

Universidade de São Paulo
Instituto de Matemática e Estatística
Bacharelado em Ciência da Computação

**Desenvolvimento de objetos de aprendizagem
interativos usando H5P: Um estudo de caso**

Natalya Silva Aragão

Monografia Final
MAC0499 — Trabalho de Formatura Supervisionado
Orientador: Prof. Ewout ter Haar
Coorientador: Prof. Paulo Roberto Miranda Meirelles

São Paulo
2025

O conteúdo deste trabalho é publicado sob a licença CC BY 4.0 (Creative Commons Attribution 4.0 International License).

Resumo

Natalya Silva Aragão. *Desenvolvimento de objetos de aprendizagem interativos usando H5P: Um estudo de caso.* Monografia (Bacharelado). Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

Este trabalho analisa o uso do H5P como ferramenta para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem interativos no contexto da educação aberta. O objetivo é discutir seus fundamentos conceituais e técnicos, relacionando-os aos princípios dos Objetos de Aprendizagem e dos Recursos Educacionais Abertos, com ênfase na adaptabilidade, expansibilidade e reutilização. A metodologia adotada compreende uma pesquisa bibliográfica sobre objetos de aprendizagem, bem como sobre padrões e metadados educacionais, seguida de um estudo de caso envolvendo a extensão do tipo de conteúdo Agamotto no ecossistema H5P. O estudo de caso teve como foco o apoio ao projeto MEXI (Mecânica Experimental com Imagens), do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, que documenta experimentos reais de Física por meio de sequências fotográficas. A adaptação desenvolvida incorporou funcionalidades consideradas pertinentes ao projeto, com o objetivo de avaliar a capacidade de adaptação e extensão do H5P. Os resultados indicam que a ferramenta possibilita a criação de objetos de aprendizagem

abertos, reutilizáveis e integráveis a diferentes plataformas Web e Ambientes Virtuais de Aprendizagem. Conclui-se que o H5P pode ser considerado uma alternativa atual e tecnicamente consistente para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem no âmbito da educação aberta, contribuindo para a construção de ecossistemas educacionais mais flexíveis e interoperáveis.

Palavras-chave: H5P. Objeto de Aprendizagem. Recursos Educacionais Abertos. Agamotto.

Abstract

Natalya Silva Aragão. *Development of Interactive Learning Objects using H5P: A Case Study* Capstone Project Report (Bachelor). Institute of Mathematics and Statistics, University of São Paulo, São Paulo, 2025.

This paper examines H5P as a tool for developing interactive learning objects within the context of open education. The objective is to discuss its conceptual and technical foundations, relating them to the principles of Learning Objects and Open Educational Resources, with particular emphasis on adaptability, expandability, and reuse. The methodology comprises a literature review on learning objects, educational standards, and metadata, supplemented by a case study that extends the Agamotto content type within the H5P ecosystem. The case study supports the MEXI project (Experimental Mechanics with Images), developed at the Institute of Physics of the University of São Paulo, which documents real physics experiments through photographic sequences. The proposed adaptation incorporates functionalities relevant to the project in order to evaluate the platform's adaptability and extensibility. The results indicate that H5P enables the creation of open, reusable learning objects that can be integrated into different Web platforms and Virtual Learning Environments. It is concluded that H5P represents

a contemporary and technically robust alternative for developing learning objects in open education, contributing to the creation of more flexible and interoperable educational ecosystems.

Keywords: H5P. Learning Objects. Open Educational Resources. Agamotto.

Sumário

Resumo	2
Abstract	4
1 Introdução	11
2 Contextualização	13
2.1 Objetos de aprendizagem	13
2.2 Recursos educacionais abertos	14
2.3 Padrões e metadados para objetos de aprendizagem	15
2.4 Rastreamento avançado com xAPI e LRS	18
2.5 Projeto H5P	19
3 Arquitetura do H5P	22
3.1 Formato .h5p e a estrutura de arquivos	22
3.2 Bibliotecas H5P	23
3.3 H5P Core	24

3.4	Integração	25
4	O ensino de Física e a necessidade de recursos visuais interativos	27
4.1	Visualização científica e aprendizagem em Física	27
4.2	Limitações de abordagens baseadas em imagens estáticas . . .	28
4.3	Projeto Mecânica Experimental com Imagens	29
5	Objeto Agamotto no ecossistema H5P	31
5.1	Potencialidades e limitações gerais do Agamotto	32
5.2	Objeto Agamotto no contexto do ensino de Física	34
6	Estudo de caso: avaliação da adaptabilidade e expansibilidade do ecossistema H5P	36
6.1	Metodologia	37
6.1.1	Unidade de análise	37
6.1.2	Fontes	37
6.1.3	Procedimentos metodológicos	38
6.2	Objetos associados	39
6.3	Funcionalidades implementadas	39
6.3.1	Display de tempo configurável	40
6.3.2	Menu de navegação	41
6.3.3	Régua	42
6.3.4	Grid	42

6.3.5	Inserção de tabela	43
6.3.6	Inserção de questão	44
6.3.7	Exportação de conteúdo	45
6.3.8	Upload múltiplo de imagens	45
6.4	Resultados	46
6.5	Próximos passos	46
7	Conclusão	48

Lista de Figuras

2.1	Tipos de conteúdo interativo disponíveis no site h5p.org	20
5.1	Agamotto	32
6.1	Objeto com display de tempo	41
6.2	Objeto com menu de navegação	42
6.3	Objeto com grid	43
6.4	Objeto com tabela	44
6.5	Objeto com questão	45

Lista de Abreviaturas

AVA Ambientes Virtuais de Aprendizagem

H5P HyperText Markup Language 5 Package

HTML HyperText Markup Language

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

LMS Learning Management Systems

LOM Learning Object Metadata

LRS Learning Record Store

LTI Learning Tools Interoperability

MEXI Mecânica Experimental com Imagens

OA Objetos de Aprendizagem

REA Recursos Educacionais Abertos

SCORM Sharable Content Object Reference Model

xAPI Experience API

XML Extensible Markup Language

Capítulo 1

Introdução

O avanço das tecnologias digitais tem impulsionado a criação de ambientes de aprendizagem mais dinâmicos, interativos e acessíveis. Nesse contexto, destacam-se os Objetos de Aprendizagem (OA) e os Recursos Eduacionais Abertos (REA), que oferecem flexibilidade para desenvolver, adaptar e compartilhar conteúdos de forma colaborativa — princípios materializados em iniciativas como o H5P.

O H5P é uma plataforma de código aberto voltada à criação, ao compartilhamento e à incorporação de objetos de aprendizagem interativos em Ambientes Virtuais de Aprendizagem e em outras plataformas Web. Ao combinar conceitos de objetos de aprendizagem, educação aberta e padrões educacionais atuais, ele possibilita que educadores e desenvolvedores produzam conteúdos reutilizáveis e interoperáveis, com suporte a diferentes formatos interativos.

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a adaptabilidade, reutilização e expansibilidade do ecossistema H5P, por meio do desenvolvimento e aplicação de uma extensão técnica de um de seus tipos de conteúdo. Para

isso, escolheu-se o Agamotto — um objeto voltado à comparação sequencial de imagens — como estudo de caso a fim de testar os limites e as potencialidades da arquitetura H5P frente a requisitos concretos do ensino de Ciências.

A proposta foi motivada pela demanda de apoiar o projeto MEXI (Mecânica Experimental com Imagens), do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, que documenta experimentos físicos reais por meio de sequências fotográficas. O Agamotto original, embora útil para visualização, carece de funcionalidades essenciais para contextos investigativos, o que motivou o desenvolvimento de uma versão estendida.

Assim, este trabalho busca contribuir para a comunidade técnica, demonstrando na prática que a arquitetura do H5P é efetivamente aberta e extensível, e para a comunidade educacional, ao oferecer um recurso alinhado às práticas de investigação no ensino de Física, neste contexto específico.

O texto está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a contextualização teórica, abordando objetos de aprendizagem, REA, padrões educacionais e o projeto H5P. O Capítulo 3 detalha a arquitetura técnica do H5P, com foco em pacotes .h5p, bibliotecas, núcleo, editor e integração com plataformas. O Capítulo 4 discute o papel de recursos visuais interativos no ensino de Física e apresenta o projeto MEXI. O Capítulo 5 analisa as limitações do Agamotto original e justifica a necessidade de extensão. O Capítulo 6 descreve a metodologia e implementação técnica da versão estendida, aplicado ao MEXI. Por fim, o Capítulo 7 traz as conclusões.

Capítulo 2

Contextualização

2.1 Objetos de aprendizagem

O avanço tecnológico, particularmente com o advento da Internet, tem transformado diversos setores da sociedade, influenciando a maneira como as pessoas se comunicam, trabalham e acessam informações, promovendo também uma mudança de paradigma na forma como aprendem (WILEY, 2000).

No âmbito educacional, esse cenário estimulou uma demanda por abordagens mais flexíveis e dinâmicas para o design instrucional. Neste contexto, surgiu a proposta dos Objetos de Aprendizagem (OAs), que Wiley (2000) caracteriza como uma inovação pela capacidade de serem reutilizados, combinados e adaptados em diferentes ambientes de ensino.

Essa proposta inspira-se no paradigma da programação orientada a objetos, que valoriza a criação de componentes independentes — chamados “objetos” — capazes de serem reaproveitados em diferentes sistemas (DAHL;

NYGAARD, 1966). De forma análoga, os objetos de aprendizagem consistem em pequenas unidades instrucionais digitais que podem ser aplicadas em diversos contextos educacionais, compondo cursos, atividades ou módulos completos. Essa modularidade permite que um mesmo conteúdo seja reutilizado inúmeras vezes e em múltiplos ambientes de aprendizagem, otimizando o processo de produção e disseminação de recursos.

Por serem digitais, os objetos de aprendizagem podem ser acessados simultaneamente por diversos usuários, e sua natureza tecnológica possibilita o aperfeiçoamento colaborativo, permitindo que versões atualizadas e aprimoradas sejam compartilhadas de forma imediata entre educadores e instituições.

Nessa perspectiva, Wiley (2000) define um objeto de aprendizagem como “qualquer recurso digital que possa ser reutilizado para apoiar a aprendizagem”. Desta forma, considerando que os OAs se fundamentam em princípios como modularidade, reutilização e independência de contexto, torna-se necessário o suporte de padrões técnicos e mecanismos de descrição que viabilizem sua interoperabilidade entre diferentes sistemas e ambientes educacionais, aspecto que será aprofundado nas seções seguintes.

2.2 Recursos educacionais abertos

O termo “educação aberta” refere-se a cursos estruturados de forma flexível, desenvolvidos para atender às necessidades específicas de cada indivíduo, sendo associado a propostas educacionais que buscam eliminar obstáculos relacionados a participação em cursos convencionais, ao mesmo tempo em que promovem uma abordagem pedagógica centrada no aluno (LEWIS;

SPENCER, 1986).

Nesse contexto, o vocábulo “aberto” em Recursos Educacionais Abertos (REA) está diretamente atrelado às licenças autorais que permitem o uso, a modificação e o compartilhamento desses materiais. Diferentemente dos recursos tradicionais protegidos por direitos autorais restritivos, os REA são disponibilizados com licenças que garantem a todos o direito de participar das chamadas atividades 5R, definidas por Wiley como: reter, reutilizar, revisar, remixar e redistribuir (WILEY; HILTON, 2018).

- Reter – o direito de fazer, possuir e controlar cópias do conteúdo;
- Reutilizar – o direito de usar o conteúdo de diversas maneiras;
- Revisar – o direito de adaptar, ajustar, modificar ou alterar o próprio conteúdo;
- Remixar – o direito de combinar o conteúdo original ou revisado com outros conteúdos abertos para criar algo novo;
- Redistribuir – o direito de compartilhar cópias do conteúdo original, suas revisões ou seus remixes com outras pessoas.

Essas permissões ampliam significativamente as possibilidades de uso dos materiais educacionais, promovendo práticas colaborativas e inovadoras.

2.3 Padrões e metadados para objetos de aprendizagem

A proposta dos Objetos de Aprendizagem (OAs) fundamenta-se na criação de unidades digitais modulares, reutilizáveis e interoperáveis, capa-

zes de serem empregadas em diferentes contextos educacionais e tecnológicos (WILEY, 2000). Contudo, para que esses princípios sejam plenamente aplicados, além do conteúdo ser pedagogicamente sólido, é essencial que ele se apoie em padrões técnicos abertos, que garantam portabilidade, independência de plataforma e integração com ambientes virtuais de aprendizagem. Tais padrões não determinam o conteúdo educacional em si, mas especificam como esse conteúdo deve ser descrito, estruturado, empacotado e rastreado.

Nesse âmbito, os metadados educacionais desempenham um papel central, pois permitem identificar, catalogar, recuperar e reutilizar objetos de aprendizagem em diferentes repositórios e ambientes virtuais, viabilizando sua circulação em larga escala (IEEE, 2002; FRIESEN, 2004).

Um dos esforços sistemáticos de padronização nesse domínio foi o *Learning Object Metadata* (LOM), aprovado pelo IEEE em 2002. O LOM define um esquema de metadados educacionais composto por nove categorias — como identificação, descrição, aspectos técnicos, educacionais e de direitos —, cujo objetivo central é permitir que objetos de aprendizagem sejam catalogados, recuperados e reutilizados em repositórios distribuídos, independentemente da plataforma ou da instituição de origem (IEEE, 2002).

Outro padrão relevante é o Dublin Core, que propõe um conjunto de quinze elementos descritivos genéricos, originalmente voltados à descrição de recursos digitais na Web, e amplamente adotados em bibliotecas digitais e repositórios institucionais (WEIBEL et al., 1998).

Entretanto, embora esses padrões sejam fundamentais para a descrição e a recuperação dos objetos, eles não resolvem, por si só, o problema da execução e do acompanhamento das atividades em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Para suprir essa lacuna, consolidou-se o SCORM

(*Sharable Content Object Reference Model*), desenvolvido pela iniciativa *Advanced Distributed Learning* (ADL) e amplamente adotado a partir dos anos 2000.

O SCORM é um modelo de referência que define como conteúdos de aprendizagem e Sistemas de Gestão de Aprendizagem (*Learning Management Systems* – LMS) devem ser estruturados para garantir a interoperabilidade entre sistemas compatíveis. Ele não constitui um padrão isolado, mas orienta o uso integrado de especificações técnicas já existentes, estabelecendo diretrizes para o empacotamento de conteúdos em arquivos compactados que utilizam XML para descrever sua estrutura, bem como para a comunicação em tempo de execução entre o objeto de aprendizagem e o LMS. Esse modelo também possibilita o rastreamento de informações básicas de acompanhamento, como tempo de uso, status de conclusão e pontuação, sem abordar aspectos pedagógicos ou de design instrucional (RUSTICI SOFTWARE; ADL, 2004).

Apesar de seu papel histórico na consolidação do e-learning, o SCORM passou a revelar limitações significativas frente às demandas contemporâneas da educação digital. Sua arquitetura é fortemente acoplada ao LMS, o que restringe o uso dos objetos a esse ambiente específico, além de oferecer apenas um rastreamento superficial das interações do usuário. Ademais, o modelo não foi concebido para lidar adequadamente com múltiplos dispositivos, experiências offline, simulações complexas ou atividades distribuídas pela Web, dificultando tanto a inovação pedagógica quanto a análise detalhada do processo de aprendizagem.

Em resposta a essas limitações, a própria ADL propôs, a partir de 2013, o *Experience API* (xAPI). Diferentemente do SCORM, o xAPI não

depende de um LMS tradicional nem de conteúdos empacotados. Em vez disso, adota um modelo flexível de rastreamento baseado no registro de experiências de aprendizagem na forma de declarações semânticas estruturadas no formato sujeito–verbo–objeto (ex: “João utilizou a régua no quadro 3”). Essas declarações são armazenadas em um *Learning Record Store* (LRS), um repositório especializado que permite a organização, consulta e análise detalhada das interações dos usuários (ADL Initiative, 2025).

Diante dessas características, o xAPI passou a se destacar como uma alternativa mais robusta para o rastreamento de experiências de aprendizagem em ambientes digitais contemporâneos.

2.4 Rastreamento avançado com xAPI e LRS

O xAPI descreve eventos de aprendizagem por meio de declarações estruturadas que relacionam um agente, uma ação e um objeto, possibilitando a representação formal de ações específicas realizadas em um determinado contexto (SERRANO-LAGUNA et al., 2017).

Cada declaração xAPI pode ser enriquecida com informações complementares, incluindo dados sobre o resultado da ação — como sucesso, falha, duração ou desempenho —, o contexto em que a interação ocorreu e a entidade responsável por registrar o evento. Esse conjunto de informações permite não apenas identificar se uma atividade foi concluída, mas também compreender como o usuário interagiu com o recurso ao longo do tempo.

As declarações geradas são armazenadas em um Learning Record Store (LRS), um repositório especializado que armazena os dados de forma estruturada e sequencial. A centralização desses dados em um LRS viabiliza

análises mais sofisticadas sobre padrões de uso, tomada de decisão e estratégias adotadas pelos estudantes, permitindo consultas complexas e análises detalhadas de comportamento.

Um aspecto relevante do xAPI é sua flexibilidade semântica. Diferentemente de padrões mais rígidos, ele não impõe um vocabulário fechado de ações, permitindo que desenvolvedores e instituições definam verbos e estruturas alinhados a contextos pedagógicos específicos. (SERRANO-LAGUNA et al., 2017).

No contexto do H5P, o suporte nativo ao xAPI permite que interações realizadas nos objetos de aprendizagem sejam automaticamente registradas como declarações, desde ações simples de navegação até o uso de ferramentas específicas incorporadas ao conteúdo. Quando integrado a plataformas que dispõem de um LRS — como ocorre em ambientes virtuais baseados em plugins para WordPress, por exemplo —, o H5P passa a atuar como uma fonte de dados detalhados sobre a experiência do usuário.

2.5 Projeto H5P

O H5P (HTML5 Package) é uma estrutura de código aberto que integra os conceitos de Objetos de Aprendizagem e Recursos Educacionais Abertos. Desenvolvido em HTML e JavaScript, o H5P é uma tecnologia que concretiza os princípios dos REA ao simplificar a criação, o compartilhamento e a reutilização de conteúdos educacionais interativos. Sua filosofia — “capacitar cada pessoa a criar, compartilhar e reaproveitar conteúdos interativos” (H5P) — dialoga diretamente com as permissões 5R, na medida em que sua arquitetura técnica e licenciamento permitem reter, reutilizar,

revisar, remixar e redistribuir os conteúdos produzidos.

A plataforma se estrutura, ainda, como um conjunto modular de objetos de aprendizagem, oferecendo uma diversificada gama de tipos de conteúdo com propósitos educacionais distintos – como jogos educativos, flashcards e diferentes tipos de gráficos. Essa variedade possibilita que educadores selezionem e adotem formatos alinhados a seus objetivos pedagógicos, aproveitando estruturas pré-definidas para compor experiências de aprendizagem mais dinâmicas e contextualizadas.

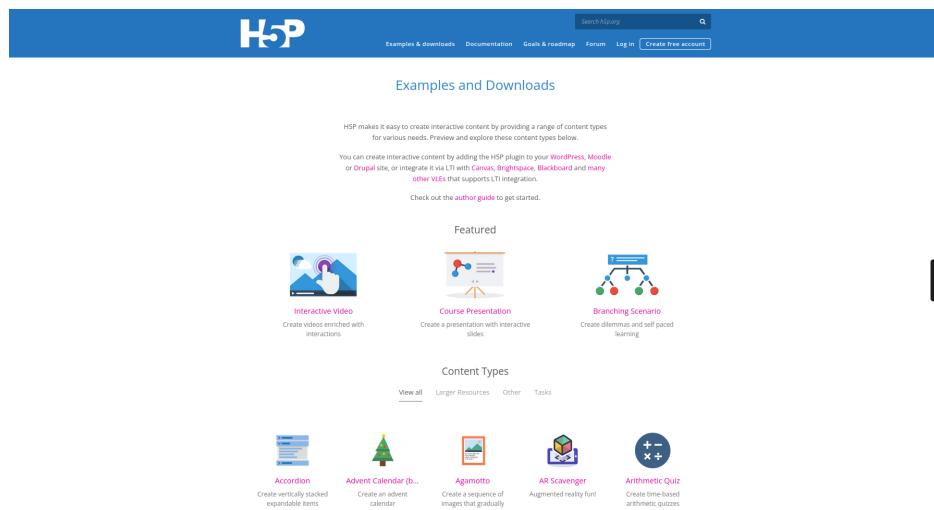


Figura 2.1: Tipos de conteúdo interativo disponíveis no site h5p.org

A Figura 2.1 apresenta a interface do site oficial do H5P, na qual podem ser observados alguns dos tipos de conteúdo disponibilizados pelo projeto. Entre eles, destacam-se as apresentações interativas, que permitem a organização de conteúdos expositivos com o uso de elementos multimídia, e os vídeos interativos, nos quais é possível inserir questões e feedbacks ao longo da reprodução.

Ao selecionar um tipo de conteúdo, o usuário cria uma instância do

objeto de aprendizagem, configurando seus parâmetros por meio de um editor fornecido pela plataforma. Essa instância representa uma aplicação específica do objeto, na qual são definidos os conteúdos, recursos e opções de interação que serão apresentados ao aluno.

Sob o ponto de vista técnico, sua arquitetura permite que tais objetos sejam facilmente integrados a diferentes ambientes digitais. Por suportar incorporação via iframe, o H5P pode ser embutido em sistemas de gestão de aprendizagem (Learning Management Systems – LMS), como Moodle e Canvas. Ademais, a oferta de plugins para outros sistemas, como o WordPress, amplia significativamente seu alcance e versatilidade, sendo uma forma prática e acessível de produção e disseminação de materiais.

Capítulo 3

Arquitetura do H5P

3.1 Formato .h5p e a estrutura de arquivos

Para distribuir uma instância de um recurso H5P, utiliza-se um arquivo com extensão .h5p, que, na realidade, é um arquivo ZIP contendo uma estrutura padronizada de diretórios e metadados (H5P, 2025). Essa estrutura garante a portabilidade do conteúdo entre diferentes plataformas permitindo sua exportação e importação sem perda de funcionalidade. A estrutura do formato .h5p é composta por:

1. **Arquivo raiz:** um container ZIP com a extensão .h5p;
2. **Estrutura de diretórios:** organização predefinida de pastas destinadas às bibliotecas, ao conteúdo e aos recursos de mídia;
3. **Arquivo h5p.json:** responsável por armazenar os metadados do pacote, incluindo título, versão, identificador da biblioteca principal e lista de dependências;

4. **Conteúdo:** diretório `content/`, que armazena arquivos de mídia (imagens, áudios e vídeos) e o arquivo `content.json`, responsável por armazenar os parâmetros de configuração definidos pelo autor;
5. **Bibliotecas:** conjunto de pastas, cada uma correspondente a uma biblioteca H5P, contendo código-fonte (HTML, SCSS, JavaScript), metadados e o arquivo `semantics.json`, que descreve a interface de configuração e a estrutura de dados esperada.

3.2 Bibliotecas H5P

O H5P adota uma arquitetura modular baseada em bibliotecas, que funcionam como blocos fundamentais de funcionalidade. Nesse modelo, podem ser distinguidos três tipos principais:

- **Bibliotecas de tipo de conteúdo** (*content type libraries*): responsáveis por renderizar a interface e o comportamento interativo do objeto de aprendizagem, como no caso da biblioteca `H5P.Agamotto`;
- **Bibliotecas de editor** (*editor libraries*): fornecem widgets personalizados para a interface de autoria, como seletores de cor ou mecanismos de upload de mídia, por exemplo;
- **Bibliotecas de API** (*API libraries*): oferecem funcionalidades utilitárias e estruturas reutilizáveis, compartilhadas entre diferentes bibliotecas, sem serem instanciadas diretamente como tipos de conteúdo.

Tipos de conteúdo mais complexos — como Course Presentation ou Interactive Video — são, na prática, composições de múltiplas bibliotecas interdependentes.

3.3 H5P Core

O H5P Core constitui o núcleo funcional do ecossistema H5P, responsável por coordenar a infraestrutura necessária para o armazenamento, validação, carregamento e execução de objetos de aprendizagem interativos. Entre suas principais atribuições estão:

- **Gerenciamento de bibliotecas:** armazenamento, atualização e resolução de dependências entre bibliotecas H5P;
- **Validação e sanitização de conteúdo;**
- **Persistência de dados:** salvamento, clonagem e atualização de conteúdos criados pelos usuários;
- **Carregamento e inicialização;**
- **Exposição de funcionalidades;**
- **Integração com padrões educacionais.**

Ao analisar de forma arquitetural, o H5P Core é dividido em duas partes:

- **Lado do servidor:** implementado em linguagens como PHP, Python ou Java, de acordo com a plataforma hospedeira (ex: Moodle, WordPress);
- **Lado do cliente:** composto por um único conjunto de scripts em JavaScript.

3.4 Integração

Por não atuar como uma aplicação isolada, o H5P funciona como um componente modular que depende de uma camada de integração com um sistema hospedeiro — como Moodle, WordPress, Drupal ou uma plataforma própria. Essa integração é necessária porque o núcleo do H5P não implementa funcionalidades essenciais, como armazenamento de dados, autenticação de usuários, gestão de arquivos e geração de relatórios de aprendizagem (H5P, 2025; Snordian, 2023).

Segundo Snordian (2023), uma integração H5P é um componente de servidor que serve como ponte entre o sistema hospedeiro e o H5P Core. Nesta camada são implementadas as interfaces que o núcleo do H5P espera encontrar. É por meio delas que o H5P consegue acessar o armazenamento da plataforma hospedeira, identificar usuários e registrar suas interações. Isso permite, por exemplo, associar declarações xAPI a cada usuário que utiliza um conteúdo H5P, possibilitando o acompanhamento de desempenho e a geração de relatórios. Além disso, a integração aproveita recursos já existentes no sistema hospedeiro — como papéis, permissões e gerenciamento de arquivos — para administrar bibliotecas e conteúdos H5P de forma integrada.

Essa estrutura estabelece uma camada de abstração que mantém o H5P Core neutro em relação ao ambiente em que é executado. Com isso, o núcleo em JavaScript permanece igual em todas as plataformas, enquanto a integração é responsável por se adequar ao sistema utilizado. Esse modelo reduz significativamente o trabalho de adaptação e reforça princípios fundamentais do projeto, como interoperabilidade e independência de fornecedores.

Atualmente, existem três modelos principais de integração:

- Uso do H5P.com, que permite incorporar conteúdos por meio de iframe;
- Integração via *Learning Tools Interoperability* (LTI), adotada por diversos ambientes virtuais de aprendizagem;
- Plugins para plataformas, como WordPress, Moodle e Drupal.

Em todos esses cenários, funcionalidades como hospedagem, relatórios, gerenciamento de conteúdo e suporte a usuários são providas pela plataforma hospedeira — e não pelo H5P Core (H5P, 2025).

Capítulo 4

O ensino de Física e a necessidade de recursos visuais interativos

4.1 Visualização científica e aprendizagem em Física

No ensino de ciências, compreender um fenômeno requer articular três níveis de representação: o macroscópico, referente ao que pode ser diretamente observado; o submicroscópico, que envolve entidades e modelos teóricos que explicam o observável; e o simbólico, composto por abstrações qualitativas e quantitativas, como equações, gráficos e notações formais (GILBERT, 2008, p. 4). Ao ilustrar esses níveis no contexto da Física, Gilbert apresenta o exemplo de um carrinho em um trilho de ar (nível macroscópico), dos “lubrificantes” utilizados como modelo explicativo para o movimento sem

atrito (nível submicroscópico ou conceitual), e das equações que descrevem esse movimento (nível simbólico).

Para Gilbert, visualização não se restringe apenas à apresentação de imagens, sendo definida como “a atribuição de significado a qualquer representação” (GILBERT, 2008, p. 5). Trata-se de um processo cognitivo que envolve tanto representações externas — diagramas, simulações, animações, gráficos — quanto representações internas, isto é, imagens mentais construídas pelo próprio aluno. Assim, visualizar significa interpretar, relacionar e integrar diferentes formas de representar um mesmo fenômeno, constituindo uma habilidade central para a aprendizagem científica.

4.2 Limitações de abordagens baseadas em imagens estáticas

Recursos visuais dinâmicos e interativos — como simulações computacionais ou animações — podem favorecer a aprendizagem ao orientar a atenção do aluno e promover uma participação ativa (BODEMER et al., 2004). Contudo, Bodemer et al destacam que esse potencial depende de que o estudante seja guiado a integrar diferentes tipos de representações de forma reflexiva e estruturada. Sem esse suporte, a interatividade pode ter efeito contrário: alunos tendem a focar apenas nos elementos visualmente chamativos, deixando de lado os conceitos científicos fundamentais que deveriam ser aprendidos.

Essa limitação torna-se ainda mais evidente em abordagens baseadas exclusivamente em imagens estáticas, como fotografias de experimentos físicos. Apesar de apresentarem muitas informações e serem um ótimo recurso

visual, frequentemente são apresentadas de forma isolada, sem ferramentas automatizadas que permitam medições, comparações, anotações ou integração com representações simbólicas.

4.3 Projeto Mecânica Experimental com Imagens

O Projeto Mecânica Experimental com Imagens (MEXI) é uma iniciativa do Instituto de Física da Universidade de São Paulo voltada ao ensino de Mecânica por meio da documentação de experimentos físicos reais registrados em sequências controladas de imagens. Os experimentos são filmados sob condições rigorosas, com o suporte de instrumentos que permitem a medição direta de grandezas como posição, deslocamento e ângulo. A partir dessas filmagens, são extraídos quadros individuais, formando sequências estáticas de alta resolução que registram, com precisão, a evolução temporal dos sistemas analisados (Leite, 2023; Barros, 2011).

Ao longo de sua trajetória, o MEXI consolidou-se como um recurso didático versátil, sendo empregado tanto em disciplinas introdutórias de Mecânica no ensino superior quanto em contextos do Ensino Médio e em cursos de graduação mais avançados voltados à análise de dados experimentais (Fonseca et al., 2013; Maidana et al., 2016; Leite; Fonseca; Maidana, 2019). Seu acervo contempla uma ampla variedade de fenômenos da Mecânica Clássica, incluindo queda livre, colisões, atrito e movimentos rotacionais.

Embora o MEXI possa ser caracterizado como um objeto de aprendizagem digital — reutilizável, modular e passível de integração a diferentes propostas pedagógicas (Sunaga; Carvalho, 2015) — sua implementação atual

apresenta uma limitação relevante: a separação entre os processos de visualização, medição, registro e análise dos dados experimentais. As sequências de imagens podem ser percorridas pelo usuário por meio de controles de navegação, como setas, permitindo acompanhar a evolução temporal do experimento. Entretanto, as informações auxiliares associadas às imagens — como legendas explicativas e orientações para análise — são apresentadas em seções separadas. Essa dissociação obriga o estudante a alternar constantemente entre a visualização do experimento e os elementos de apoio, fragmentando o processo de análise. Além disso, a interface atual do MEXI não é otimizada para acesso em dispositivos móveis, o que limita a usabilidade em dispositivos como tablets ou smartphones. Em conjunto, esses fatores dificultam a condução de uma investigação científica fluida e integrada, na qual observação, medição, registro e reflexão ocorram de maneira articulada em um único ambiente digital.

Diante desse cenário, a proposição de um ambiente digital unificado mostra-se pertinente, ao possibilitar a reunião, em uma única interface, do conteúdo visual dos experimentos, de ferramentas de medição — como régua e grid virtuais — e de mecanismos para o registro de dados. É nesse contexto que se insere a proposta deste trabalho, que investiga a viabilidade de adaptar e expandir o ecossistema H5P para atender às demandas específicas do projeto MEXI, preservando seus princípios pedagógicos e ampliando suas possibilidades de uso.

Capítulo 5

Objeto Agamotto no ecossistema H5P

O Agamotto é um tipo de conteúdo interativo desenvolvido no âmbito do projeto H5P, projetado especificamente para a comparação sequencial de imagens por meio de uma barra deslizante. Sua interface permite ao usuário navegar, de forma contínua, entre múltiplas representações visuais, com a opção de incluir um pequeno texto explicativo em cada quadro. Entre os diversos usos possíveis, essa estrutura se destaca por sua utilidade na ilustração de fenômenos que se desenvolvem ao longo do tempo ou que passam por transformações graduais, como processos físicos, biológicos ou técnicos (H5P, 2025).



Figura 5.1: Agamotto

Essa abordagem torna mais claro o que se altera e o que permanece constante, favorecendo uma observação mais cuidadosa e sistemática. A possibilidade de incluir um breve texto em cada quadro também orienta a análise, destacando os aspectos mais relevantes de cada etapa da sequência. Assim, o Agamotto promove uma experiência de comparação ativa, especialmente útil em áreas como a Física, onde compreender fenômenos muitas vezes depende da capacidade de interpretar visualmente suas transformações.

5.1 Potencialidades e limitações gerais do Agamotto

Por apresentar uma interface clara, minimalista e intuitiva, de fácil aprendizado, o Agamotto permite que o usuário se concentre imediatamente no conteúdo central: as imagens e as transformações que elas representam.

Essa característica torna o recurso eficaz na representação de processos dinâmicos, como a evolução de quadros clínicos, mudanças no uso do solo, transformações urbanas ou etapas de ciclos naturais. A inclusão de um texto breve em cada quadro reforça seu potencial didático, pois permite contextualizar visualmente o que está mudando, destacar variáveis relevantes e orientar a interpretação do aluno.

Essa versatilidade sugere que o Agamotto tem alto potencial de adaptação a diferentes campos do conhecimento, desde que ajustado às exigências específicas de cada área. Em disciplinas que envolvem medição, modelagem ou análise quantitativa, como a Física, a Química ou a Biologia, o recurso, em sua forma original, apresenta limitações significativas que devem ser consideradas.

A qualidade visual e a responsividade da interface dependem inteiramente das imagens fornecidas pelo usuário. Imagens de baixa resolução ou mal dimensionadas comprometem a visualização em dispositivos móveis, como smartphones e tablets — um problema relevante em um cenário educacional em que o acesso por esses aparelhos é cada vez mais comum.

Além desse aspecto técnico, outras restrições limitam sua aplicação em contextos científicos: a ausência de ferramentas de medição (como régulas ou grids), a impossibilidade de registrar dados diretamente no recurso e a falta de integração com atividades interativas (como questionários) dificultam sua utilização em situações que exigem investigação ativa, coleta de dados ou análise quantitativa.

Assim, embora o Agamotto seja um recurso promissor para a representação visual de mudanças, seu uso pleno em disciplinas das ciências exatas e da natureza depende de estratégias de complementação ou de adaptações

que ampliem sua funcionalidade — conforme discutido nas seções seguintes.

5.2 Objeto Agamotto no contexto do ensino de Física

Ferramentas como o Agamotto — ao permitir a comparação sequencial e controlada entre diferentes etapas de um fenômeno — oferecem um potencial significativo para apoiar a exploração de processos físicos. Contudo, sua configuração padrão não inclui mecanismos que incentivem a integração ativa da informação. A inclusão desses mecanismos representaria não apenas uma melhoria técnica, mas um ganho pedagógico relevante, alinhado às evidências sobre como estudantes aprendem de maneira mais eficaz por meio de visualizações interativas (BODEMER et al., 2004).

Diante desse cenário, algumas lacunas funcionais tornam-se evidentes quando se busca aplicar a ferramenta de forma pedagógica no ensino de física:

- **Ausência de ferramentas de medição:** sem réguas, grids ou escalas, análises quantitativas mais aprofundadas tornam-se inviáveis;
- **Falta de integração com atividades cognitivas:** embora o Agamotto permita incluir legendas com perguntas, ele não oferece mecanismos para que o estudante registre suas respostas. Isso mantém a experiência como uma visualização predominantemente passiva;
- **Limitações técnicas de interface:** a ausência de zoom e a responsividade reduzida prejudicam a usabilidade, especialmente em dispositivos móveis.

Essas limitações mostram que, embora haja um alinhamento conceitual entre o Agamotto e as demandas do ensino de Física, sua configuração original ainda carece de funcionalidades que sustentem atividades de investigação, análise crítica e coleta estruturada de dados.

Capítulo 6

Estudo de caso: avaliação da adaptabilidade e expansibilidade do ecossistema H5P

Este estudo de caso busca investigar em que medida o ecossistema H5P se mostra adaptável e expansível quando submetido a demandas práticas de especialização pedagógica. Para isso, optou-se por estender tecnicamente um objeto já existente — o Agamotto — como forma de avaliar a flexibilidade da arquitetura do H5P diante de demandas reais do uso educacional.

A escolha do Agamotto se justifica por ser um recurso amplamente aplicável em contextos educacionais, mas que, em sua versão original, não oferece funcionalidades importantes para atividades de investigação científica, como ferramentas de medição, tabulação de dados ou campos para registro de análises. Ao estender esse componente, foi possível testar, de maneira con-

trolada, os limites da modularidade do H5P, sua separação entre conteúdo e lógica, e sua capacidade de incorporar novos elementos tanto na interface de autoria quanto no ambiente de execução.

6.1 Metodologia

A metodologia adotada neste estudo de caso foi estruturada para avaliar a adaptabilidade e a expansibilidade do ecossistema H5P diante da necessidade de especializar um tipo de conteúdo existente. A investigação seguiu uma abordagem técnico-exploratória, na qual a extensão prática do Agamotto funcionou simultaneamente como objeto de estudo e como instrumento de verificação da arquitetura do H5P.

6.1.1 Unidade de análise

A unidade de análise adotada foi o content type Agamotto, devido ao seu potencial de uso educacional. Sua limitação para fins científicos — ausência de ferramentas de medição, registro ou análise — apresenta um cenário adequado para testar a expansão da arquitetura.

6.1.2 Fontes

Para orientar e validar a extensão do Agamotto, foram utilizadas as seguintes fontes:

- Documentação oficial do H5P;

- Repositórios públicos no GitHub, incluindo o do Agamotto e de outros objetos relacionadas;
- Histórico de issues no Jira e GitHub;
- Exemplos e boas práticas compartilhadas pela comunidade desenvolvedora.

Ao combinar essas fontes, foi possível compreender tanto a especificação quanto o funcionamento do projeto H5P e seus mecanismos de compatibilidade.

6.1.3 Procedimentos metodológicos

A análise seguiu as seguintes etapas:

- Revisão técnica do content type original, incluindo sua estrutura semântica, lógica em JavaScript, dependências e empacotamento;
- Definição dos requisitos pedagógicos que motivaram a extensão (medidas, registros, tabelas, controle de tempo, entre outros);
- Atualização do arquivo semantics.json;
- Implementação da lógica de execução em JavaScript, adicionando ferramentas interativas e mecanismos de coleta e exportação de dados;
- Ajuste do library.json e versionamento da biblioteca para garantir compatibilidade com instalações existentes;
- Geração do pacote .h5p conforme a especificação oficial, incluindo validação estrutural;

6.2 Objetos associados

Para viabilizar a extensão do Agamotto, foram utilizados e integrados diferentes objetos e componentes do ecossistema H5P, aproveitando funcionalidades já existentes e compatíveis com a arquitetura modular da plataforma. Entre os principais elementos associados, destacam-se:

- *Vertical Tabs*: objeto já presente na versão original como elemento de organização e navegação, que foi estendido com a inclusão de um botão para envio múltiplo de imagens, ampliando as possibilidades de autoria;
- Questionários integrados: empregados para permitir o registro de respostas, hipóteses ou interpretações por parte dos usuários durante a interação com o conteúdo;
- Tabelas: utilizadas para o registro estruturado de dados definidos pelo autor do objeto, possibilitando sua inserção entre os quadros e apoiando atividades de análise e comparação.

6.3 Funcionalidades implementadas

A extensão técnica do Agamotto foi desenvolvida com foco em transformar um recurso visual passivo em uma ferramenta de investigação científica, mantendo compatibilidade com a arquitetura modular do H5P e com os princípios de software livre. As funcionalidades implementadas foram definidas a partir das limitações observadas no tipo de conteúdo original, especialmente no contexto do ensino de Física e do projeto MEXI, no qual

são fundamentais processos de medição, análise quantitativa e registro sistemático de informações.

A versão do Agamotto adotada como base corresponde a um fork do projeto original, disponível no repositório público do GitHub¹, desenvolvido em JavaScript e SCSS. A partir desse fork, foi realizado o desenvolvimento de uma versão customizada do código, orientada às demandas pedagógicas identificadas no estudo de caso. As modificações foram planejadas de modo a respeitar a estrutura original do objeto, garantindo sua integração ao ecossistema H5P e sua reutilização em diferentes plataformas.

As funcionalidades adicionadas foram projetadas considerando dois perfis principais de usuários: o estudante, responsável pela interação direta com o objeto durante as atividades de aprendizagem, e o docente, encarregado da configuração, adaptação e gestão do conteúdo conforme os objetivos pedagógicos da atividade proposta.

6.3.1 Display de tempo configurável

O display de tempo configurável foi desenvolvida com o objetivo de associar informações temporais às sequências de imagens analisadas. Por meio dessa funcionalidade, o usuário pode configurar três parâmetros principais: o tempo inicial da sequência, o intervalo de tempo entre imagens e a unidade de medida temporal a ser utilizada. A partir dessas configurações, o objeto realiza automaticamente a atribuição dos valores de tempo a cada imagem da sequência, calculando-os de forma incremental com base no tempo inicial e no intervalo definido.

¹<https://github.com/otacke/h5p-agamotto>

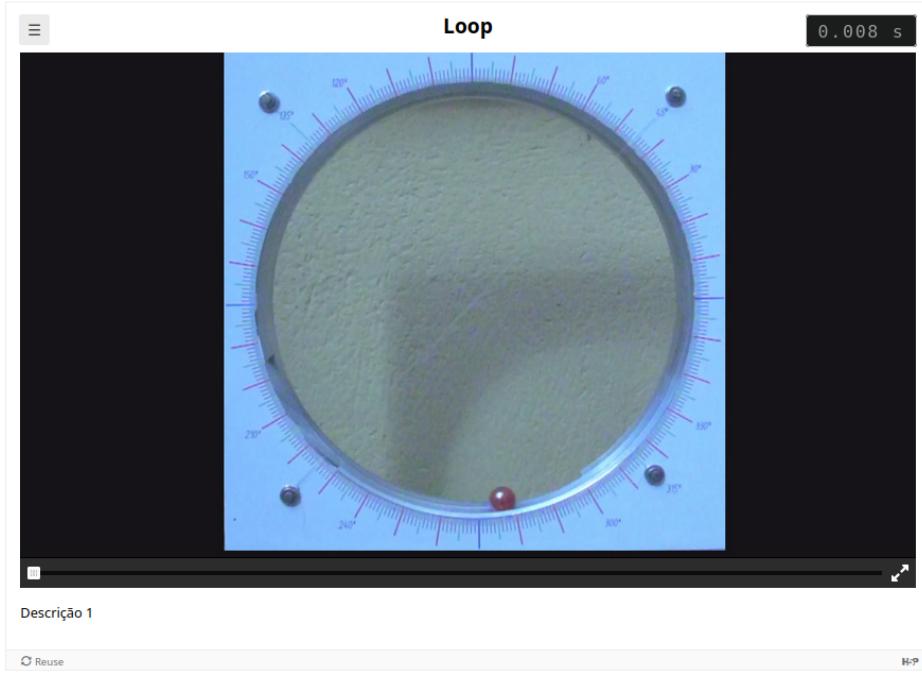


Figura 6.1: Objeto com display de tempo

6.3.2 Menu de navegação

Foi criado um menu lateral expansível que organiza as funcionalidades de forma clara, permitindo acesso rápido sem sobrecarregar a interface principal.

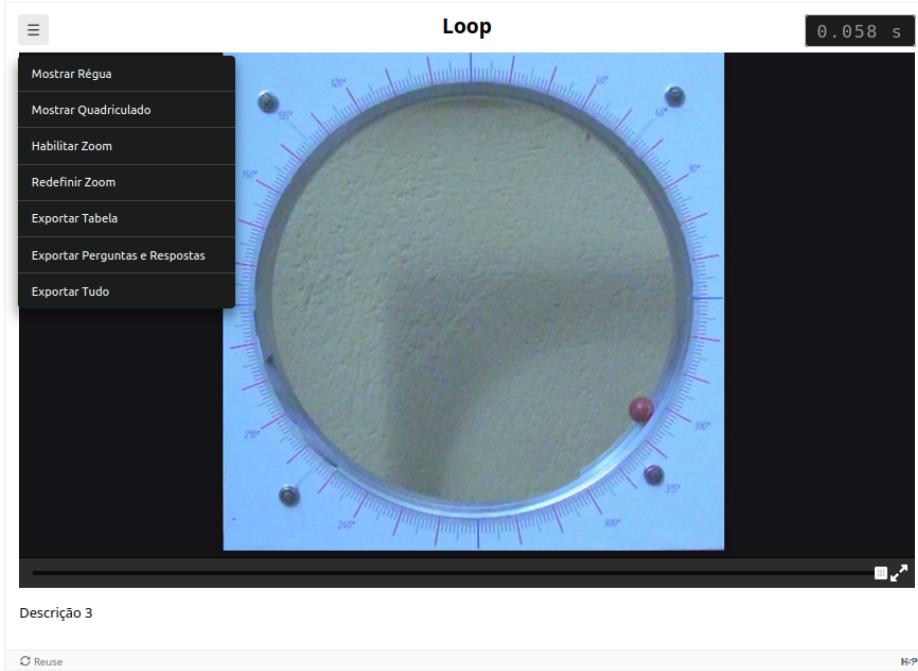


Figura 6.2: Objeto com menu de navegação

6.3.3 Réguia

Foi implementada uma ferramenta de régua sobreposta à imagem, permitindo a realização de medições diretas pelo usuário. A régua pode ser ativada ou desativada conforme a necessidade e ajustada em posição, viabilizando atividades que envolvem a comparação de distâncias, proporções ou deslocamentos, por exemplo.

6.3.4 Grid

Implementou-se um grid de referência composto por linhas horizontais e verticais, com o objetivo de auxiliar na análise espacial e na localização de pontos específicos da imagem. O grid pode ser utilizado como apoio visual

para medições aproximadas, análise de movimento e identificação de padrões espaciais.

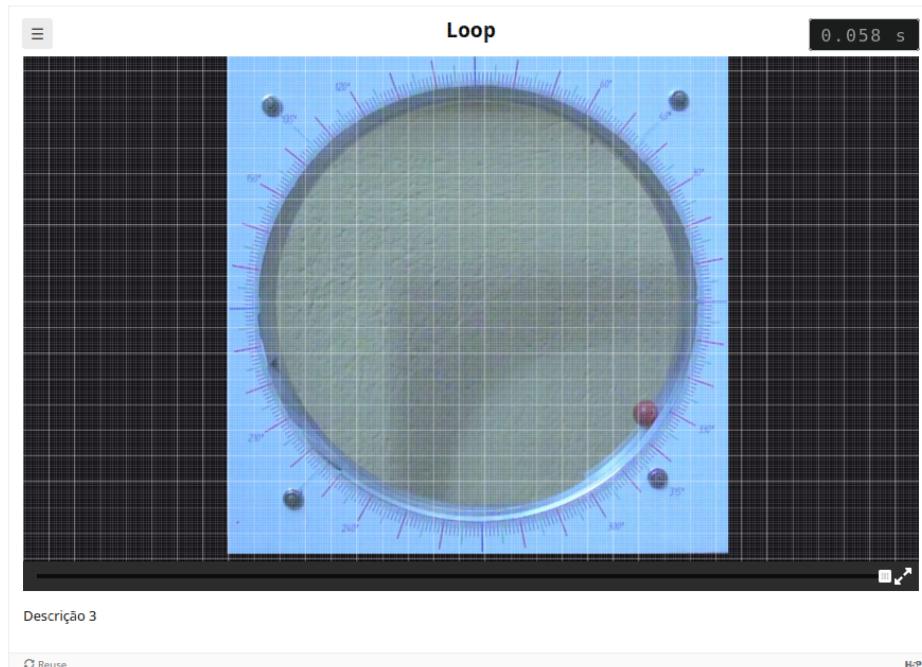


Figura 6.3: Objeto com grid

6.3.5 Inserção de tabela

Foi adicionada a possibilidade de inserir tabelas diretamente no conteúdo, favorecendo a organização e a comparação de informações.

Atrito

Massa do Bloco (g)	Força Normal (N)	Força de Atrito (N)
0,5	4,9	1,2
1,0	9,8	2,3
1,5	14,7	3,5

Figura 6.4: Objeto com tabela

6.3.6 Inserção de questão

A integração de questões foi desenvolvida para possibilitar o registro de hipóteses, interpretações ou respostas conceituais associadas ao conteúdo visual. Essa funcionalidade amplia o caráter investigativo do objeto, incentivando a reflexão e a sistematização do conhecimento por parte do usuário.



Figura 6.5: Objeto com questão

6.3.7 Exportação de conteúdo

Foi implementado um mecanismo de exportação dos dados registrados, permitindo que as informações coletadas durante a atividade sejam utilizadas posteriormente para análise, avaliação ou acompanhamento do processo de aprendizagem.

6.3.8 Upload múltiplo de imagens

O upload de imagens foi otimizado para seleção múltipla e envio em lote, agilizando a criação de sequências longas (ex: experimentos em câmera lenta) e simplificando a autoria de objetos de aprendizagem baseados em transformações visuais.

6.4 Resultados

Os resultados obtidos evidenciam que a arquitetura do H5P é efetivamente adaptável e expansível, possibilitando tanto a reutilização de conteúdos existentes quanto a incorporação de novas funcionalidades sem comprometer a estabilidade do sistema. A separação entre conteúdo, lógica e apresentação mostrou-se adequada para sustentar especializações pedagógicas mais complexas, como aquelas exigidas em contextos de investigação científica, reforçando a robustez e a flexibilidade do ecossistema.

6.5 Próximos passos

Para aprofundar e ampliar os resultados apresentados, algumas abordagens podem ser consideradas como trabalhos futuros. Um primeiro desdobramento consiste na realização de análises mais sistemáticas dos dados de interação gerados pelo objeto estendido por meio do xAPI, explorando as informações registradas no LRS a fim de compreender padrões de uso, estratégias de interação e possíveis impactos no processo de aprendizagem.

Além disso, recomenda-se a condução de testes de uso mais robustos, com foco na avaliação da experiência técnica e operacional da solução desenvolvida. Esses testes podem contemplar diferentes cenários de utilização, incluindo os processos de instalação da biblioteca, importação e exportação de conteúdos, bem como o funcionamento do objeto no editor do H5P e em distintos ambientes virtuais de aprendizagem. Avaliações dessa natureza podem contribuir para a identificação de limitações, o aprimoramento da estabilidade do código e o fortalecimento da integração do objeto ao ecossistema.

H5P.

Capítulo 7

Conclusão

Este trabalho teve como objetivo analisar o uso do H5P como ferramenta para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem interativos no contexto da educação aberta, discutindo seus fundamentos conceituais, técnicos e pedagógicos. Ao longo do texto, foram apresentados os princípios dos Objetos de Aprendizagem e dos Recursos Educacionais Abertos, destacando a importância da modularidade, reutilização e interoperabilidade para a circulação de conteúdos educacionais em larga escala.

Nesse sentido, o H5P foi caracterizado como uma alternativa para a produção de objetos de aprendizagem, ao possibilitar a criação de recursos abertos, interativos e reutilizáveis, com integração simplificada a Ambientes Virtuais de Aprendizagem e a outras plataformas baseadas na Web. Sua adoção em sistemas como Moodle, Drupal e WordPress evidencia seu potencial de disseminação, além de viabilizar funcionalidades complementares, como o acompanhamento das atividades e a geração de relatórios de uso.

Essas competências foram evidenciadas por meio do estudo de caso envolvendo a extensão do Agamotto para apoiar o projeto MEXI, iniciativa

do Instituto de Física da Universidade de São Paulo voltada à documentação de experimentos reais de Física a partir de sequências fotográficas. A adaptação desenvolvida — que incluiu funcionalidades como régua virtual, grid, zoom, tabela de dados, campos para questões e exportação de conteúdo — não apenas superou limitações da versão original do Agamotto, como também validou a arquitetura modular e aberta do H5P. O novo tipo de conteúdo mostrou-se plenamente compatível com plataformas existentes e reutilizável em diferentes contextos, alinhando-se ao contexto pedagógico proposto para estudo.

Conclui-se, portanto, que o H5P constitui uma alternativa viável e atual para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem no contexto da educação aberta. Ao integrar aspectos técnicos, pedagógicos e de abertura — e ao permitir especializações como a realizada para o Agamotto no ensino de Física —, o H5P contribui para a construção de ecossistemas educacionais mais flexíveis, interoperáveis e centrados na experiência investigativa do estudante.

Referências Bibliográficas

- [1] LEWIS, R.; SPENCER (1986). *D. What is Open Learning?* In: *Open Learning*. Londres: Council for Educational Technology
- [2] H5P. About the project. Disponível em: <https://h5p.org/about-the-project>. Acesso em: 19 de out. 2025
- [3] DAHL, O.-J.; NYGAARD, K. Simula: An ALGOL-Based Simulation Language. *Communications of the ACM*, v. 9, n. 9, p. 671–678, 1966.
- [4] WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. 2000. Disponível em: https://mari.usc.edu/wesrac/wired/bldg-7_file/wiley.pdf
- [5] WILEY, David; HILTON, John. Defining OER-Enabled Pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, Athabasca University, v. 19, n. 4, p. 133–147, 2018. Disponível em: <https://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/3601>
- [6] RABAIOLLI, J. Conteúdo Interativo H5P: Apresentação e Atividades. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2021/11/H5P.pdf>

- [7] H5P. Agamotto. Disponível em: <https://h5p.org/content-types/agamotto>. Acesso em: 9 nov. 2025.
- [8] Jacob, T., Centofanti, S. Effectiveness of H5P in improving student learning outcomes in an online tertiary education setting. *J Comput High Educ* 36, 469–485 (2024). <https://doi.org/10.1007/s12528-023-09361-6>
- [9] GILBERT, J. K. *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Cap. 1.
- [10] SILVA, L. M. O uso de simulações computacionais no ensino de Física: um estudo de caso em uma escola pública de Florianópolis. 2014. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107319/320467.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- [11] BODEMER, D. et al. The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction*, v. 14, n. 3, p. 325–341, 2004.
- [12] H5P. H5P Technical Overview. Disponível em: <https://h5p.org/technical-overview>. Acesso em: 8 dez. 2025.
- [13] H5P. The Irrepressible Architecture of H5P. Disponível em: <https://h5p.org/the-irrepressible-architecture-of-h5p>. Acesso em: 8 dez. 2025.
- [14] SNORDIAN, M. What was that thing again? An H5P architecture overview. 2023. Disponível em: <https://snordian.de/2023/04/22/what-was-that-thing-again-an-h5p-architecture-overview/>. Acesso em: 8 dez. 2025.

- [15] H5P. Integrations. Disponível em: <https://h5p.org/integrations>. Acesso em: 8 dez. 2025a.
- [16] H5P. Platform Integration Development. Disponível em: <https://h5p.org/creating-your-own-h5p-plugin>. Acesso em: 8 dez. 2025.
- [17] LEITE, M. L. Experimentação, modelização e testes de hipóteses em física: da construção às aplicações de um experimento com imagens de mecânica em um curso de licenciatura. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-15082023-154842/publico/Marcos_de_Lima_Leite.pdf. Acesso em: 11 dez. 2025.
- [18] TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; SCHMITT, Marcelo Augusto Rauh. Adaptação de metadados para repositórios de objetos de aprendizagem. Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre: CINTED/UFRGS. Acesso em: 11. dez. 2025
- [19] SERRANO-LAGUNA, Á. et al. Applying standards to systematize learning analytics in serious games. Computer Standards & Interfaces, v. 50, p. 116–123, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2016.09.014>
- [20] WEIBEL, S. et al. Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1. 1998. Disponível em: <http://dublincore.org/documents/dces/>.
- [21] FRIESEN, N. Three objections to learning objects. In: MCGREAL, R. (Ed.). Online Education Using Learning Objects. London: Routledge, 2004.

- [22] ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING (ADL). SCORM 2004 3rd Edition impact summary. Alexandria, VA: ADL Initiative, 2004. Disponível em: https://www.adlnet.gov/assets/uploads/SCORM2004-3rd_ImpactSummary.pdf. Acesso em: 10 dez. 2025.
- [23] RUSTICI SOFTWARE. SCORM explained. [S. l.]: Rustici Software, s.d. Disponível em: <https://scorm.com/scorm-explained/>. Acesso em: 13 dez. 2025.
- [24] ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING (ADL) Initiative. Experience API (xAPI) Standard. ADL Initiative. Disponível em: <https://www.adlnet.gov/projects/xapi/>. Acesso em: 16 dez. 2025.