pela razão entre o número de alunos que participaram em algum ponto anterior, mas não participam do ponto  $p$ , e o total de alunos distintos que já participaram em qualquer ponto antes ou no ponto  $p$ . Formalmente, a métrica é definida pela equação:

$$TA_{prog} = \frac{N_{(p' < p) \rightarrow \neg p}}{N_{p' < p}} \quad (3.10)$$

em que  $TA_{prog}$  representa a Taxa de Abandono Progressivo;  $p'$  denota qualquer ponto anterior ao ponto atual  $p$  na sequência cronológica da jornada;  $N_{(p' < p) \rightarrow \neg p}$  representa o número de alunos que participaram em algum ponto anterior ao ponto  $p$ , mas não participaram no ponto  $p$ . Já  $N_{p' < p}$  é o número total de alunos que participaram em pelo menos um ponto anterior ao ponto  $p$ .

Valores de TAprog próximos de zero indicam boa retenção, com a maioria dos alunos permanecendo engajados na jornada. Por outro lado, valores próximos a um indicam uma perda progressiva significativa de alunos ao longo dos pontos, sinalizando dificuldades ou desmotivação prolongada. A interpretação detalhada dos valores de TAprog pode ser consultada na Tabela 6.

Tabela 6 – Classificação da Taxa de Abandono Progressiva (TAprog)

Faixa de Valor	Interpretação
0	Abandono inexistente ao longo do mapa da jornada
0.01 – 0.20	Abandono baixo ao longo do mapa da jornada
0.21 - 0.50	Abandono moderado ao longo do mapa da jornada
> 0.50	Abandono alto ao longo do mapa da jornada

### 3.2.3 Cálculo Final: (IAE)

O Índice de Abandono Estruturado (IAE) é calculado para cada ponto do mapa de uma jornada a partir da média ponderada de duas métricas complementares previamente explicadas neste capítulo: a Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (TAP) e a Taxa de Abandono Progressivo (TA<sub>prog</sub>). Ambas as métricas variam entre 0 e 1, sendo que valores próximos de 0 indicam baixa taxa de abandono, enquanto valores próximos de 1 refletem alta taxa de abandono.

O cálculo final do IAE de cada ponto do mapa da jornada é dado pela equação (3.11):

$$IAE = (x \cdot TAP) + (y \cdot TA_{prog}) \quad (3.11)$$

Os coeficientes  $x$  e  $y$  representam os pesos ajustáveis atribuídos a cada uma das métricas. Por padrão,  $x + y = 1$ , garantindo que o IAE resultante permaneça dentro da faixa de 0 a 1.

Com base no valor obtido pelo cálculo do IAE, é possível interpretar o nível de abandono dos alunos nos pontos ao longo da jornada educacional. A interpretação detalhada dos valores de  $IAE$  pode ser consultada na Tabela 7.

Tabela 7 – Índice de Abandono Estruturado (IAE)

Faixa de Valor	Interpretação
0	Abandono inexistente
0.01 – 0.20	Abandono baixo
0.21 - 0.50	Abandono moderado
> 0.50	Abandono alto

**Limitações matemáticas:** Para o IAE, o cálculo eficaz depende de uma sequência mínima de pontos de registro na jornada, essencial para a detecção de padrões de abandono entre as etapas. Jornadas demasiadamente curtas ou turmas com baixa adesão podem resultar em indicadores de IAE instáveis ou com pouca significância estatística. Adicionalmente, a aplicação de pesos dinâmicos, que visa maior precisão, requer um histórico de engajamento consistente, o que pode ser um desafio em jornadas muito recentes ou com dados limitados.

### 3.2.3.1 Pesos ajustáveis

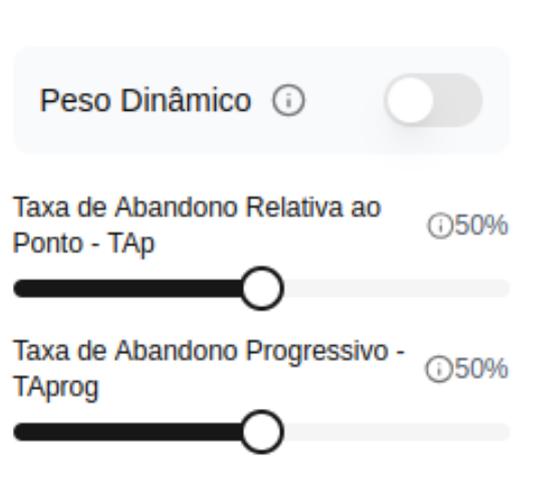


Figura 6 – Personalização de Pesos Ajustáveis do IAE na Interface.

O cálculo do IAE segue o mesmo princípio de flexibilidade apresentado na seção 3.1.3.1, permitindo que o usuário, por meio da interface do sistema como mostrado na Figura 6, defina os pesos atribuídos às submétricas TAP e TAprog. Assim como no ICP, essa configuração possibilita a personalização do cálculo do IAE conforme os objetivos pedagógicos ou as particularidades da jornada.

Na prática, essa flexibilidade permite que o professor ajuste o cálculo do IAE para destacar o aspecto do abandono que mais deseja monitorar. Por exemplo, se um docente percebe que vários alunos estão deixando de participar repentinamente após um certo ponto da jornada, ele pode aumentar o peso do TAP, tornando o indicador mais sensível a quedas bruscas de participação.

Em outro cenário, quando o objetivo é identificar gradualmente os alunos que vão reduzindo sua participação ao longo do tempo, o professor pode dar mais peso ao TAprog, fazendo com que o cálculo do IAE destaque essa tendência progressiva de abandono.

Dessa forma, o sistema não impõe uma configuração única para todos os contextos, mas se adapta às prioridades do educador e às características específicas da jornada, tornando a análise mais alinhada às necessidades reais de acompanhamento.

### 3.2.3.2 Pesos Dinâmicos

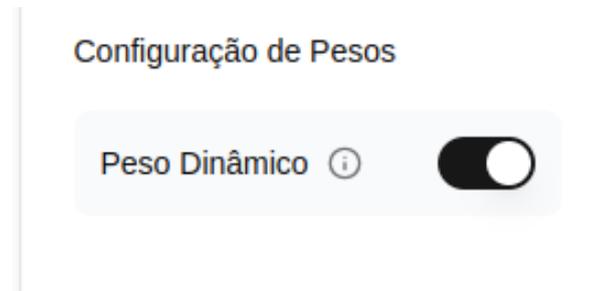


Figura 7 – Personalização de Pesos Dinâmicos do IAE na Interface.

Caso o usuário opte por uma abordagem mais automatizada, os pesos das submétricas TAP e TApog são ajustados dinamicamente com base no histórico de engajamento da turma, essa opção poderá ser selecionada pelo usuário na interface como mostrado na figura 7. O sistema analisa o padrão de participação dos alunos ao longo da jornada e atribui maior peso à métrica que se mostra mais representativa para a realidade daquela turma. Dessa forma, o indicador mais significativo recebe um peso preponderante de 60%, enquanto o outro é atribuído o peso restante de 40%. Essa estratégia permite que o cálculo do IAE se adapte automaticamente às características específicas do grupo, favorecendo uma interpretação mais precisa e contextualizada do abandono estudantil. A escolha dos pesos de 60/40 nesse modo baseia-se em observações preliminares, que indicam que em jornadas mais longas, o TApog demonstra maior eficácia em capturar o declínio progressivo do engajamento, enquanto o TAP se mostra mais sensível a oscilações pontuais. Embora essa estratégia ainda não possua uma validação estatística formal, ela foi desenvolvida a partir de testes exploratórios internos. Para trabalhos futuros, é altamente recomendada a realização de uma análise empírica mais robusta, visando a calibração precisa desses pesos com base em dados históricos reais e validação cruzada.

### 3.2.4 Considerações Técnicas

O Índice de Abandono Estruturado (IAE) segue o mesmo padrão adotado para o cálculo do Índice de Consistência de Participação (ICP), detalhado na Seção 3.1.4. Dessa forma:

- O IAE considera os pontos de Avaliação, Debate e Decisão ao longo do mapa da jornada educacional selecionado pelo usuário, que poderá escolher incluir qualquer combinação

desses tipos conforme sua preferência.

- Apenas os pontos com data de fechamento já expiradas são considerados, garantindo que as participações e abandonos estejam consolidados.
- Os pontos são ordenados cronologicamente pela data de criação, assegurando coerência na análise temporal.
- O usuário pode optar por calcular o IAE para toda a jornada ou restringir o cálculo a um intervalo específico de datas, conforme suas necessidades.

### 3.2.5 Visualização

**Configuração**  
Configuração dos parâmetros para o cálculo personalizado das métricas.

ICP IAE

Dashboard IAE: Análise do Índice de Abandono Estruturado

Tipo de Coleta  
 Personalizada

Período  
Data Inicial Data Final  
Selecione Selecione

Jornada  
Selecione a jornada

Tipo de Ponto  
 Avaliação  
 Debate  
 Decisão

Configuração de Pesos  
Peso Dinâmico

Taxa de Abandono Relativa ao Ponto - TAp 50%  
Taxa de Abandono Progressivo - TAprog 50%

Totais: 100%

Calcular

Figura 8 – Configuração IAE na Interface do Sistema.

Como mostrado na figura 8, na interface, o usuário personaliza a visualização selecionando o intervalo de datas que deseja analisar, o que ajusta dinamicamente os cálculos do IAE com base apenas nos pontos que ocorrem dentro desse período. O usuário também escolherá a jornada que deseja fazer a análise e posteriormente, o mapa. Além disso, é possível escolher o tipo de ponto da jornada a ser considerado como Avaliação, Debate ou Decisão, o que permite uma análise mais segmentada e direcionada conforme o foco pedagógico.

Adicionalmente, o sistema permite a configuração dos pesos atribuídos ao TAP e ao TAprog no cálculo final do IAE. O usuário pode optar por pesos fixos, definidos manualmente na interface conforme critérios pedagógicos próprios, ou por pesos dinâmicos, que são ajustados automaticamente pelo sistema. Essa flexibilidade na personalização torna a análise mais adaptável a diferentes estratégias educacionais e contribui para uma interpretação mais precisa dos padrões de abandono ao longo do tempo.

Após a definição dessas configurações, o sistema gera e exibe o gráfico ao usuário, apresentando, para cada ponto situado dentro do intervalo de datas selecionado, os valores dos índices IAE, TAP e TAprog. Esses dados são organizados cronologicamente ao longo da linha do tempo, o que facilita uma leitura comparativa e contínua da evolução do engajamento estudantil ao longo da jornada.

#### 3.2.5.1 *Personalizada*

Para permitir uma análise clara e intuitiva da evolução do Índice de Abandono Estruturado (IAE) ao longo da jornada pedagógica, o sistema utiliza uma visualização em gráfico de linhas como mostrado na figura 9 que apresenta os valores dos índices calculados ponto a ponto, em ordem cronológica. Essa abordagem facilita a identificação de momentos críticos de desistência e permite comparar diferentes perfis de abandono entre os alunos ou entre jornadas.

### 3.2.5.1.1 Estrutura do Gráfico



Figura 9 – Estrutura Gráfico de Linhas IAE Personalizado.

Na figura 9 temos um gráfico de linha que segue a seguinte estrutura:

- Eixo X (horizontal): Representa os pontos da jornada (avaliação, debate e decisão).
- Eixo Y (vertical): Percentual de abandono, variando de 0 a 100

### 3.2.5.1.2 Linhas do Gráfico

- Linha da TAP (Taxa de Abandono Relativa por ponto) em verde na figura 9;
- Linha do TAprog (Taxa de Abandono Progressivo) em amarelo na figura 9,
- Linha do IAE (Índice de Abandono Estruturado) em azul na figura 9.

### 3.2.5.1.3 Interatividade

Como podemos notar na figura 9, o gráfico conta com algumas interatividades para facilitar a análise detalhada dos dados. Em cada ponto da linha do gráfico, o usuário visualiza tooltips que exibem informações específicas, incluindo os valores exatos do Índice de Abandono Estruturado (IAE), da Taxa de Abandono Relativa ao Ponto (TAprog) e da Taxa de Abandono Progressiva (IAE). Além disso, o tooltip apresenta o nome do ponto correspondente na jornada pedagógica, permitindo uma compreensão contextualizada e imediata do desempenho em cada etapa analisada.

### **3.2.5.1.4 Acessibilidade e Representação Visual**

A representação gráfica do IAE segue os mesmos princípios de acessibilidade e clareza visual descritos anteriormente na Seção 3.1.6.1.3. Assim, diferentes tons são utilizados para distinguir as informações exibidas, promovendo uma visualização inclusiva e alinhada às diretrizes de acessibilidade propostas por (PEREIRA, 2021). Além das cores, também são empregados símbolos distintos nas linhas do gráfico, o que reforça a diferenciação visual entre os elementos e contribui para a compreensão mesmo em contextos de daltonismo ou limitações visuais. Essa abordagem assegura que a leitura dos dados seja eficiente e compreensível para todos os usuários, inclusive aqueles com deficiências visuais.

### **3.2.5.1.5 Benefícios do Gráfico de Linha**

- Permite visualizar a evolução do abandono em cada ponto da jornada.
- Facilita a identificação de pontos críticos de desistência.
- Compara diretamente os componentes TAP, TAprog e o valor do IAE.
- Ajuda a monitorar a eficácia de intervenções ao longo do tempo.
- Proporciona uma análise cronológica clara e objetiva do engajamento.

### **3.2.5.2 Dinâmica**

Diferentemente do ICP, o IAE não possui visualização dinâmica com atualização em tempo real. Isso ocorre porque o IAE é uma métrica estrutural, baseada na comparação entre pontos sucessivos de uma jornada. Seu principal objetivo é detectar variações significativas de engajamento entre fases, o que inviabiliza uma abordagem de acompanhamento dinâmico.

## **3.2.6 Histórico de Cálculos Anteriores do IAE**

A funcionalidade de histórico de cálculos, já descrita na Seção 3.1.7 referente ao ICP, também está disponível para o IAE, com o diferencial de que, neste caso, aplica-se só a visualização personalizada. Assim como no ICP, os cálculos anteriores permanecem registrados e acessíveis diretamente na tela principal da visualização do IAE. Ao selecionar um histórico

específico, uma aba lateral é exibida, contendo os detalhes daquele cálculo, como os valores dos indicadores (IAE, TAP e TApog), os parâmetros configurados e o período considerado. Essa funcionalidade reforça a continuidade analítica e a rastreabilidade dos dados ao longo do tempo, permitindo uma avaliação comparativa e fundamentada do engajamento dos alunos.

### **3.2.7 Aplicações Pedagógicas do IAE**

Com base nos dados fornecidos pelo IAE, torna-se possível identificar pontos críticos de abandono ao longo da jornada educacional, permitindo ao professor intervir de forma direcionada. Além disso, os resultados ajudam a ajustar o planejamento pedagógico, especialmente em etapas com maior desistência, contribuindo para a retenção e o engajamento dos alunos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CONTEXTO

Com o MVP da aplicação desenvolvido, os resultados concentraram-se na validação dos cálculos dos indicadores implementados: o Índice de Consistência de Participação ICP e o Índice de Abandono Estruturado IAE. O foco principal desta fase foi assegurar que os indicadores propostos estivessem sendo computados corretamente diante de dados reais, oriundos de uma jornada educacional real. Para isso, foi utilizada uma jornada existente na plataforma *strategia.digital*, aplicada por um docente em uma disciplina de graduação. Essa jornada, já encerrada, ofereceu um conjunto consolidado de dados de participação, permitindo realizar a validação dos cálculos. A escolha desse cenário reflete um contexto educacional real, permitindo avaliar como os indicadores se comportam diante de interações concretas registradas na plataforma *strategia.digital*. Como a jornada utilizada já foi concluída, os dados permanecerão estáticos para comparações temporais.

A escolha por utilizar uma jornada educacional já finalizada foi uma decisão metodológica estratégica para garantir a estabilidade e a integridade dos dados utilizados na validação inicial dos cálculos. Essa abordagem permitiu trabalhar com um conjunto de informações consolidado e imutável, fundamental para a confiabilidade dos resultados obtidos nesta fase. Contudo, reconhece-se que essa escolha limita a observação da evolução dos indicadores em tempo real e a análise de possíveis respostas a intervenções pedagógicas. Assim, como parte de trabalhos futuros, será fundamental estender a validação para jornadas ativas, com coleta contínua de dados, a fim de explorar a aplicação dinâmica dos indicadores e aprimorar significativamente sua utilidade prática no ambiente educacional.

### 4.2 CENÁRIO

Conforme mencionado anteriormente, foi utilizada uma jornada real, previamente aplicada na plataforma *strategia.digital* por um docente em uma disciplina de Engenharia de Software (ESS) do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco (CIN-UFPE). Essa jornada é composta por um único mapa e conta com a participação de 50 usuários, sendo 48 estudantes, 1 administrador e 1 mentor. A jornada contempla todos os tipos de pontos de interesse para a aplicação dos indicadores desenvolvidos, como pontos de decisão, avaliação

e debate. Ao todo, foram registrados 58 pontos distribuídos ao longo da jornada, sendo eles 10 pontos de avaliação, 28 pontos de decisão e 20 pontos de debate. Os pontos de interesse para análise foram no período de 11/11/2024 a 24/04/2025, fornecendo um conjunto estático de dados que permitiu realizar análises temporais e a validação dos cálculos em um contexto educacional autêntico.

### 4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção, são apresentados os resultados da aplicação dos indicadores propostos sobre os dados extraídos da jornada utilizada. Para facilitar a visualização e compreensão dos cálculos, foi incluída uma captura da interface desenvolvida, ilustrando como os dados são exibidos aos usuários.

#### 4.3.1 Validação ICP

##### 4.3.1.1 Tela Inicial ICP Personalizado

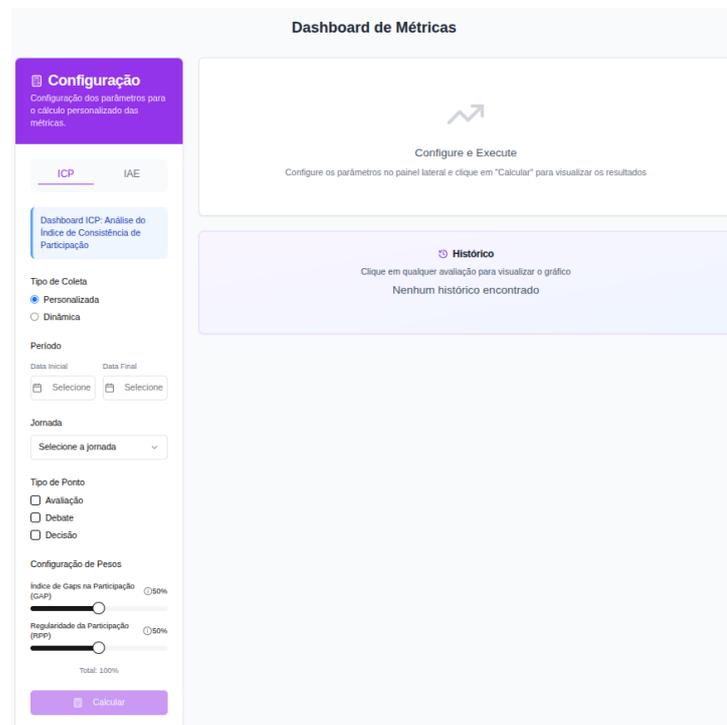


Figura 10 – Tela de Inicial– ICP Personalizado

A Figura 10 apresenta a tela inicial do *dashboard* de métricas, especificamente configurada para o cálculo do Índice de Consistência de Participação ICP com a opção de coleta personalizada selecionada. Esta interface tem como principal objetivo permitir que o usuário configure os parâmetros necessários para a análise dos dados de participação dos estudantes, com base em critérios que serão definidos manualmente e que foram explicados anteriormente no capítulo 3.

Essa tela inicial representa o ponto de partida para todas as análises do ICP, sendo projetada para oferecer autonomia ao usuário e flexibilidade analítica, elementos essenciais para a proposta deste trabalho de fornecer ferramentas de diagnóstico baseadas em LA.

#### 4.3.1.2 Exemplo ICP Personalizado

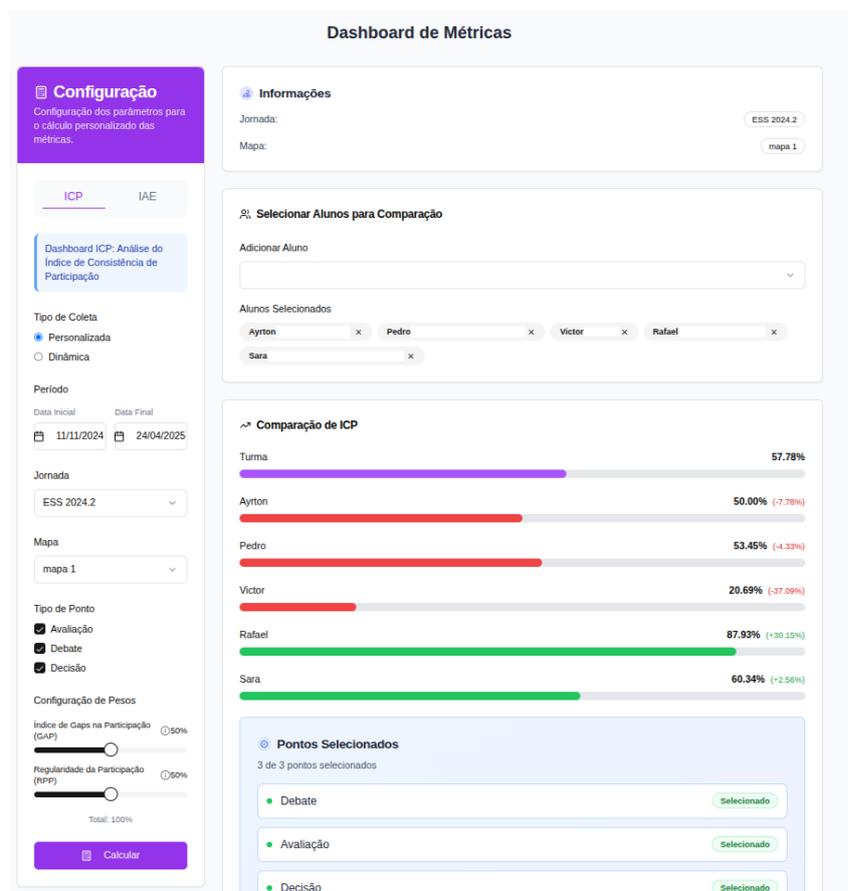


Figura 11 – Exemplo ICP Personalizado

A Figura 11 apresenta a tela de personalização do ICP, com um intervalo de datas que abrange toda a jornada selecionada. Nessa configuração, estão incluídos todos os tipos de pontos (Debate, Avaliação e Decisão), bem como a distribuição de pesos entre os dois com-

ponentes do índice: o GAP e o RPP. Ao lado, são exibidos os resultados do cálculo; temos a média ICP da turma (representada pela cor roxa) e a comparação com os alunos selecionados no seletor imediatamente acima. A visualização permite uma análise detalhada da consistência de participação de cada estudante em relação à turma.

#### 4.3.1.3 Histórico ICP Personalizado

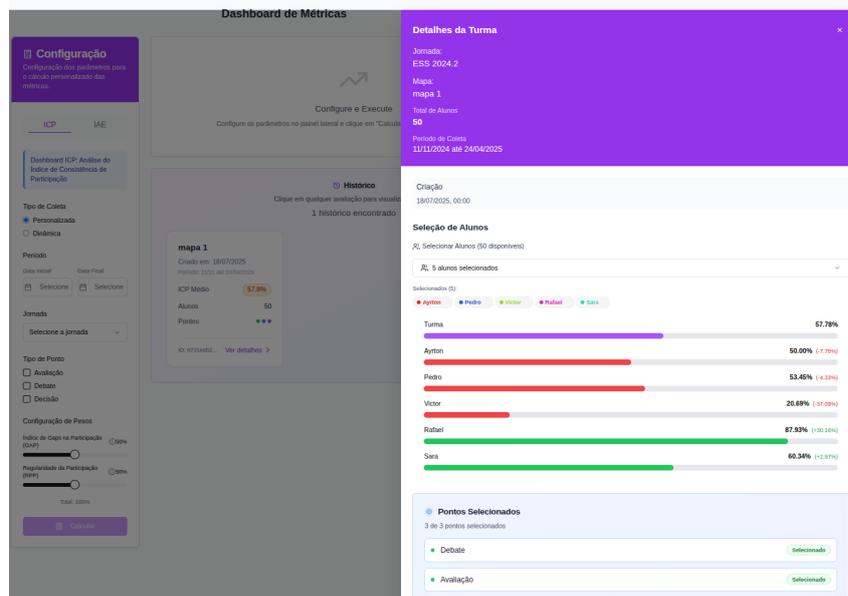


Figura 12 – Histórico ICP Personalizado

A Figura 12 apresenta a tela do histórico de cálculos do ICP. No canto inferior da interface, o usuário pode visualizar *cards* referentes aos cálculos personalizados de ICP anteriormente realizados. Ao selecionar um dos *cards*, uma barra lateral é exibida com detalhes sobre o cálculo, incluindo a jornada, o mapa, a data de criação, o período considerado para coleta dos dados, os tipos de pontos utilizados (como Debate, Avaliação e Decisão), além da configuração de pesos atribuída. A média do ICP da turma permanece fixa na visualização (em roxo), e o usuário pode interagir com o seletor de alunos para comparar os resultados individuais dos estudantes selecionados com a média geral da turma.

#### 4.3.1.4 Tela Inicial ICP Dinâmico

Figura 13 – Tela Inicial ICP Dinâmico

A Figura 13 apresenta a tela inicial do *dashboard* de métricas, agora configurada para o cálculo do Índice de Consistência de Participação ICP, utilizando a opção de coleta dinâmica. Assim como na interface do ICP personalizado, essa tela permite que o usuário defina parâmetros específicos para a análise, garantindo flexibilidade e controle na construção dos diagnósticos baseados em LA.

A principal diferença em relação ao ICP personalizado está na possibilidade de configurar a periodicidade da coleta e definir uma data e horário futuros para seu início e término.

#### 4.3.1.5 Exemplo ICP Dinâmico

### Configuração

Configuração dos parâmetros para o cálculo personalizado das métricas.

ICP IAE

Dashboard ICP: Análise do Índice de Consistência de Participação

Tipo de Coleta

Personalizada

Dinâmica

Periodicidade

Diário

A coleta será iniciada imediatamente após o período contínuo com a periodicidade selecionada.

Data e Hora de Início

Data Inicial 20/07/2025 Hora Início 10 : 45

Data Final 22/07/2025 Hora de Término 10 : 50

Jornada

ESS 2024.2

Mapa

mapa 1

Tipo de Ponto

Avaliação

Debate

Decisão

Configuração de Pesos

Índice de Gaps na Participação (GAP) 70%

Regularidade da Participação (RPP) 30%

Figura 14 – Configurações Exemplo ICP Dinâmico

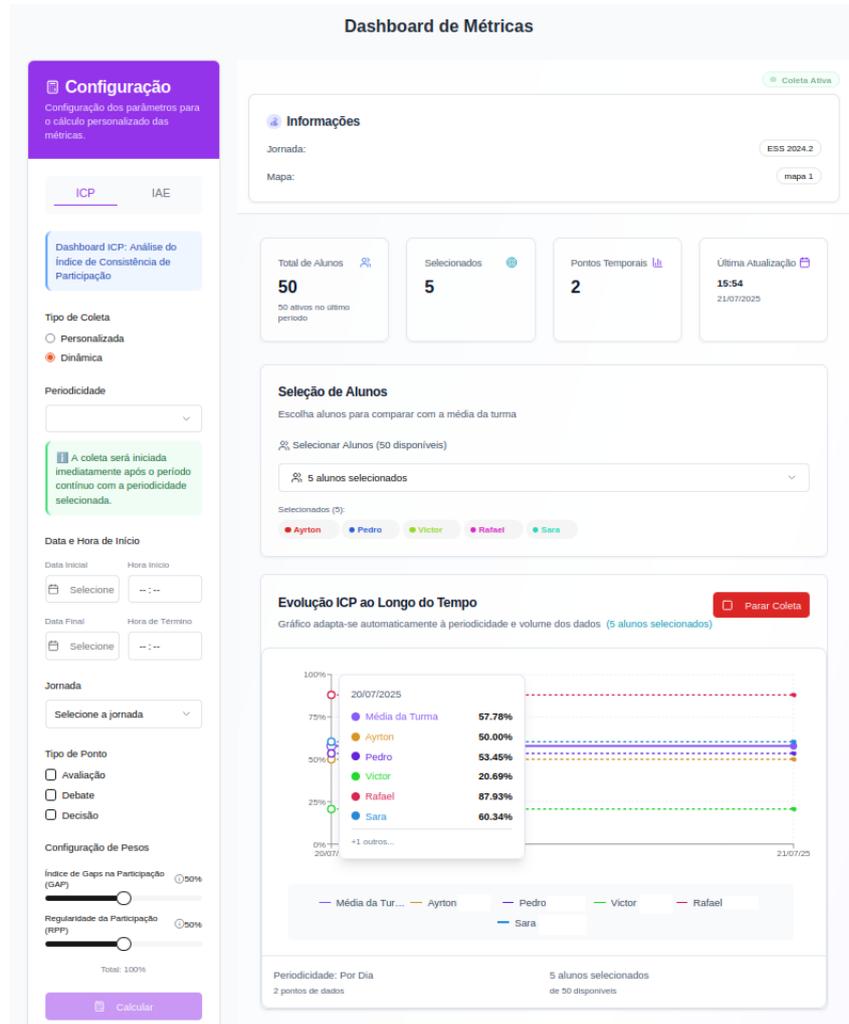


Figura 15 – Exemplo ICP Dinâmico

A Figura 14 apresenta a configuração definida para a coleta dinâmica. Nessa configuração, foi selecionado apenas o ponto do tipo Avaliação, além da definição da distribuição de pesos entre os dois componentes do índice: o GAP e o RPP. Já a Figura 15 exhibe os resultados do cálculo realizados com base na periodicidade configurada e no tempo decorrido desde o início da coleta.

No gráfico, o eixo X representa as datas das coletas, enquanto o eixo Y indica as médias correspondentes. A média do ICP da turma permanece fixa na visualização, servindo como referência para comparação. Um seletor permite que o usuário adicione alunos individualmente ao gráfico, possibilitando uma análise comparativa mais detalhada. Além disso, há um botão de interrupção (*stop*) que possibilita ao usuário encerrar a coleta antes da data previamente programada, se assim desejar.

Como a jornada utilizada para o teste já estava encerrada e todos os dados se encontravam consolidados, não houve variações ao longo do tempo. Dessa forma, o gráfico permaneceu com

uma linha contínua e estável, sem oscilações nos valores registrados.

#### 4.3.1.6 Histórico ICP Dinâmico

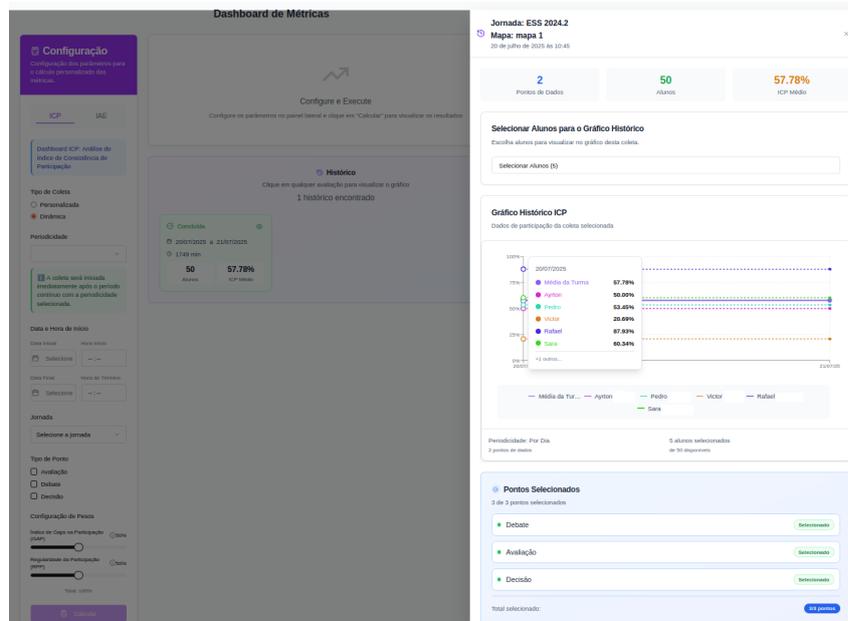


Figura 16 – Histórico ICP Dinâmico

A Figura 16 apresenta a tela do histórico de cálculos do ICP dinâmico. Assim como no ICP personalizado, no canto inferior da interface, o usuário pode visualizar *cards* referentes aos cálculos dinâmicos previamente realizados. Ao selecionar um dos *cards*, uma barra lateral é exibida com detalhes sobre o cálculo, incluindo a jornada, o mapa, a data de criação, os tipos de pontos utilizados (como Debate, Avaliação e Decisão), além da configuração de pesos atribuída. A média do ICP dinâmico da turma permanece fixa na visualização do gráfico, enquanto o usuário pode interagir com o seletor de alunos, adicionando-os ao gráfico de linha para facilitar a comparação.

## 4.3.2 Validação IAE

### 4.3.2.1 Tela Inicial IAE Personalizado

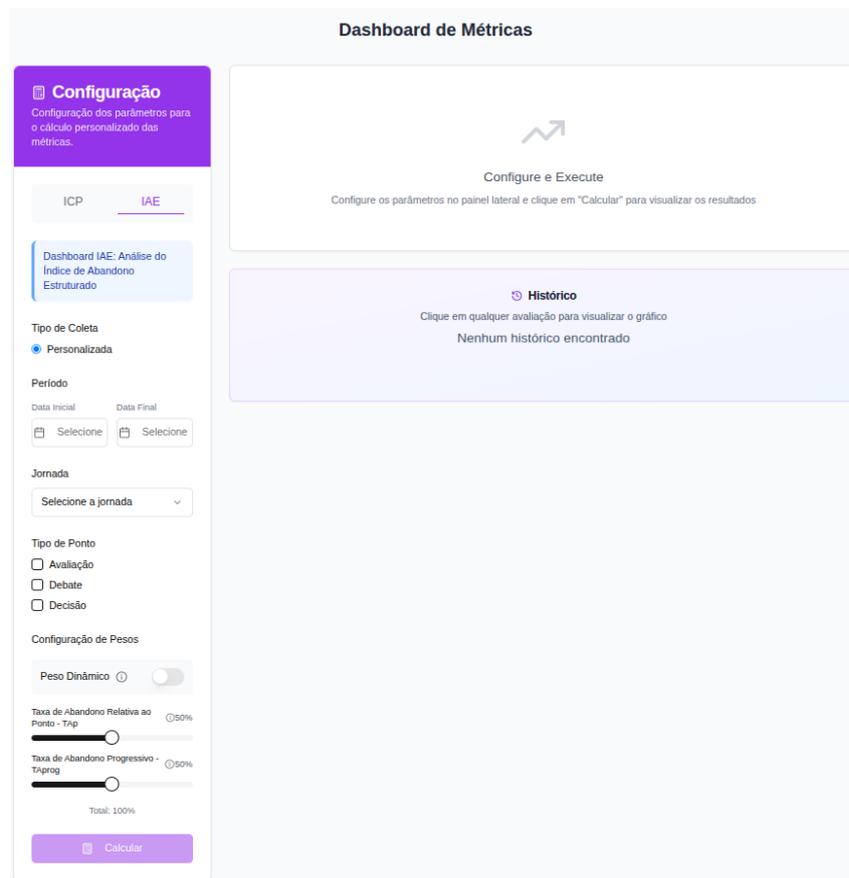


Figura 17 – Tela Inicial IAE Personalizado

A Figura 17 apresenta a tela inicial do *dashboard* de métricas, agora configurada para o cálculo do Índice de Abandono Estruturado (IAE), utilizando a opção de coleta personalizada. Assim como na interface do ICP, essa tela permite que o usuário defina parâmetros específicos para análise, garantindo flexibilidade e controle na construção dos diagnósticos baseados em LA.

A principal diferença em relação ao ICP está na possibilidade de utilizar pesos dinâmicos no cálculo do IAE, baseados nas variáveis TAP e TAprog. No entanto, a aplicação desses pesos é opcional e pode ser ativada conforme os objetivos da análise, oferecendo ao usuário maior flexibilidade para explorar diferentes interpretações das taxas de abandono.

### 4.3.2.2 Exemplo IAE Personalizado

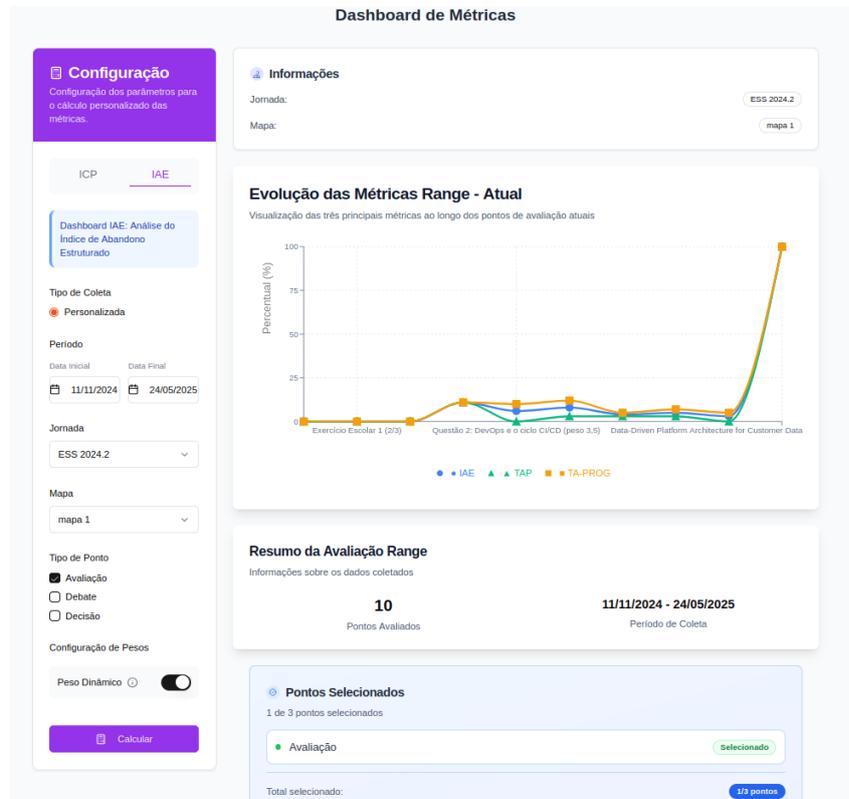


Figura 18 – Exemplo IAE Personalizado

A Figura 18 apresenta a tela de personalização do IAE, configurada com um intervalo de datas que abrange toda a jornada selecionada. Nessa configuração, foram incluídos apenas os pontos de avaliação, além da opção de cálculo dinâmico dos pesos. À direita, é exibido um gráfico de linhas com três curvas distintas, representando os valores calculados do IAE, TAP e TApog para cada ponto existente no período configurado da jornada.

O eixo X do gráfico exibe os nomes dos pontos analisados, enquanto o eixo Y mostra as respectivas médias. Ao posicionar o cursor sobre qualquer ponto do gráfico, o usuário pode visualizar detalhes adicionais, como o nome do ponto e os valores médios calculados para cada uma das métricas.

No período analisado, havia 10 pontos de avaliação. Nos três primeiros, não foi registrado abandono: todos os estudantes que participaram do primeiro ponto mantiveram-se ativos até o terceiro. A partir do quarto ponto e até o nono, observa-se a ocorrência de abandonos pontuais, com taxas relativamente baixas, próximas a 10%, tanto entre pontos consecutivos (TAP) quanto ao longo da jornada (TApog). No entanto, no último ponto há um salto

abrupto, chegando a 100% de abandono — nenhum estudante respondeu à última avaliação.

#### 4.3.2.3 Histórico IAE Personalizado

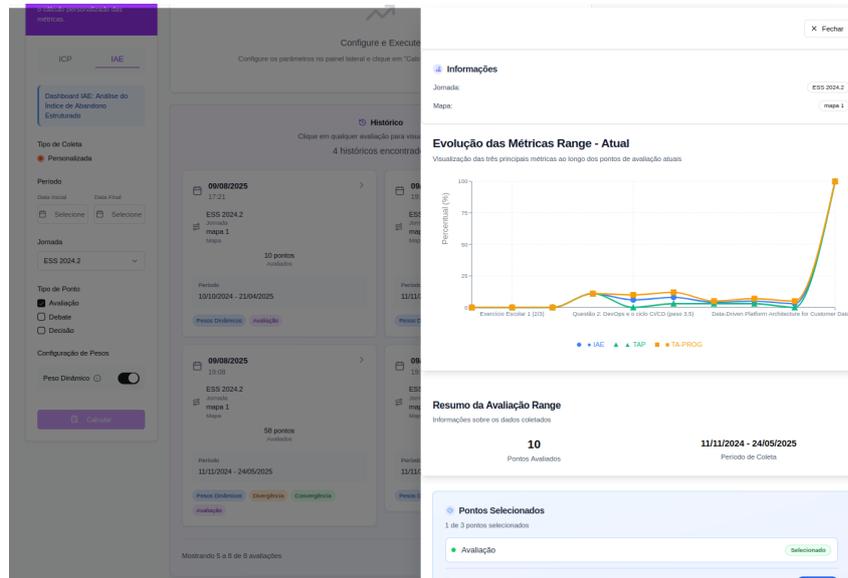


Figura 19 – Histórico IAE Personalizado

A Figura 19 apresenta a tela do histórico de cálculos do IAE. No canto inferior da interface, o usuário pode visualizar *cards* referentes aos cálculos personalizados previamente realizados, assim como ocorre no histórico do ICP. Ao selecionar um dos *cards*, uma barra lateral é exibida com detalhes sobre o cálculo, incluindo a jornada, o mapa, a data de criação, o período considerado para a coleta dos dados, os tipos de pontos utilizados (como Debate, Avaliação e Decisão), além da configuração de pesos atribuídos.

No caso do IAE, quando a visualização lateral for aberta, será exibido um gráfico de linhas com os valores calculados das métricas IAE, TAP e TAProg.

## 4.4 VALIDAÇÃO TÉCNICA DOS INDICADORES

A validação técnica dos indicadores propostos foi conduzida por meio de três estratégias complementares, visando garantir sua robustez e aplicabilidade:

1. **Verificação de Consistência das Fórmulas:** Todas as expressões matemáticas foram minuciosamente revisadas e aplicadas manualmente em pequenos conjuntos de dados

sintéticos. Esses dados simulavam cenários diversos, como engajamento pleno, participação parcial e abandono total, permitindo a comparação dos resultados esperados com as saídas do sistema. Tal procedimento assegurou a conformidade da implementação com os modelos teóricos estabelecidos.

2. **Testes de Unidade e Integração:** As interfaces de programação de aplicação (APIs) responsáveis pelo cálculo do ICP e do IAE foram submetidas a testes automatizados. Estes testes abrangeram múltiplos cenários de configuração, variações de pesos e diferentes períodos de coleta de dados, garantindo o funcionamento correto dos métodos em variados contextos.
3. **Comparação com Dados Reais:** Os indicadores foram aplicados a um conjunto de dados autênticos, provenientes de uma jornada acadêmica já finalizada da plataforma *strategia.digital*. Como esses dados estavam consolidados, foi possível verificar se os padrões identificados pelos gráficos gerados condiziam com o comportamento registrado dos estudantes ao longo da atividade.

Essa abordagem integrada de validação garante que os resultados gerados pelos indicadores não apenas sejam tecnicamente precisos, mas também possuam relevância pedagógica, pavimentando o caminho para futuras investigações sobre seu impacto em ambientes de ensino-aprendizagem.

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 SÍNTESE DO TRABALHO

O objetivo principal desse trabalho foi o desenvolvimento e a validação de um sistema de *learning analytics* voltado ao monitoramento do engajamento de alunos em jornadas educacionais mediadas pela plataforma *strategia.digital*. Para isso, foram desenvolvidos e implementados dois indicadores principais: o Índice de Consistência de Participação ICP e o Índice de Abandono Estruturado IAE. Esses indicadores foram aplicados a dados reais, extraídos de uma jornada acadêmica previamente realizada em sala de aula, o que proporcionou uma validação prática e contextualizada do sistema.

O sistema foi concebido como um MVP funcional, utilizando tecnologias robustas e modernas, como Kotlin, Spring Boot, MongoDB e TypeScript, integrando-se de forma compatível à arquitetura da *strategia.digital*. As análises desenvolvidas permitiram calcular, visualizar e interpretar padrões de participação discente, oferecendo ao corpo docente um recurso diagnóstico valioso, com visualizações interativas e opções de personalização para diferentes contextos de análise pedagógica.

### 5.2 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

O trabalho trouxe uma série de contribuições relevantes, tanto no campo técnico quanto no campo pedagógico:

- Aplicação de indicadores de engajamento com base em dados reais, permitindo diagnósticos mais precisos sobre o comportamento participativo dos estudantes ao longo de uma jornada.
- Implementação de um sistema analítico funcional, integrável à plataforma *strategia.digital*, favorecendo a escalabilidade e a continuidade do projeto.
- Geração de visualizações interativas e intuitivas, que facilitam a compreensão dos padrões de participação e possibilitam comparações entre a média da turma e o desempenho individual de estudantes.

- Validação com uma jornada acadêmica real, o que demonstrou a viabilidade técnica da proposta e o potencial de aplicação em contextos reais de ensino.

### 5.3 LIMITAÇÕES IDENTIFICADAS

Apesar dos avanços alcançados, como este trabalho foi realizado em um curto período de tempo, existem algumas limitações importantes que devem ser consideradas:

- **Ausência de Validação com Usuários Finais:** Não foi possível realizar testes diretos com docentes e discentes que utilizaram a jornada analisada. Essa ausência de interação com os usuários reais restringe a avaliação da usabilidade prática do sistema e de sua efetividade pedagógica em um cenário real.
- **Validação Baseada em Jornada Encerrada Única:** A análise e validação dos indicadores propostos foram conduzidas com base em uma única jornada acadêmica já finalizada, extraída da plataforma *strategia.digital*. Essa escolha foi motivada pelas restrições de tempo durante o desenvolvimento do projeto, o que inviabilizou a aplicação em jornadas ativas ou em múltiplos contextos. Embora o uso de dados consolidados tenha permitido uma validação técnica rigorosa dos cálculos e das visualizações, reconhecemos que esse recorte limita a avaliação do desempenho dos indicadores em tempo real, bem como sua sensibilidade a intervenções pedagógicas ao longo da jornada. Esta limitação, portanto, representa uma ameaça à generalização dos resultados obtidos, mas não compromete a proposta conceitual nem o valor intrínseco da solução desenvolvida, que deverá ser testada em contextos mais diversos e ativos em pesquisas futuras para ampliar sua robustez e aplicabilidade prática.
- **Inexistência de Mecanismos Automatizados de Feedback:** O sistema atual não possui mecanismos automatizados de feedback ou de intervenção pedagógica integrados. A inclusão dessas funcionalidades poderia ampliar significativamente o impacto das métricas, transformando o sistema em uma ferramenta mais proativa no apoio contínuo ao processo de ensino-aprendizagem.
- **Ausência de *Benchmarking* Direto com a Literatura:** Os indicadores desenvolvidos (ICP e IAE) não foram submetidos a uma comparação direta com métricas ou ferramentas semelhantes já estabelecidas na literatura de *learning analytics*. Embora a proposta

tenha buscado originalidade e alinhamento com as especificidades da plataforma *strategie.digital*, a falta de um *benchmarking* com indicadores já consolidados, como os de persistência, frequência ou participação cumulativa, restringe a capacidade de avaliar objetivamente a eficácia e a inovação dos modelos propostos. Esta comparação será essencial em pesquisas futuras, com o intuito de situar os indicadores no panorama atual da área e verificar suas potenciais vantagens práticas ou preditivas.

#### 5.4 TRABALHOS FUTUROS

Como continuidade deste trabalho, diversas possibilidades de aprimoramento e expansão foram identificadas:

- Aplicação do sistema em múltiplas jornadas e turmas ativas, o que permitirá uma avaliação mais ampla e diversificada da eficácia dos indicadores propostos.
- Aprofundar a integração de mecanismos de *feedback* adaptativo para potencializar significativamente o impacto pedagógico dos indicadores. A partir da identificação de padrões de engajamento ou risco de abandono, o sistema poderá enviar alertas automáticos e recomendações personalizadas aos estudantes, incentivando a retomada da participação ou oferecendo sugestões específicas de conteúdo e atividades. Para os docentes, notificações em tempo real, embasadas pelos indicadores, poderão auxiliar na tomada de decisões pedagógicas mais ágeis e assertivas, reforçando o papel do sistema como um mediador ativo e proativo do processo de ensino-aprendizagem.
- Explorar a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina aos dados históricos de engajamento, empregando os próprios indicadores ICP e IAE como variáveis preditoras (*features*). Modelos de aprendizado supervisionado, como regressão logística ou florestas aleatórias, poderiam ser treinados para antecipar o risco de evasão com base em padrões de comportamento passados, permitindo uma intervenção pedagógica ainda mais precisa e em tempo hábil. Essa linha de pesquisa abriria novas possibilidades para a personalização proativa do ensino, fundamentada em previsões contextualizadas e baseadas em dados.
- Realização de testes de usabilidade e estudos de impacto pedagógico, a fim de validar a experiência dos usuários e o valor educativo das informações fornecidas;

- Aprimoramento da interface do sistema, com foco na Experiência do Usuário (UX) e na personalização das análises conforme diferentes perfis de uso.

## 5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise de dados reais provenientes de uma jornada educacional concluída, foi possível validar a proposta deste trabalho de maneira concreta, tanto do ponto de vista técnico quanto pedagógico. O sistema desenvolvido mostrou-se eficaz na extração, cálculo e visualização dos indicadores de engajamento propostos neste trabalho, o ICP e IAE.

Além disso, a abordagem adotada reforça o papel dos dados na educação, destacando o potencial das métricas de *learning analytics* como aliadas do professor na construção de uma prática pedagógica mais reflexiva, baseada em evidências. Mesmo em estágio inicial, o sistema constitui uma ferramenta promissora para a promoção de uma educação mais centrada no acompanhamento contínuo e no engajamento dos estudantes.

Dessa forma, este trabalho contribui com a comunidade acadêmica e com o campo da tecnologia educacional, oferecendo uma solução concreta e extensível para o monitoramento da participação discente, com potencial de evolução contínua e aplicação em contextos educacionais diversos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, T. L. d.; ALMEIDA, C. M. M. d.; BARBOSA, J. L. V.; RIGO, S. J. A utilização de metodologias ativas com suporte de mineração de dados educacionais e learning analytics para a mitigação da evasão em ead: um mapeamento sistemático da literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 31, p. 1057–1088, dez. 2023. Disponível em: <<https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/3594>>.
- CARDOSO, M. M. R.; LIMA, J. V. F. S.; OLIVEIRA, M. H. V. d.; PAIVA, R. O. A. O uso de learning analytics em ambientes de aprendizagem online: um mapeamento sistemático da literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 30, p. 396–418, set. 2022. Disponível em: <<https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/2664>>.
- CHICON, P. M. M.; PASCHOAL, L. N.; FRANTZ, F. C. R. Indicadores de evasão em ambientes virtuais de aprendizagem no contexto da educação a distância: Um mapeamento sistemático. *RENOTE*, v. 18, n. 2, p. 111–120, jan. 2021. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/110209>>.
- FERGUSON, R. Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, v. 4, n. 5-6, p. 304–317, 2012. Disponível em: <<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJTEL.2012.051816>>.
- FIALHO, I.; CID, M.; COPPI, M. Vantagens e dificuldades na utilização de plataformas e tecnologias digitais por professores e alunos. *Revista Brasileira de Educação*, ANPEd - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, v. 28, p. e280050, 2023. ISSN 1413-2478. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-24782023280050>>.
- FREDRICKS, J. A.; BLUMENFELD, P. C.; PARIS, A. H. School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, v. 74, n. 1, p. 59–109, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.3102/00346543074001059>>.
- LOBO, W. L. S.; ALVAREZ, G. R. Competências digitais no uso dos ambientes virtuais de aprendizagem: um estudo de caso a partir da opinião dos alunos do curso de graduação em biblioteconomia e documentação da universidade federal fluminense. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*, v. 12, p. 1–14, dez. 2023. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/atoz/article/view/90794>>.
- MEIRA-BETMANN, P. Trabalho de Conclusão de Curso, *Em direção a um Sistema de Busca com foco em relevância para o usuário em Estratégia*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/58306/2/TCC%20%20Pedro%20Meira-Betmann.pdf>>.
- PARDO, A.; JOVANOVIĆ, J.; DAWSON, S.; GAŠEVIĆ, D.; MIRRIAH, N. Using learning analytics to scale the provision of personalised feedback. *British Journal of Educational Technology*, v. 50, n. 1, p. 128–138, 2019. Disponível em: <<https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/bjet.12592>>.
- PEREIRA, T. *Guia de acessibilidade cromática para daltonismo: princípios para profissionais da indústria criativa*. Santa Maia, 2021. (Recurso eletrônico), 31 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/24809/guia-modo-padr%C3%A3o.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>.

---

SIEMENS, G. Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, v. 57, n. 10, p. 1380–1400, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0002764213498851>>.

TUMOLO, P. S. Trabalho, educação e perspectiva histórica da classe trabalhadora: continuando o debate. *Revista Brasileira de Educação*, ANPEd - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, v. 16, n. 47, p. 443–481, May 2011. ISSN 1413-2478. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-24782011000200010>>.

ZAMBIASI, C. A.; RABELO, F. G.; CRUZ, L. M. P. Inovando na educação: experiências com a plataforma strateegia digital para metodologias ativas em sala de aula. In: *Inovando na Educação: Experiências com a Plataforma Strateegia Digital para Metodologias Ativas em Sala de Aula*. Editora Científica, 2024. cap. 3, p. 42–55. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/240416491.pdf>>.