



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E MÍDIAS DIGITAIS

FRANCISCO THALES RODRIGUES ANDRADE

**PRESERVAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS EM FLASH:
UMA ABORDAGEM COM O EMULADOR RUFFLE**

FORTALEZA
2025

FRANCISCO THALES RODRIGUES ANDRADE

PRESERVAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS EM FLASH:
UMA ABORDAGEM COM O EMULADOR RUFFLE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Sistemas e Mídias Digitais do Instituto Universidade Virtual da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Sistemas e Mídias Digitais.

Orientador: Profa. Dra. Maria de Fátima Costa de Souza

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A567p Andrade, Francisco Thales Rodrigues.
Preservação de recursos educacionais digitais em flash : uma abordagem com o emulador Ruffle /
Francisco Thales Rodrigues Andrade. – 2025.
55 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual,
Curso de Sistemas e Mídias Digitais, Fortaleza, 2025.
Orientação: Profa. Dra. Maria de Fátima Costa de Souza,.

1. RED. 2. Emulação. 3. Ruffle. 4. Adobe Flash. I. Título.

CDD 302.23

FRANCISCO THALES RODRIGUES ANDRADE

PRESERVAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS EM FLASH:
UMA ABORDAGEM COM O EMULADOR RUFFLE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Sistemas e Mídias Digitais do Instituto Universidade Virtual da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Sistemas e Mídias Digitais.

Aprovada em: 05/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr. Maria de Fátima Costa de Souza (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Aires Castro Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Leonardo Oliveira Moreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, que apesar das dificuldades, sempre acreditaram em meu potencial e me proporcionaram os meios para desenvolver minha criatividade. E a Deus, por guiar minha jornada, moldar quem sou hoje e por colocar em meu caminho pessoas que contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que sempre me deu força e sabedoria para enfrentar os desafios da vida e continuar minha jornada.

À professora Maria de Fátima, pela constante inspiração, paciência, incentivo e orientação contínua durante todo o trabalho.

Ao Professor José Aires, com quem tive a oportunidade de ter aulas e de trabalhar, agradeço pelo conhecimento e pelas valiosas lições transmitidas. Ao grupo PROATIVA, pelas oportunidades e aprendizados na área de pesquisa.

Aos meus pais e ao meu irmão, pelo suporte incondicional ao longo da minha formação, sempre me incentivando e acreditando em meu potencial.

Aos colegas de curso, por todas as risadas compartilhadas e pelo apoio em momentos desafiadores, em especial ao Jonathan e ao Hebert. E agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho e para a conclusão do curso.

“A educação é a arma mais poderosa que
você pode usar para mudar o mundo.”
(Nelson Mandela)

RESUMO

Este trabalho aborda o desafio da preservação de Recursos Educacionais Digitais (RED) após a descontinuidade do *Adobe Flash*, que tornou inacessível um vasto acervo de conteúdos interativos de repositórios como o Athena. Diante disso, a pesquisa investigou o potencial do *Ruffle*, um emulador de *Flash Player* de código aberto, como ferramenta para a execução e preservação desses materiais. O processo de avaliação consistiu na análise de dez RED do repositório Athena, abrangendo diferentes complexidades e as versões de *ActionScript 1/2 (AS1/AS2)* e *ActionScript 3 (AS3)*. Os testes foram conduzidos em cinco ambientes distintos: o aplicativo *Ruffle Desktop* para Windows e Ubuntu, e as extensões para os navegadores Chrome, Firefox e Edge. Os resultados indicam que o *Ruffle* foi capaz de emular uma parcela significativa dos recursos, demonstrando alta compatibilidade com a maioria dos conteúdos baseados em AS1/AS2. Contudo, foram identificadas instabilidades e falhas funcionais em RED com funcionalidades mais complexas desenvolvidas em AS3. O estudo evidencia que, embora o *Ruffle* seja uma ferramenta promissora para estender a vida útil de acervos em *Flash*, a compatibilidade plena ainda não foi alcançada, indicando a necessidade de continuidade de testes e da validação individual de cada recurso, além de aumentar o escopo da análise para abranger mais funcionalidades de outros RED.

Palavras-chave: RED. Adobe Flash. Emulação. Ruffle.

ABSTRACT

This work addresses the challenge of preserving Digital Educational Resources (RED) following the discontinuation of Adobe Flash, which rendered a vast collection of interactive content from repositories like Athena inaccessible. In light of this, the research investigated the potential of Ruffle, an open-source Flash Player emulator, as a tool for the execution and preservation of these materials. The evaluation process consisted of analyzing ten RED from the Athena repository, covering different complexities and the ActionScript 1/2 (AS1/AS2) and ActionScript 3 (AS3) versions. The tests were conducted in five distinct environments: the Ruffle Desktop application for Windows and Ubuntu, and the extensions for the Chrome, Firefox, and Edge browsers. The results indicate that Ruffle was able to emulate a significant portion of the resources, demonstrating high compatibility with most of the content based on AS1/AS2. However, instabilities and functional failures were identified in RED with more complex functionalities developed in AS3. The study highlights that, although Ruffle is a promising tool for extending the lifespan of Flash collections, full compatibility has not yet been achieved, indicating the need for continued testing and the individual validation of each feature, as well as broadening the scope of the analysis to encompass more functionalities from other RED.

Keywords: RED. Adobe Flash. Emulation. Ruffle.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Home Portal do Professor	21
Figura 2 - Home Athena	22
Figura 3 - Área de trabalho do Flash Professional CS6	25
Figura 4 - Launcher do Flashpoint Infinity	27
Figura 5 - DEMO no site do Ruffle	29
Figura 6 - Etapas da metodologia para os testes	36
Figura 7 - Recurso “Eh o Bicho” emulado no Windows	43
Figura 8 - Recurso “Eh o Bicho” emulado no Edge	44
Figura 9 - Recurso “Feira dos Pesos” emulado no Firefox	44
Figura 10 - Ficha de Teste parte 1	55
Figura 11 - Ficha de teste parte 2	56
Figura 12 - Ficha de teste parte 3	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Formatos dos RED disponíveis no Athena	23
Gráfico 2 - Arquivos SWF do Repositório Athena testados com o método	34
Gráfico 3 - Resultados detalhados nos três navegadores	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro dos resultados encontrados	32
Quadro 2 - RED do repositório Athena selecionados	40
Quadro 3 - Nível de compatibilidade geral dos RED por Ambiente	42
Quadro 4 - Resultados detalhados no Windows	46
Quadro 5 - Resultados detalhados no Linux Ubuntu	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
AS1/AS2	<i>ActionScript 1 e 2</i>
AS3	<i>ActionScript 3</i>
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CSS3	<i>Cascading Style Sheets 3</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTML5	<i>HyperText Markup Language 5</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MEC	Ministério da Educação
MP3 / MP4	<i>MPEG Audio Layer 3 / MPEG-4 Part 14</i>
NANETH	Arquivo Nacional dos Países Baixos
OA	Objetos de Aprendizagem
PROATIVA	Grupo de Pesquisa e Produção de Ambientes Interativos e Objetos de Aprendizagem
RED	Recursos Educacionais Digitais
SDLC	Ciclo de vida de desenvolvimento de software
SWF	<i>ShockWave Flash</i>
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UCA	Projeto Um Computador por Aluno
UFC	Universidade Federal do Ceará
VM	Máquinas Virtuais
WARC	<i>Web ARChive</i>
Wasm	<i>WebAssembly</i>
ZIP	<i>Zone Improvement Plan</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Recursos Educacionais Digitais	18
2.2	Repositórios digitais	19
2.3	Adobe Flash	23
2.4	Emuladores	26
2.4.1	<i>Emulador Flashpoint</i>	26
2.4.2	<i>Emulador Ruffle</i>	27
3	TRABALHOS RELACIONADOS	31
4	METODOLOGIA	35
4.1	Tipo de pesquisa	35
4.2	Metodologia para os Testes	35
4.3	Coleta de Dados	38
4.4	Ambiente de testes	39
4.5	Recursos selecionados	40
5	RESULTADOS	41
5.1	Análise Geral de Compatibilidade	42
5.2	Desktop Windows	45
5.3	Desktop Ubuntu	46
5.4	Extensões de Navegadores	47
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	50
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICE A	55

1 INTRODUÇÃO

Vivemos em uma era marcada pela digitalização e pelo uso crescente da tecnologia em quase todos os aspectos da vida. É cada vez mais comum no cotidiano as pessoas utilizarem ferramentas tecnológicas que simplificam desde atividades básicas, como comunicação, lazer e organização pessoal, até tarefas mais complexas, como gestão empresarial, operações bancárias e análise de dados (Segata, 2021). Essa transformação digital também impactou a educação, que vem incorporando cada vez mais as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) como forma de atender às demandas de formação profissional, comunicabilidade e acesso ao conhecimento (Hitzschky, 2019). Dentre as TIC com finalidades pedagógicas, destacam-se os Recursos Educacionais Digitais (RED), qualificados como recursos digitais, incluindo softwares, aplicativos educacionais e Objetos de Aprendizagem (OA), constituídos a partir de suas ferramentas multimidiáticas, como textos, imagens, áudios, vídeos e animações (Medeiros et al., 2018)

Os RED vêm oferecendo ferramentas diversificadas que complementam e enriquecem as práticas pedagógicas, tanto em sala de aula quanto em ambientes virtuais. Com a crescente inserção da tecnologia na sociedade, os RED se apresentam como meios eficazes para flexibilizar e facilitar o acesso aos conteúdos e atividades, promovendo o aprendizado de maneira dinâmica e interativa. A Base Nacional Comum Curricular, por exemplo, estabelece como um de seus objetivos gerais o uso de diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimento, visando à formação de alunos aptos a lidar com as novas tecnologias no processo de aprendizagem.

A importância dos RED está intrinsecamente ligada à sua capacidade de engajar os alunos, ajudando-os a compreender conteúdos difíceis de serem assimilados em um primeiro momento, somente com recursos analógicos. Em um contexto em que a educação busca adaptar-se às demandas tecnológicas, os RED se tornam aliados indispensáveis. Assim, os RED não apenas ampliam as possibilidades pedagógicas, mas também contribuem para um ensino mais inclusivo e acessível, atendendo às necessidades de diferentes estilos de aprendizagem e contextos educacionais.

Entre as tecnologias que impulsionaram os RED, a ferramenta Adobe *Flash* se destacou e foi amplamente utilizada para criar animações, jogos interativos, vídeos

na *web* e exibição de imagens baseadas em vetores e animações, permitindo a produção de conteúdos dinâmicos que enriqueceram a experiência do usuário. Essa versatilidade ampliou as possibilidades educacionais, tornando os materiais de ensino mais claros e significativos, contribuindo para que os alunos compreendessem melhor os objetivos de aprendizado (Sudjana, 2009). Vários fatores contribuíram para que educadores desenvolvessem RED adaptados a diferentes públicos e contextos, como: os diversos itens de suporte oferecidos pelo Adobe *Flash* na criação de animações, seu pequeno formato de saída para streaming de mídia, que apresentava uma vantagem na entrega de informações e sua flexibilidade e facilidade de uso (Sukariasih, 2019). Além disso, o *Flash* podia ser integrado a muitos outros softwares e estendido por meio de vários *plugins*.

Em 2017, a Adobe anunciou oficialmente que o *Flash Player* seria descontinuado, informando que não realizaria mais atualizações nem correções de segurança após o fim do ciclo de vida do software (Adobe, 2021). Entre as causas está a migração de grandes plataformas, como Youtube e Facebook para padrões abertos, como o HyperText Markup Language (HTML5), WebGL e WebAssembly, que foram aperfeiçoados ao longo dos anos e se tornaram alternativas mais viáveis do que o *Flash*. Além disso, os principais fornecedores de navegador estão integrando esses padrões abertos aos seus navegadores e abandonando a maioria dos outros *plugins* (como o *Flash Player*). Essa decisão marcou o encerramento de uma era no desenvolvimento de conteúdos interativos. Em 31 de dezembro de 2020, foi marcada a data oficial de encerramento do suporte ao *Flash Player* (Adobe, 2021).

A descontinuidade do *Flash* resultou na perda de suporte para a manutenção e utilização dos RED desenvolvidos nesse formato. Muitos recursos interativos, jogos e materiais educacionais tornaram-se inacessíveis, tanto para os professores quanto para os alunos. Para garantir sua acessibilidade contínua, muitos deles foram armazenados em repositórios digitais. Esses repositórios funcionam como bibliotecas virtuais, possibilitando a organização, recuperação e disseminação de materiais educativos.

Exemplo disso são os 150 recursos em *Flash* disponíveis no repositório Athena¹, equivalente a cerca de 62,8% do total do acervo. Desenvolvido em 2015, pelo Grupo de Pesquisa e Produção de Ambientes Interativos e Objetos de Aprendizagem

¹ Disponível em: <https://proativa.virtual.ufc.br/athena/index.html/>. Acesso em 15 jul. 2025

(PROATIVA), o Athena é um repositório com o objetivo de disponibilizar RED de Língua Portuguesa e de Matemática para os anos iniciais e finais do Ensino Fundamental (Souza et al, 2021).

1.1 Justificativa

Neste contexto, surge a necessidade de buscar alternativas de preservação desses recursos de forma que seja viável sua utilização no ambiente educacional pelos professores, tanto dentro quanto fora da sala de aula. A solução de preservação abordada neste trabalho é o *Ruffle*², um emulador de *Flash Player* de código aberto, projetado para permitir a execução de arquivos em *Flash* sem a necessidade do programa original da Adobe. O *Ruffle* conta com extensões para navegadores Chrome, Firefox e Microsoft Edge, além de disponibilizar aplicativos nativos para computadores com sistemas operacionais Windows, Linux e Mac, e conta com a opção de realizar a instalação do *Ruffle* no diretório de um site usando uma única linha de código.

Dessa forma, a questão central deste estudo pode ser expressa da seguinte maneira: “Como utilizar o emulador *Ruffle* para a preservação e utilização dos RED em formato *Flash*?”. O objetivo geral deste trabalho é investigar o potencial do uso de um emulador como estratégia para a preservação de RED em *Flash* de diferentes versões. Para conseguir atingir esse objetivo geral foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar diferentes cenários de emulação do *Ruffle*.
- Avaliar o uso de 10 RED em *Flash* do repositório Athena, sendo 5 de língua portuguesa e 5 de matemática emulados no *Ruffle*.
- Comparar os resultados dos diferentes cenários testados no *Ruffle*.

Diante dos objetivos apresentados, o capítulo 2 traz os pilares teóricos utilizados na construção deste trabalho.

² Disponível em: <https://ruffle.rs/>. Acesso em 09 ago. 2025

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para abordar os aspectos propostos neste trabalho, é essencial, primeiramente, compreender os RED e sua importância na flexibilização do ensino bem como a relevância histórica do Adobe *Flash* na criação de conteúdos educacionais dinâmicos juntamente com os desafios enfrentados após sua descontinuação.

2.1 Recursos Educacionais Digitais

Os recursos educacionais digitais (RED) podem ser definidos como qualquer recurso digital que possibilita flexibilizar e facilitar o acesso aos conteúdos e atividades com finalidades educacionais aplicadas ao ensino e aprendizagem (Hitzschky 2019). Para Ramos et al. (2011), o uso de RED que permitem a simulação, a combinação multimídia e a interatividade, pode ajudar a desenvolver diversificadas estratégias de ensino e de aprendizagem, levando à manipulação dos objetos, à interação com os elementos do recurso ou à aprendizagem de conceitos e teorias por meio da combinação de imagens, palavras e sons.

De acordo com Freire et al. (2019), o uso de RED aliado às experiências prévias dos estudantes, às mecânicas, os elementos de gamificação, bem como a atuação do professor como mediador, podem possibilitar uma experiência de aprendizagem com um potencial dinâmico e mais afetivo. Dessa forma, os RED são úteis para integrar diferentes estilos de aprendizagem, já que enquanto alguns alunos podem se beneficiar de animações ou vídeos interativos, outros podem preferir diagramas, combinados com descrições textuais, de uma forma que esses recursos consigam atender os alunos com diferentes habilidades e necessidades específicas, como estudantes com dificuldades de leitura ou deficiências sensoriais. A relevância desses recursos no ambiente educacional tem sido amplamente discutida na literatura acadêmica. Estudos como os de Castro-Filho et al. (2008) e Teruya (2013) demonstram que o uso desses recursos pelos professores estimula os alunos a desenvolverem estratégias para a resolução de problemas, promovendo um aprendizado ativo e participativo. Esses recursos se apresentam em uma variedade de formatos e isso se deve por serem recursos, em grande parte, que foram desenvolvidos pensando no ambiente *web*. Com isso, os RED podem ser encontrados em formatos que vão desde recursos que apresentam apenas textos e imagens até vídeos, jogos, animações,

simuladores e outras ferramentas que possibilitam aos professores e alunos um ambiente de aprendizado dinâmico (Medeiros et al., 2018). Nos recursos educacionais analógicos, como material impresso, as possibilidades são limitadas, já que o aprendizado é realizado de forma linear.

Os RED podem incentivar práticas pedagógicas motivadoras para além daquelas que utilizam apenas o livro didático, possibilitando uma maior aproximação com a realidade do aluno por trazerem elementos presentes hoje na cultura digital (Cunha, 2024). Tais recursos são mais flexíveis e podem ser personalizados para cada estudante. Nesse sentido, os RED, podem oferecer possibilidades multimidiáticas aos docentes e aos alunos, com o desenvolvimento e a vivência de práticas educativas que diferem daqueles tradicionais meios de ensino, dinamizando a aprendizagem (Hitzschky 2019).

Os RED estão disponíveis para a utilização dos professores, em diversos formatos, e podem proporcionar aos estudantes um aprendizado rico e contextualizado através da experimentação e descoberta de novas significações (Santos, 2024). Por exemplo, os **vídeos** são eficazes para apresentar conteúdos de forma dinâmica, auxiliando tanto no engajamento quanto na compreensão de tópicos complexos. Já os **jogos educativos**, promovem a interação e a prática de habilidades de forma lúdica, tornando o aprendizado mais motivador. Além disso, as **animações** se destacam pela capacidade de ilustrar conceitos abstratos ou processos dinâmicos, como fenômenos científicos, de maneira visualmente atraente. Outro recurso relevante são os **simuladores**, que possibilitam experiências práticas em ambientes virtuais, especialmente úteis em disciplinas que demandam experimentação, como as matérias de física e química. Dessa maneira, os professores têm à disposição uma ampla gama de ferramentas para tornar os conteúdos mais atrativos para os seus alunos (Amaral et al, 2011).

2.2 Repositórios digitais

Por serem recursos que possuem forte ligação à *web*, os RED podem ser encontrados em diversos espaços da rede. *Blogs*, plataformas de cursos *online*, canais de vídeo no YouTube e até sites de universidades e escolas são exemplos significativos de fontes desses recursos educacionais. Essas plataformas disponibilizam tutoriais, dicas de estudo, vídeos explicativos sobre temas variados e materiais complementares,

como planos de aula e exercícios. Além dessas fontes, os RED também estão presentes nos chamados repositórios digitais. De acordo com Tarouco et al. (2014), os repositórios educacionais são ambientes que permitem o armazenamento, a pesquisa e a reutilização de recursos educacionais. A grande vantagem desses repositórios está na organização e na curadoria dos materiais, que são categorizados e descritos de maneira a facilitar a busca e o acesso pelos usuários. Eles podem ser públicos ou privados e possuem uma função que vai além do armazenamento, já que possibilitam um ambiente de compartilhamento e de colaboração para a criação de novos recursos.

Exemplo disso é, o Portal do Professor³, que é um repositório digital criado a partir de uma iniciativa conjunta do Ministério da Educação (MEC) e do Ministério da Ciência e Tecnologia em 2008, e tem o objetivo de apoiar os processos de formação dos professores brasileiros e enriquecer suas práticas pedagógicas (Quaresma 2016). Seu acervo, com mais de 13.000 recursos catalogados, é extremamente diversificado, incluindo animações, simulações, vídeos, experimentos, áudios, mapas e softwares educacionais. O conteúdo abrange todos os níveis da educação Infantil, Fundamental, Médio e Profissionalizante. O mesmo apresenta-se dividido nas seguintes áreas: Espaço da aula, para a produção e compartilhamento de sugestões de aulas; Aba Jornal com informações diversas sobre a prática educacional; Área Multimídia, com acesso para *download* de coleções de recurso multimídia em diferentes mídias como vídeos, animações, simulações, áudios, hipertextos, imagens e experimentos práticos; Área dos Cursos e Materiais disponibilizados pelo MEC que auxiliem na formação continuada dos professores. Uma área de Colaboração com outros professores; Links, uma área com uma coleção de links por temáticas.

Um dos seus maiores trunfos é a integração dos RED com sugestões de aplicações prática por meio de planos de aula, os quais são elaborados por professores da rede e passam por uma curadoria coordenada pelo MEC, garantindo alinhamento curricular e relevância pedagógica. A figura 1 mostra a página inicial do Portal do Professor.

³ Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html/>. Acesso em 23 jul. 2025

Figura 1 - Home Portal do Professor



Fonte: Portal do Professor (2025).

Outro exemplo a ser mencionado é o repositório Athena. Foi desenvolvido em 2015 pelo grupo de Pesquisa e Produção de Ambientes Interativos e Objetos de Aprendizagem (PROATIVA), da Universidade Federal do Ceará (UFC), com foco em RED de Língua Portuguesa e Matemática para os anos iniciais e finais do ensino fundamental. A concepção do Athena surgiu a partir de demandas do Projeto Um Computador por Aluno (UCA), tendo em vista que os professores participantes demonstraram a necessidade de ter acesso a RED de forma *offline*, considerando a baixa qualidade de conexão ou mesmo a ausência de Internet nas escolas. Desta forma, o diferencial mais relevante do repositório Athena, quando comparado a grandes portais como o Portal do Professor, é a sua capacidade de funcionamento tanto no modo *online* quanto *offline*.

O projeto foi concebido para que todo o acervo de RED pudesse ser armazenado e executado diretamente de dispositivos de memória auxiliar, como *pen drives* ou cartões de memória de baixa capacidade (até 4GB). Essa característica inovadora confere autonomia ao professor, permitindo-lhe utilizar os recursos em sala de aula sem qualquer dependência de acesso à Internet, um desafio persistente na realidade educacional do país (Souza et al., 2021). A figura 2 ilustra a página inicial do site do repositório Athena.

Figura 2 - Home Athena

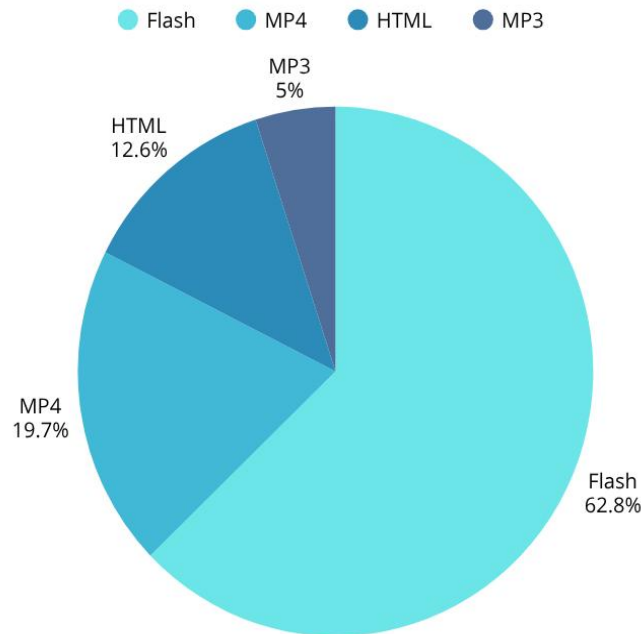


Fonte: Athena (2025).

Ao longo dos anos, diversas pesquisas já foram realizadas sobre o repositório Athena, como em Hitzschky et al. (2019), na qual foram propostas ações docentes com o uso de RED, interações e aplicações por meio de atividades que possibilitaram uma abordagem mais multimidiática dos conteúdos propostos. Ainda também em Souza et al. (2021) cujo objetivo era apresentar o repositório e suas potencialidades, relacionadas às áreas de Língua Portuguesa e Matemática do Ensino Fundamental, para fazer com que os participantes se familiarizassem com as funcionalidades de busca, localização, *download* dos RED e, por fim, exploração dos recursos disponíveis.

Atualmente, o Repositório Athena hospeda um total de 239 RED, contemplando Língua Portuguesa e Matemática em formatos diversos como áudio MP3, vídeos MP4, formato HTML e em formato *Flash*. Desse total do acervo, 150 arquivos são do formato *Flash* (62,8%), 47 em formato de vídeo MP4 (19,7%), 30 em formato HTML (12,6%) e apenas 12 em formato de áudio MP3 (5%) como pode ser observado no gráfico 1. Todos esses recursos são disponibilizados a fim de estimular professores e alunos a integrarem o uso destes RED no contexto escolar, dando a eles uma maior aplicabilidade educacional.

Gráfico 1 - Formatos dos RED disponíveis no Athena



Fonte: Elaborado pelo autor.

A ampla adoção de RED em formatos interativos e multimidiáticos, especialmente aqueles desenvolvidos para a *web*, esteve por muito tempo atrelada à utilização do *Adobe Flash*, tecnologia que permitiu a criação de animações, jogos e simulações com elevado potencial pedagógico. Muitos recursos que fazem parte do acervo de repositórios como o Athena e o Portal do Professor foram construídos com base nessa plataforma, explorando suas capacidades para oferecer experiências de aprendizagem ricas, visuais e interativas. No entanto, com a descontinuação oficial do *Adobe Flash Player* em 2020, muitos desses recursos tornaram-se inacessíveis nos navegadores e sistemas modernos, comprometendo a continuidade de seu uso em contextos educacionais e os acervos desses repositórios e de tantos outros que hospedam RED em *Flash*.

2.3 Adobe Flash

O *Adobe Flash* surgiu em 1996 com a ideia de servir como uma ferramenta para criação de animações vetoriais interativas. Lançado pela empresa *FutureWave Software*, sendo originalmente chamado de *FutureSplash Animator*, destacou-se por sua capacidade de gerar conteúdos leves, adequados para a internet da época, ainda

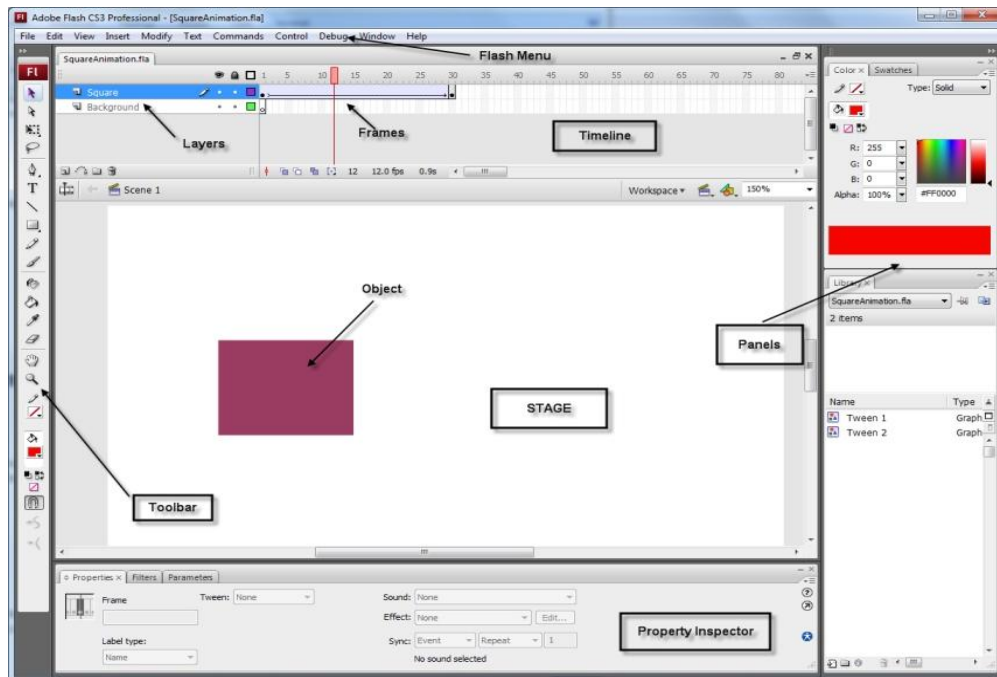
limitada em largura de banda. Pouco tempo após seu lançamento, o software foi adquirido pela Macromedia em dezembro de 1996, sendo rebatizado como Macromedia *Flash* (Winkie, 2015).

O ambiente de desenvolvimento, conhecido como Adobe *Flash Professional*, oferecia uma interface visual combinada com uma linguagem de *script* denominada de *ActionScript*. Lançado inicialmente em 2000, na versão 5.0 do *Flash*, o *ActionScript* começou como uma linguagem simples de programação, mas ao longo do tempo se tornou robusta e orientada a objeto (Adobe, 2023). Isso permitia a criação de animações interativas, jogos online, sites dinâmicos e aplicativos multimídia.

Porém, utilizar uma linguagem de programação não era a única opção disponível para a criação de recursos em *Flash*. Alguns usuários preferiam trabalhar diretamente na interface visual da *timeline*, na qual os objetos podiam ser desenhados ou importados e, em seguida, modificados em termos de posição, forma e outros atributos por meio de menus interativos e comandos de arrastar e clicar.

A interação com essa interface era ainda facilitada por uma série de metáforas referentes a mídias conhecidas dos usuários (Pereira, 2023). A área de trabalho era chamada de *stage* ("palco"), os quadros de animação eram chamados de *frames* ("quadros"), organizados em *timelines* ("linhas do tempo"), e o resultado era um *movie* ("filme"). A figura 3 mostra um exemplo de como era a interface do *Flash Professional CS6*.

Figura 3 - Área de trabalho do Flash Professional CS6



Fonte: itcsolutions.eu⁴ (2009)

Com essa versatilidade, plataformas como *Newgrounds*⁵ popularizaram jogos criados em *Flash*, enquanto animadores independentes ganharam visibilidade por meio de curtas e séries publicadas *online* (Winkie, 2015). Além disso, o *Flash* possibilitou o *streaming* de vídeos e áudios antes do advento de tecnologias modernas como HTML5, sendo utilizado por plataformas como o YouTube em seus primeiros anos (Warren, 2012).

O *Flash* também teve grande valor para a educação, estabelecendo-se como uma ferramenta fundamental na criação de conteúdos educacionais interativos e animados. De acordo com Rohimah (2021), muitos pesquisadores recorreram ao *Adobe Flash Player* para desenvolver mídias de aprendizagem que melhorassem o *feedback* e a autoeficácia dos alunos. A interatividade proporcionada permitia a criação de simulações, animações explicativas e jogos educacionais que tornavam o aprendizado mais dinâmico e engajador. Essas mídias foram amplamente utilizadas em diversas áreas do conhecimento, desde ciências exatas até linguagens, favorecendo uma abordagem prática e visual.

⁴ Disponível em: <https://www.itcsolutions.eu/adobe-flash-cs3-and-cs4-interface-basic-commands-and-concepts/>. Acesso em 07 jul. 2025

⁵ Disponível em: <https://www.newgrounds.com/>. Acesso em 07 ago. 2025

Contudo, com o passar do tempo, o *Flash* começou a enfrentar críticas por problemas de segurança, consumo elevado de recursos e incompatibilidade com dispositivos móveis. Além disso, com o avanço de tecnologias abertas como HTML5, *Cascading Style Sheets 3 (CSS3)* e *JavaScript*, o *Flash* foi sendo progressivamente substituído. Em 31 de dezembro de 2020, foi marcada a data oficial de encerramento do suporte ao *Flash Player* (Adobe, 2021).

2.4 Emuladores

Diferentes projetos e ferramentas surgiram com o objetivo de recriar o ambiente do Adobe *Flash Player*, permitindo que arquivos no formato *ShockWave Flash* (.SWF) continuem a ser executados em sistemas modernos. Essas soluções variam em escopo e tecnologia, desde arquivos massivos de preservação até emuladores leves e integrados a navegadores, cada um oferecendo um caminho distinto para garantir que o acervo interativo da era *Flash* não seja perdido.

2.4.1 Emulador *Flashpoint*

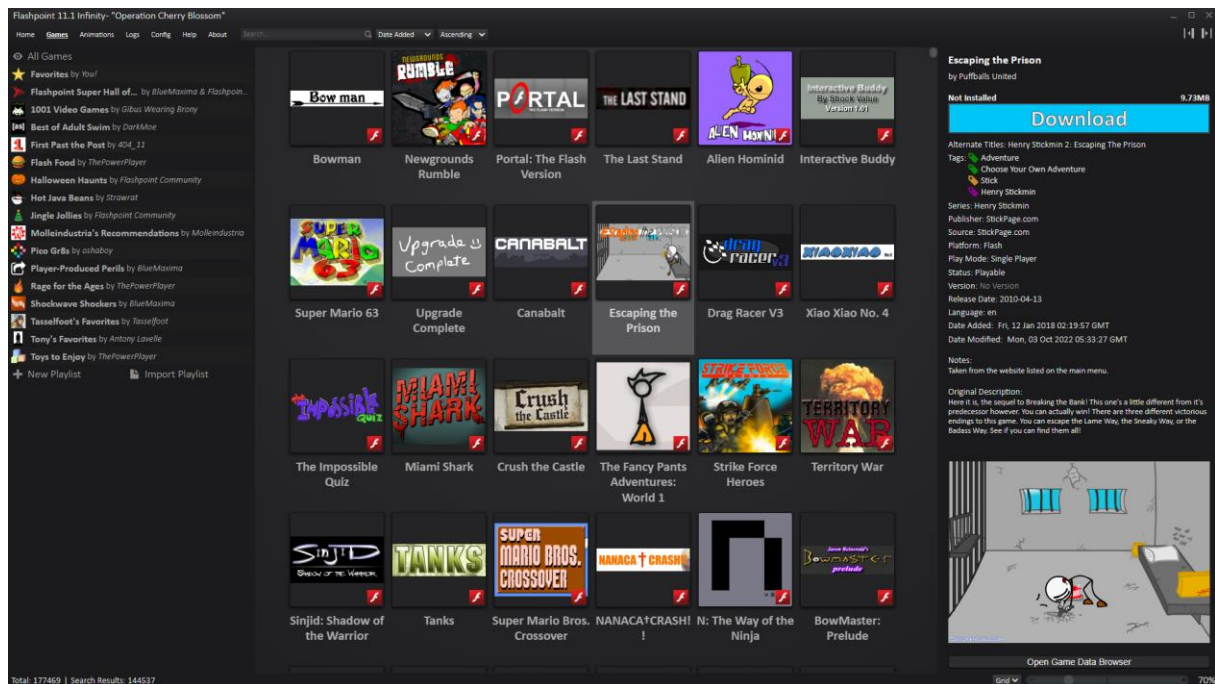
Na perspectiva dos emuladores, é possível mencionar o *Flashpoint Archive*⁶, que é um projeto de preservação de jogos e animações *web* que visa arquivar e emular o máximo possível de conteúdo *Flash* (*Flashpoint*, 2025).

O *Flashpoint* funciona primariamente como uma aplicação *desktop* para Windows e não é um emulador único, mas sim uma plataforma que utiliza uma combinação de duas tecnologias: um servidor *web* e um *launcher*, ou também chamado inicializador. O *Flashpoint* finge ser a internet para “enganar” os jogos e fazer com que funcionem mesmo *offline*. Isso é necessário porque muitos jogos só funcionam se estiverem hospedados em domínios específicos, alguns tentam carregar recursos online, como imagens ou sons, e travam se não os encontrarem e outros, tentam se comunicar com servidores reais e falham caso não os localize. Sua principal característica é a vasta coleção de mais de 200 mil jogos e animações já preservados e catalogados desde 2017 (*Flashpoint*, 2025).

⁶ Disponível em: <https://flashpointarchive.org/>. Acesso em 20 jun. 2025

O *Flashpoint* oferece duas versões: a "*Ultimate*", que contém todos os arquivos para uso *offline*, porém é necessário fazer o *download* de 1.68TB de arquivos, ideal para arquivistas e armazenadores de dados, e a versão "*Infinity*", que baixa os conteúdos sob demanda, ideal para usuários casuais. A figura 4 mostra o *Launcher* do *Flashpoint* já baixado em um computador.

Figura 4 - Launcher do Flashpoint Infinity



Fonte: Flashpoint (2025).

2.4.2 Emulador Ruffle

A outra alternativa encontrada na *web* se trata do emulador *Ruffle*. Em se tratando do *Ruffle*, este é um emulador de *Flash* de código aberto projetado para reproduzir arquivos no formato *.SWF*, que é o formato nativo dos conteúdos criados em *Flash*, originalmente criados para rodar na plataforma *Adobe Flash Player*. Ele utiliza tecnologias modernas, como *Rust*⁷ e *WebAssembly*⁸, permitindo eficiência na reprodução dos recursos. O *Rust* é uma linguagem de programação conhecida por sua forte ênfase na segurança de memória e desempenho. Ele costuma ser adotado em sistemas críticos por prevenir erros comuns, como estouros de *buffer* e condições de

⁷ Disponível em: <https://www.rust-lang.org/>. Acesso em 01 jul. 2025

⁸ Disponível em: <https://webassembly.org/>. Acesso em 01 jul. 2025

corrida, que eram frequentemente encontrados em implementações anteriores de emuladores *Flash* (Ruffle, 2025). Já o *WebAssembly*, abreviado como *Wasm*, é um formato de instrução binária para uma máquina virtual baseada em pilha. O *Wasm* foi projetado como um destino de compilação portátil para linguagens de programação, permitindo a implantação na *web* para aplicativos cliente e servidor.

O *Ruffle* emula o comportamento do *ActionScript* 1.0 e 2.0, presente nas versões mais antigas do *Flash* até 2006, com 99% da linguagem e 79% da API já implementados (Ruffle, 2025), suportando boa parte dos recursos originais do *Flash Player*. Ele também oferece suporte parcial ao *ActionScript* 3.0, presente em recursos *Flash* criados depois de 2006. Atualmente, o *Ruffle* cobre aproximadamente 90% da linguagem e 77% da API (Ruffle, 2025), mas ainda apresenta dificuldades ao executar arquivos que exigem alto grau de interatividade ou funcionalidades mais complexas. Isso pode resultar em erros de carregamento ou falhas parciais durante a execução desses recursos. Apesar disso, a compatibilidade tem avançado, significativamente, graças à atuação constante da comunidade de desenvolvedores, que tem contribuído ativamente para a ampliação do suporte ao *ActionScript* 3.0.

O *Ruffle* oferece várias versões para diferentes plataformas e necessidades, desde *plugins* para navegadores *web* como Chrome, Firefox, Safari e Microsoft Edge, até a disponibilidade de aplicativos nativos para computadores com sistemas operacionais como Windows, macOS e Linux. A figura 5 ilustra a DEMO no *Ruffle*, uma funcionalidade presente no próprio site para que os usuários possam emular os próprios *.SWF* sem precisar instalar nada.

Figura 5 - DEMO no site do Ruffle



Fonte: *Ruffle* (2025).

Além disso, os desenvolvedores também disponibilizaram uma alternativa que possibilita a instalação e o uso do *Ruffle* em páginas *webs* por meio de um simples código *JavaScript* de apenas uma linha. O *Ruffle* fornece um *snippet* que pode ser copiado e adicionado ao código do site, permitindo que administradores de sites integrem facilmente o emulador, garantindo que seus usuários possam acessar os recursos em *Flash* sem precisar de *plugins* adicionais ou configurações complexas. Com esse código *JavaScript*, o *Ruffle* carrega automaticamente na página e substitui o antigo *Flash Player*, permitindo que o conteúdo continue acessível sem a necessidade de instalação por parte do usuário, além de estar sempre atualizado com a versão mais recente disponível do *Ruffle*.

Embora o *Flashpoint* e o *Ruffle* sejam as soluções mais robustas e proeminentes para a emulação de conteúdo *Flash*, é importante notar que outros projetos que visam criar um ambiente de emulação para o *Flash* podem ser encontradas na internet, como *Gnash*, *Lightspark* e *SuperNova Player*. O *Gnash*, por exemplo, era uma alternativa gratuita e de código aberto de emulador *Flash*, porém foi descontinuado em 2012 devido à falta de doações para manter o projeto, o que faz com que ele não seja compatível com o conteúdo mais moderno. Já o *Lightspark*, embora ainda receba atualizações e foque em tecnologias mais recentes como o *ActionScript 3*, possui um desenvolvimento lento e seu site oficial o classifica como um projeto em estado "alfa", com compatibilidade ainda parcial. Outras opções, como o *SuperNova*

Player, operam como extensões de navegador com pouca transparência sobre seu desenvolvimento ou com informações escassas nos canais oficiais. Dito isto, a escolha pelo uso do emulador *Ruffle* neste trabalho, se justifica por suas qualidades citadas, sendo um emulador de código aberto que utiliza tecnologias modernas, garantindo segurança e desempenho na emulação de arquivos *Flash*, além da sua versatilidade, evidenciada pela disponibilidade em múltiplas plataformas, adicionado de uma comunidade ainda ativa nos fóruns e site oficial, torna-o a uma solução acessível para preservação de conteúdos originalmente desenvolvidos em *Flash*.

Uma vez estabelecida a base teórica sobre RED e a tecnologia de emulação, e justificada a escolha pelo emulador *Ruffle*, é importante situar esta pesquisa no contexto de outras iniciativas que buscaram resolver o mesmo problema da obsolescência do *Flash*. A seção seguinte, portanto, dedica-se a apresentar e discutir trabalhos relacionados que abordam diferentes estratégias de preservação de conteúdo *Flash*, como a migração e a transpilação.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo reúne e apresenta alguns trabalhos relacionados que foram identificados na etapa exploratória da pesquisa. Os objetivos, técnicas e resultados experimentais de cada trabalho identificado são discutidos a seguir.

Após o encerramento do *Flash*, diversas soluções vêm sendo testadas para dar continuidade ao uso de recursos nesse formato, como a migração e a emulação. A migração consiste em converter as informações de um formato de arquivo mais antigo ou menos durável para um formato de arquivo mais moderno ou durável (Veenendaal et al, 2023). Porém, esse é um processo ainda não muito explorado na literatura, pois carece de ferramentas para realizar essa migração de maneira prática. Já a emulação permite que você imite os antigos ambientes de hardware e software em um ambiente de hardware e software moderno (Veenendaal et al, 2023). A utilização de emuladores tem sido uma das formas mais eficazes de manter o acesso aos arquivos .SWF, especialmente após o fim do suporte da Adobe.

Este desafio da preservação é exemplificado no trabalho de Veenendaal et al. (2023) em um projeto de pesquisa conduzido pelo Arquivo Nacional dos Países Baixos (NANETH⁹). Após o anúncio da Adobe, a equipe de preservação, que inicialmente acreditava ter poucos ou nenhum objeto *Flash* em seu acervo, descobriu que essa suposição era incorreta. Seguindo uma inclinação institucional pela **migração**, a equipe investigou primeiramente a conversão de seus objetos *Flash* para formatos mais modernos, como HTML5 e MP4. Contudo, essa abordagem se mostrou impraticável, principalmente pela carência de ferramentas de código aberto que evitassem o redesenvolvimento completo dos arquivos a partir do zero. Estudos como o de Maheswari e Reddy (2017) reforçam essa dificuldade, estimando que o tempo para migrar um único objeto pode variar de 1 a 51 horas. Além disso, a complexidade é ainda maior para arquivos encapsulados em contêineres como ZIP ou WARC, formatos esses presentes no acervo, que exigiriam um trabalhoso processo de descompactação, modificação e reempacotamento.

As dificuldades e os altos custos associados à migração levaram a equipe do NANETH a reconsiderar seu viés inicial e a explorar a **emulação** como uma alternativa. Para surpresa dos pesquisadores, a emulação provou ser a estratégia mais

⁹ Disponível em: <https://www.nationaalarchief.nl/en/>. Acesso em 20 jul. 2025

adequada e eficiente para o seu contexto. Eles realizaram a análise e teste de três possíveis métodos de emulação diferentes: *Ruffle*, Conifer¹⁰ e Navegadores com versão mais antiga do *Flash Player* (Quadro 1).

Quadro 1 - Quadro dos resultados encontrados

Solution	Open source	Installation required	Client- or server-sided
Conifer	Yes	No	Client
Ruffle	Yes	Yes	Client
Browsers with older version of Flash Player	No	Yes	Client

Fonte: Veenendaal et al (2023, p. 6)

Os pesquisadores identificaram que a funcionalidade de emulação de navegadores antigos, presente em ferramentas como o Conifer, um serviço de arquivamento da web que cria uma cópia interativa de qualquer página da web que você navegue, incluindo conteúdo com interações, como reprodução de vídeo e áudio, rolagem, clique em botões e assim por diante, poderia ser integrada à sua infraestrutura existente por meio do pywb¹¹, uma ferramenta de arquivamento da *web* em *Python 3* para reprodução de arquivos da *web* grandes e pequenos com a máxima precisão possível. Essa solução se destacou por permitir que os arquivos *Flash* fossem apresentados dentro de uma versão emulada de um navegador antigo com suporte nativo à tecnologia, sem a necessidade de o usuário realizar *download* de nenhum arquivo, além dos benefícios de utilizar ferramentas de código aberto, como a gratuidade e a versatilidade de alterações no código quando necessário. Dessa forma, foi possível não apenas restaurar o acesso aos conteúdos, mas também garantir uma alta fidelidade à experiência original do usuário, preservando a autenticidade da visualização dos materiais.

De maneira semelhante, Cavalcante e Souza (2025) abordam o desafio da preservação dos RED em seu trabalho, focado na recuperação do acervo do repositório Athena. A descontinuidade do *Flash* tornou 150 dos 312 recursos do repositório

¹⁰ Disponível em: <https://conifer.rhizome.org/>. Acesso em 23 jul. 2025

¹¹ Disponível em: <https://github.com/webrecorder/pywb/>. Acesso em 23 jul. 2025

mencionado, inoperacionais, motivando a busca por uma solução prática que permitisse a reintegração desses materiais às práticas docentes.

A abordagem proposta pelos pesquisadores se concentra em um método de **tradução** e **transpilação**, com o objetivo de converter os arquivos .SWF originais em pacotes executáveis. A solução utiliza o *Node.js*¹², um ambiente de execução *JavaScript* de código aberto e multiplataforma que permite aos desenvolvedores criar servidores, aplicativos *web*, ferramentas de linha de comando e *scripts*. o *framework Electron*¹³, usado para a construção de aplicações desktop usando *JavaScript*, HTML e CSS, e a biblioteca *swf2js*¹⁴, que tem como objetivo converter os elementos dos arquivos .SWF em código *JavaScript*, para traduzir o conteúdo *Flash* em HTML5 e *JavaScript*, preservando animações e interatividades.

Um dos pontos importantes da pesquisa reside no uso do *Electron* para empacotar o resultado da conversão dos arquivos em um arquivo executável (.exe), que pode ser utilizado em computadores de forma online e offline, sem a necessidade de navegadores ou plugins específicos. Essa abordagem mantém a característica de funcionamento offline de muitos desses recursos educacionais.

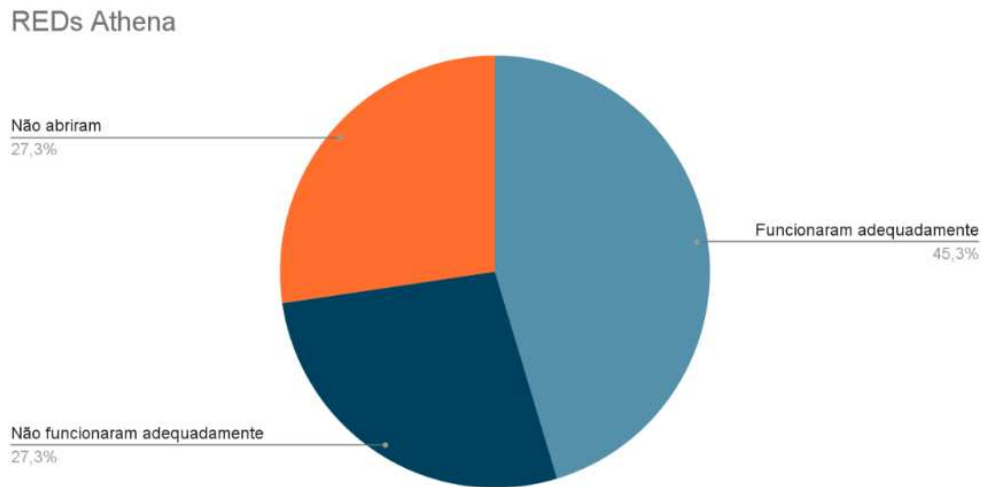
Ao aplicar o método aos 150 RED do repositório Athena, utilizando um emulador que incorporou o método desenvolvido pelos autores, os resultados evidenciaram tanto o potencial quanto as limitações da técnica. Um total de 68 recursos (45,3%) foram reintegrados com sucesso, funcionando de maneira adequada após a conversão. No entanto, 82 dos recursos (54,7%) não funcionaram como esperado, com alguns dos recursos não iniciando a execução, outros com problemas de funcionalidades, conforme apresentado no Gráfico 2.

¹² Disponível em: <https://nodejs.org/pt/about/>. Acesso em 9 ago. 2025

¹³ Disponível em: <https://www.electronjs.org/>. Acesso em 9 ago. 2025

¹⁴ Disponível em: <https://swf2js.com/en/>. Acesso em 9 ago. 2025

Gráfico 2 - Arquivos SWF do Repositório Athena testados com o método



Fonte: Cavalcante e Souza (2025, p 17).

Essa fragilidade identificada se deve a incompatibilidade da biblioteca *swf2js* com a linguagem *ActionScript 3.0*, versão utilizada nos recursos com interações mais complexas. Além disso, o método resultou em um aumento considerável do tamanho dos arquivos, passando de uma média de 300Kb para cerca de 200Mb. O trabalho de Cavalcante e Souza (2025) contribui ao apresentar um guia detalhado para a conversão de arquivos *Flash* em um formato distribuível e de fácil utilização para o público final (docentes), ao mesmo tempo que reforça a dificuldade técnica de se preservar conteúdos em *Flash*, especialmente os mais complexos e interativos.

A análise dos trabalhos relacionados evidencia que, embora existam diferentes abordagens para a preservação de conteúdo em *Flash*, persistem desafios técnicos significativos, especialmente com recursos que utilizam *ActionScript 3.0*. Diante desse cenário, torna-se essencial detalhar o método empregado nesta pesquisa para avaliar a abordagem via emulação com o *Ruffle*. O capítulo a seguir apresenta a metodologia adotada, descrevendo o tipo de pesquisa, a configuração dos ambientes e os recursos selecionados para a análise.

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada nesta pesquisa, detalhando os métodos científicos utilizados para abordar a questão principal do estudo. Serão discutidos aspectos como a natureza da pesquisa, seus objetivos, bem como sua forma de validação através do uso da metodologia de teste de software baseada na norma ISO/IEC/IEEE 29119-2 (ISO/IEC/IEEE, 2021). Esta norma define um modelo de processo genérico para teste de software, que pode ser usado em qualquer ciclo de vida de desenvolvimento de software (SDLC). Além disso, serão descritas as tecnologias empregadas e os procedimentos realizados durante os testes.

4.1 Tipo de pesquisa

A metodologia adotada para este estudo é fundamentada nas diretrizes de Prodanov e Freitas (2013), estruturada de forma sistemática para alcançar os objetivos propostos e responder à questão de pesquisa. A pesquisa é de natureza aplicada, pois busca solucionar um problema prático relacionado à preservação e execução de RED em formato *Flash*, visando a sua continuidade de uso. Além disso, é do tipo exploratória, devido à falta de estudos que apresentam resultados voltados à usabilidade do emulador *Ruffle*, o que exige uma investigação para identificar suas capacidades, limitações e possíveis melhorias no contexto da preservação digital. Além disso, apresenta características de pesquisa experimental, uma vez que envolve a realização de testes práticos em diferentes ambientes computacionais para avaliar a compatibilidade e eficácia do *Ruffle*. O método utilizado é o hipotético-dedutivo, já que parte da pergunta de se é possível utilizar um emulador, como o *Ruffle*, para substituir o *Flash Player* na execução de arquivos *Flash* interativos, preservando sua funcionalidade e integridade técnica. A abordagem é qualitativa, pois prioriza a descrição dos comportamentos observados durante os testes e a análise dos dados coletados em termos de funcionalidade, desempenho e eficiência.

4.2 Metodologia para os Testes

A abordagem segue as diretrizes baseadas na norma ISO/IEC/IEEE 29119-2:2021. Esta norma internacional, desenvolvida conjuntamente *pela ISO (International*

Organization for Standardization), IEC (International Electrotechnical Commission) e IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) (ISO/IEC/IEEE, 2021), foi criada para fornecer um *framework* consolidado e abrangente para os processos de teste de software. Essa abordagem baseada em processos e orientada a riscos organiza os testes em três níveis principais: **processos organizacionais**, **processos de gerenciamento de teste** e **processos dinâmicos de teste**, cobrindo desde o planejamento até a execução prática e o relato de incidentes.

Para esta pesquisa, esta norma é particularmente útil, pois define um modelo de processo genérico e adaptável para o teste de software, aplicável a qualquer ciclo de vida de desenvolvimento (SDLC) e a diversos tipos de projeto. Desta forma serão descritas as tecnologias empregadas e os sete procedimentos para a realização dos testes feitos de acordo com as especificações da norma e adaptados para uma melhor organização do trabalho. A figura 6 ilustra quais as etapas necessárias da metodologia.

Figura 6 - Etapas da metodologia para os testes

Metodologia de Testes



Fonte: Elaborada pelo autor.

A primeira etapa consiste no planejamento de testes. Nela é realizada a definição das metas do teste, com foco na avaliação do desempenho do emulador ao executar os arquivos *Flash*. As metas incluíram a análise da capacidade do emulador de preservar aspectos essenciais dos arquivos *Flash*, como a fluidez das animações, a interatividade e o uso eficiente de recursos. Durante esta fase, foram identificados os

principais riscos relacionados ao desempenho, como a possível perda de fluidez nas animações, falhas nas interações ou problemas de compatibilidade com diferentes sistemas operacionais e navegadores.

Já a segunda etapa foca no *design* e implementação de casos de teste. Nela foram desenvolvidos os casos de teste para avaliar a execução das funcionalidades principais dos arquivos *Flash* e medir o impacto no desempenho. A seleção dos recursos foi feita com foco na diversidade de funcionalidades, englobando arquivos com animações interativas, para testar a fluidez das animações e o uso de recursos durante sua execução e arquivos que demandam interação do usuário, como cliques, arrastar e soltar ou preenchimento de respostas, para avaliar o impacto no tempo de resposta e na capacidade de interação sem perda de desempenho.

Na terceira etapa da metodologia, procedeu-se com a Configuração do Ambiente de Teste. Foram estabelecidos múltiplos ambientes operacionais com o auxílio do software de virtualização VirtualBox, permitindo a simulação dos sistemas Windows e Linux, além dos navegadores Chrome, Edge e Mozilla Firefox. É importante ressaltar que, embora o *Ruffle* também ofereça suporte para macOS e Safari, optou-se por não os incluir neste estudo. Essa escolha estratégica visa alinhar a pesquisa ao cenário tecnológico mais realista das escolas, especialmente as da rede pública, onde a presença de dispositivos Apple é menos comum. Dessa forma, a análise se concentra nos sistemas e navegadores mais propensos a serem utilizados por professores e alunos no dia a dia.

A quarta etapa consiste na seleção dos RED em *Flash* a serem testados: No caso deste trabalho os RED selecionados, em formato *Flash*, foram extraídos do repositório Athena. A escolha foi baseada na variedade de formatos disponíveis, incluindo animações, simulações, jogos educacionais e atividades interativas, com o objetivo de cobrir diferentes níveis de complexidade e funcionalidades típicas desses recursos, e também de versões diferentes do *ActionScript*. Além disso, pelo fato do autor deste trabalho fazer parte do grupo PROATIVA, resolveu-se priorizar recursos desenvolvidos pelo mesmo, já que dos dez recursos selecionados, sete são de autoria do grupo.

A execução dos testes compreende a quinta etapa. Foram utilizadas a execução dos testes nas máquinas virtuais configuradas, na etapa 3 deste processo, realizados pelo autor deste trabalho. Durante a execução será monitorada a fluidez das animações, uso de CPU e memória, e tempo de resposta às interações, sendo

registrados os problemas encontrados, como travamentos, aumento excessivo do uso de recursos ou falhas nas animações e interatividade.

A sexta etapa corresponde à comunicação de incidentes. Nela, após a execução dos testes, analisou-se os dados para identificar as principais limitações de desempenho do emulador e suas implicações para a preservação dos RED. A análise inclui a comparação dos resultados com os critérios de desempenho definidos no planejamento e a identificação de quaisquer problemas críticos.

Por fim, a sétima etapa corresponde às atividades de encerramento. Após a execução e a avaliação dos testes, foi realizada a fase final do processo de teste, que envolve o encerramento do processo de testes e a documentação dos resultados. A documentação final incluiu: Relatório detalhado com todos os resultados dos testes, observações e conclusões e lista dos problemas identificados, com análise das causas e possíveis soluções.

4.3 Coleta de Dados

Para assegurar a coleta sistemática e padronizada dos dados durante a fase de execução dos testes dos RED foram utilizadas fichas de teste. Estas fichas, cujo modelo base foi desenvolvido com o auxílio da inteligência artificial Gemini 2.5 Pro¹⁵, foram adaptadas para os propósitos específicos desta pesquisa. Tais fichas foram estruturadas para capturar informações detalhadas e essenciais de cada sessão de teste. Essa abordagem visou garantir a consistência na coleta de dados e facilitar a posterior análise comparativa e a comunicação de incidentes, alinhando-se com as boas práticas de documentação de teste.

Cada Ficha de teste foi estruturada em quatro seções principais: A primeira trata da Identificação do RED, incluindo nome do recurso, link no repositório Athena, breve descrição do conteúdo e a versão do *ActionScript* (AS1/AS2 ou AS3).

A segunda seção refere-se ao ambiente de teste, registrando dados como data do teste, nome do testador, sistema operacional e sua versão, navegador (se aplicável) e sua versão, versão do *Ruffle* utilizada e o método de execução (aplicativo desktop ou extensão de navegador).

¹⁵ Disponível em: <https://gemini.google.com/>. Acesso em 20 jun. 2025

A terceira seção apresenta os Resultados da Execução com *Ruffle*, subdividida em três partes: Carregamento, que avalia se o RED carregou completamente, parcialmente ou não, com tempo estimado de carregamento e observações; Avaliação de Funcionalidades, que analisa fluidez e completude das animações, responsividade e precisão na interação e áudio; Desempenho, que registra percepções sobre uso de CPU e memória (baixo, médio ou alto), estabilidade da emulação e eventuais problemas como lentidão ou travamentos.

Por fim, a quarta seção aborda a comunicação de incidentes e conclusões, consolidando a avaliação geral de compatibilidade (total, alta, média ou baixa), descrição de incidentes observados, impacto na usabilidade, conclusão preliminar sobre o sucesso da emulação e espaço para sugestões de melhoria.

4.4 Ambiente de testes

A diversidade de ambientes de teste foi um componente chave desta pesquisa para avaliar a robustez do *Ruffle*. Para viabilizar a execução do aplicativo *Ruffle Desktop* em diferentes sistemas operacionais, mantendo a consistência do hardware base, optou-se pelo uso do software de virtualização Oracle VM VirtualBox¹⁶. O VirtualBox é uma ferramenta de código aberto que permite a criação, gerenciamento e execução de múltiplas máquinas virtuais (VM) em um único computador físico.

Cada VM opera como um computador independente com seu próprio sistema operacional convidado, isolado do sistema operacional hospedeiro e de outras VM. Esta capacidade foi essencial para simular os ambientes operacionais necessários para os testes. Os seguintes sistemas operacionais foram configurados como VM no VirtualBox para os testes com o *Ruffle Desktop* (versão 0.1.0 *nightly*): **Ubuntu:** Versão 24.04 LTS, representando um ambiente Linux desktop popular. **Windows 11 Pro:** Versão 24H2, representando o ambiente mais atual do Windows.

Adicionalmente, o sistema operacional hospedeiro, utilizado para os testes com as extensões de navegador (*Ruffle* 0.1.0 *nightly* para Chrome e Edge; *Ruffle* 0.1.0.1568 para Firefox) foi o Windows 11 Pro (Versão 24H2). O uso do VirtualBox, portanto, expandiu o escopo de teste, permitindo uma análise comparativa do seu comportamento em diferentes plataformas de sistema operacional.

¹⁶ Disponível em: <https://www.virtualbox.org/>. Acesso em 3 mar. 2025

4.5 Recursos selecionados

A lista dos RED do Athena para a realização dos testes inclui cinco recursos de Matemática e cinco de Língua Portuguesa, buscando abranger diferentes funcionalidades, desde animações simples a interatividades mais complexas, além de buscar conteúdos desenvolvidos em diferentes versões do *ActionScript* (AS1/AS2 e AS3). Todos os dez recursos *Flash* estão em formato *.SWF*. Abaixo está o Quadro 2 com os nomes, área e o formato *ActionScript* de cada recurso escolhido:

Quadro 2 - RED do repositório Athena selecionados

Disciplina	Nome do RED	Versão de ActionScript
Matemática	Eh o Bicho	AS1/AS2
Matemática	Feira dos Pesos	AS1/AS2
Matemática	Números Múltiplos	AS1/AS2
Matemática	Atividades Interativas	AS1/AS2
Matemática	Quadrado Mágico	AS1/AS2
Língua Portuguesa	Histórias Fantásticas	AS3
Língua Portuguesa	Escrevendo histórias	AS3
Língua Portuguesa	Fábulas	AS3
Língua Portuguesa	Vanguardas	AS1/AS2
Língua Portuguesa	Por Uma Vírgula	AS1/AS2

Fonte: elaborado pelo autor.

Uma vez definida a metodologia de testes, com os ambientes configurados e os dez RED do acervo Athena selecionados, o estudo avançou para a fase de execução e coleta sistemática de dados. O capítulo seguinte apresenta e analisa os resultados obtidos em cada um dos cenários, detalhando a compatibilidade, o desempenho e os incidentes observados durante a emulação dos RED com o *Ruffle*.

5 RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados consolidados dos testes de emulação dos dez Recursos Educacionais Digitais (RED) com o emulador *Ruffle*, realizados nos cinco ambientes distintos a saber: extensões de navegador para Chrome, Firefox e Edge em Windows 11; e o aplicativo *Ruffle Desktop* em Windows 11 e Ubuntu 24.04. Os dados foram extraídos das fichas de teste e do relatório final de incidentes. O Quadro 3 mostra os dados gerais dos resultados de todas as 50 fichas de testes, contendo nome dos recursos, versão do *ActionScript* e como foi sua atuação.

A classificação de cada recurso, em cada ambiente, foi definida a partir dos seguintes critérios: **Totalmente compatibilidade (cor verde)** foi atribuída aos RED que foram executados perfeitamente, sem a observação de qualquer falha visual, funcional ou de desempenho que comprometesse a experiência de uso. **Alta compatibilidade (cor amarelo)** são os recursos que funcionaram de maneira adequada, permitindo a conclusão de suas atividades principais, mas que apresentaram problemas menores. Estes incluem *bugs* visuais que não afetam a usabilidade (como textos ou legendas desalinhadas) ou falhas funcionais específicas e não críticas para a emulação. **Média compatibilidade (cor laranja)** é a classificação usada quando a emulação se mostrou parcial. O recurso iniciou, mas apresentou falhas em funcionalidades importantes que dificultaram ou impediram a conclusão de tarefas centrais, impactando significativamente a experiência do usuário. Por fim a classificação de **baixa compatibilidade (cor vermelho)** foi reservada para os RED que apresentaram falhas críticas, como instabilidade constante, lentidão excessiva, travamentos que exigiram o reinício do emulador, ou que não iniciaram corretamente, tornando-os efetivamente inutilizáveis no ambiente testado.

Quadro 3 - Nível de compatibilidade geral dos RED por Ambiente

Nível de Compatibilidade Geral dos RED por Ambiente de Teste						
NOME DO RED	VER. AS	CHROME (EXT. WIN)	FIREFOX (EXT. WIN)	EDGE (EXT. WIN)	DESKTOP (WIN)	DESKTOP (UBUNTU)
Eh o Bicho - Matemática	AS1/AS2	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Feira dos Pesos - Matemática	AS1/AS2	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Números Múltiplos - Matemática	AS1/AS2	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Atividades Interativas - Matemática	AS1/AS2	Total	Total	Total	Total	Total
Quadrado Mágico - Matemática	AS1/AS2	Total	Total	Total	Total	Total
Histórias Fantásticas - Português	AS3	Alta	Alta	Alta	Alta	Média
Escrevendo histórias - Português	AS3	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Fábulas - Português	AS3	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Vanguardas - Português	AS1/AS2	Total	Total	Total	Total	Total
Por Uma Vírgula - Português	AS1/AS2	Total	Total	Total	Total	Total

Fonte: elaborado pelo autor.

5.1 Análise Geral de Compatibilidade

A análise dos testes realizados com o emulador *Ruffle* em diferentes sistemas operacionais e navegadores, fornece um panorama das capacidades e limitações atuais do emulador. Além disso, a avaliação dos dez RED selecionados, os quais abrangem conteúdos de Matemática e Língua Portuguesa com diferentes versões de *ActionScript* (AS1/AS2 e AS3) e múltiplas funcionalidades, indicou um cenário promissor de compatibilidade, embora com nuances relevantes que merecem ser discutidas, como por exemplo, o *Ruffle* demonstrou ser uma ferramenta com potencial considerável para a execução da maioria dos RED testados. Essa capacidade de renderizar animações, processar interatividades básicas, como cliques, *input* com números ou texto, arrastar e soltar e até mesmo executar funcionalidades mais complexas como o salvamento de arquivos de imagem, é um indicativo positivo para a preservação digital desses materiais.

De modo geral, os RED construídos com *ActionScript* 1.0 e 2.0 (AS1/AS2) apresentaram desempenho mais estável em comparação aos desenvolvidos em *ActionScript* 3.0 (AS3), embora haja exceções. O RED “Números Múltiplos”, por exemplo, mesmo sendo baseado em AS1/AS2, demonstrou desempenho consistentemente ruim em todos os ambientes, apresentando lentidão, animações com fluidez ruim, travamentos e, em alguns casos, exigindo o reinício completo do emulador, classificado esse problema na categoria de "dificulta o uso". Esse comportamento mostra uma incompatibilidade entre o código do recurso e a lógica de emulação atualmente implementada no *Ruffle*.

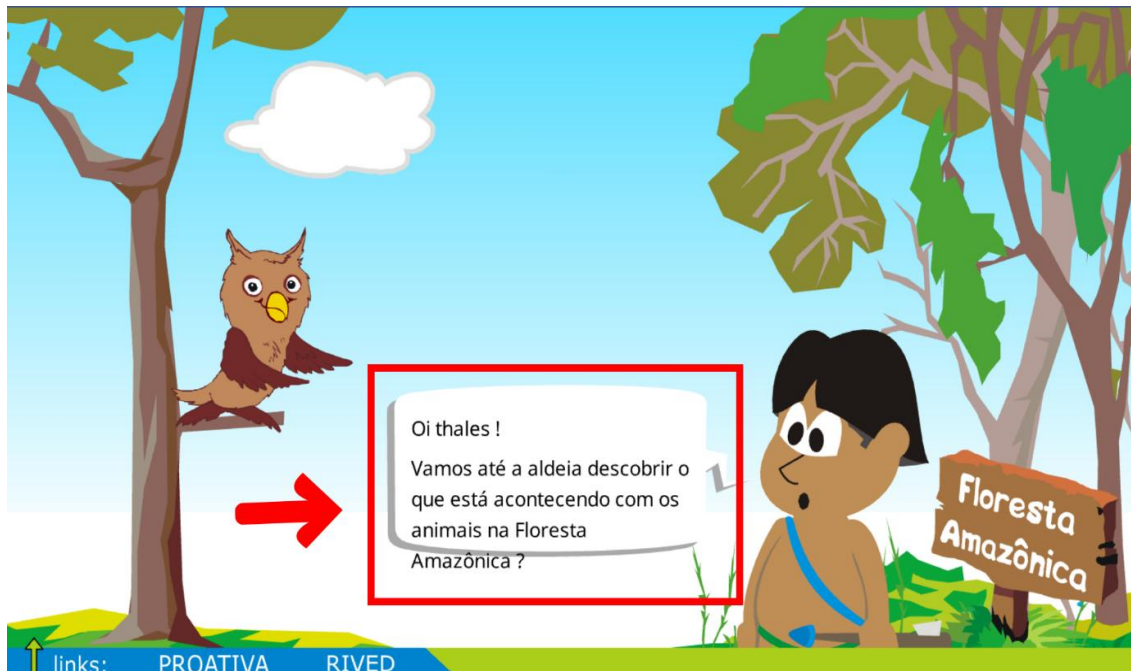
Os demais problemas observados nos recursos baseados em AS1/AS2 não demonstraram prejudicar a emulação, sendo considerados apenas *bugs* visuais, que são problemas na interface gráfica do usuário como texto ou botões desalinhados, imagens sobrepostas etc. Isso pode ser visto no RED de matemática “Eh o Bicho” (Figura 7 e Figura 8) e “Feira dos Pesos” (Figura 9), que demonstraram algumas legendas desalinhadas e também em algumas caixas de texto com a fonte espremida.

Figura 7 - Recurso “Eh o Bicho” emulado no Windows



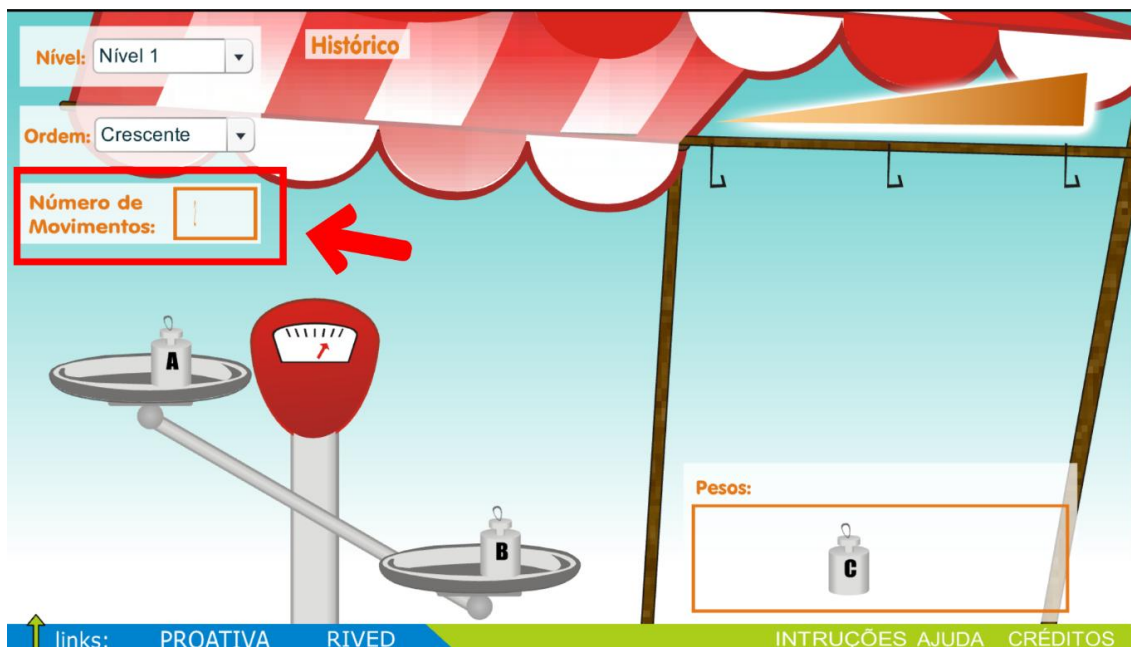
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 8 - Recurso “Eh o Bicho” emulado no Edge



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 9 - Recurso “Feira dos Pesos” emulado no Firefox



Fonte: elaborada pelo autor.

Nos RED desenvolvidos em AS3, por terem uma maior complexidade funcional, foi observada a presença de incidentes mais variados. Um *bug* de travamento foi identificado no recurso “Escrevendo histórias” onde caso fosse seguida a sequência

"iniciar jogo > voltar menu inicial > iniciar jogo", o recurso travava de forma que não se era mais possível interagir com mais nenhuma outra opção, além da tela ficar presa no menu inicial, sendo necessário reiniciar o emulador para destravar. Isso se manifestou consistentemente em todos os seis ambientes testados. Este tipo de erro evidencia fragilidades na emulação de lógica interativa mais avançada, comum em AS3, já que a linguagem ainda não possui suporte completo para a emulação (*Ruffle*, 2025).

Além disso, funcionalidades específicas, como botões para ações, falharam consistentemente nas extensões de navegador (Chrome, Firefox e Edge), porém o aplicativo *Ruffle Desktop* para Windows pareceu contornar algumas dessas falhas de botões, mostrando uma possível diferença na forma como o *Ruffle* interage com o sistema para esses botões específicos no ambiente desktop.

A análise geral forneceu um panorama sobre as capacidades e limitações do emulador *Ruffle*, destacando as diferenças de desempenho entre os recursos baseados em AS1/AS2 e AS3. Para um aprofundamento desses achados, as subseções seguintes apresentam uma discussão detalhada dos resultados específicos em cada um dos ambientes de teste, começando pela avaliação no sistema operacional Windows.

5.2 Desktop Windows

No *Ruffle Desktop Windows*, o desempenho visto durante os testes foi o mais estável, com boa taxa de compatibilidade e consumo de memória e CPU consistentemente baixo, se comparado aos demais ambientes. Dos dez recursos analisados, 5 tiveram compatibilidade alta, tendo apenas pequenos problemas que não prejudicam durante a emulação como os RED "Eh o Bicho" e "Feira dos Pesos" que exibiram pequenos problemas visuais como o texto espremido no contador de tentativas ou nas legendas, que não impactaram significativamente o teste.

Além disso, o recurso "Escrevendo Histórias" apresentou o erro específico de travamento o qual era acionado pela sequência de navegação "iniciar > voltar > iniciar". Quatro RED apresentaram compatibilidade total, que são os recursos em AS1/AS2 "Atividades Interativas - Matemática", "Quadrado Mágico - Matemática", "Vanguardas - Português" e "Por Uma Vírgula - Português", que foram executados perfeitamente, sem apresentar qualquer problema funcional ou de desempenho, e

apenas o RED “Números Múltiplos” que apresentou instabilidade e travamentos durante todo o período do teste, conforme apresentado na Quadro 4.

Quadro 4 - Resultados detalhados no Windows

Ambiente: Ruffle Desktop (Windows)

NOME DO RED	VER. AS	COMPATIBILIDADE	PRINCIPAIS PROBLEMAS / INCIDENTES
Eh o Bicho	AS1/AS2	Alta	Problema visual diferente dos browsers: números espremidos.
Feira dos Pesos	AS1/AS2	Alta	Bug visual no contador de tentativas.
Números Múltiplos	AS1/AS2	Baixa	Instável, lento, travou na primeira tentativa exigindo reinício do Ruffle.
Atividades Interativas	AS1/AS2	Total	Nenhum problema aparente.
Quadrado Mágico	AS1/AS2	Total	Nenhum problema aparente.
Histórias Fantásticas	AS3	Alta	Nenhum problema aparente (botões "imprimir/terminar" não reportados como falha).
Escrevendo historias	AS3	Alta	Bug de travamento (iniciar>voltar>iniciar). Botões não reportados como falha.
Fábulas	AS3	Alta	Botão "imprimir" não funciona.
Vanguardas	AS1/AS2	Total	Nenhum problema aparente.
Por Uma Vírgula	AS1/AS2	Total	Nenhum problema aparente.

Fonte: elaborado pelo autor

5.3 Desktop Ubuntu

No Ubuntu, de maneira geral, a maioria dos RED demonstrou boa compatibilidade (Quadro 5). Os recursos em AS1/AS2 "Atividades Interativas - Matemática", "Quadrado Mágico - Matemática", "Vanguardas - Português" e "Por Uma Vírgula - Português", foram executados perfeitamente, sem apresentar qualquer problema funcional ou de desempenho.

Similarmente ao Windows, os RED "Eh o Bicho" e "Feira dos Pesos" funcionaram bem, exibindo apenas os mesmos pequenos problemas visuais já observados em outros ambientes, como o texto espremido no contador de tentativas ou nas legendas, e também o RED “Escrevendo Histórias” que apresentou o mesmo erro específico de travamento. O RED "Números Múltiplos - Matemática" (AS1/AS2) manteve seu padrão de baixa compatibilidade também no Ubuntu.

O incidente mais significativo e exclusivo do ambiente Ubuntu ocorreu com o RED "Histórias Fantásticas" (AS3). Embora as funcionalidades básicas e o salvamento de imagem tenham funcionado, foi identificado um *bug* crítico que não ocorreu nos testes em Windows. Ao tentar utilizar as ferramentas de formas geométricas na área de desenho livre, o cursor do mouse sofria uma alteração e travava, tornando impossível continuar a desenhar ou interagir com as ferramentas e exigindo reinício do emulador.

Quadro 5 - Resultados detalhados no Linux Ubuntu.

Ambiente: Ruffle Desktop (Ubuntu)

NOME DO RED	VER. AS	COMPATIBILIDADE	PRINCIPAIS PROBLEMAS / INCIDENTES
Eh o Bicho	AS1/AS2	Alta	Problemas visuais com legendas, mas menos pronunciado que nos browsers.
Feira dos Pesos	AS1/AS2	Alta	Bug visual no contador de tentativas.
Números Múltiplos	AS1/AS2	Baixa	Instável, lento, animações ruins e travamentos.
Atividades Interativas	AS1/AS2	Total	Nenhum problema aparente.
Quadrado Mágico	AS1/AS2	Total	Nenhum problema aparente.
Histórias Fantásticas	AS3	Média	Bug crítico: uso de formas geométricas no desenho trava o cursor, impedindo o uso.
Escrevendo historias	AS3	Alta	Bug de travamento (iniciar>voltar>iniciar); lentidão momentânea nas animações.
Fábulas	AS3	Alta	Botão "imprimir" não funciona.
Vanguardas	AS1/AS2	Total	Nenhum problema aparente.
Por Uma Vírgula	AS1/AS2	Total	Nenhum problema aparente.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.4 Extensões de Navegadores

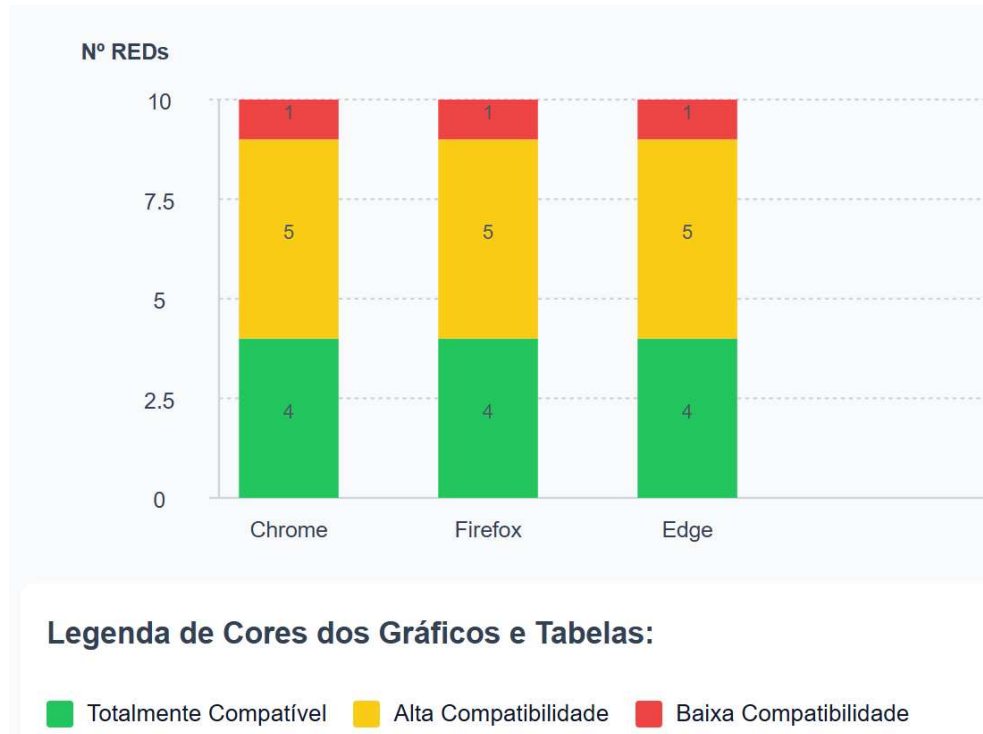
Entre as extensões dos navegadores, a consistência foi maior. Os resultados demonstraram um alto grau de consistência no comportamento da emulação entre os três navegadores (Chrome, Edge e Firefox). A maioria dos dez RED testados apresentou compatibilidade alta ou total, com as funcionalidades essenciais, como animações e interatividades básicas de clique, arrastar e soltar e preenchimento operando sem muitos problemas. No entanto, alguns problemas foram

consistentemente replicados nos três navegadores, indicando que são inerentes à emulação do *Ruffle* via extensão, independentemente do navegador específico e do SO, já que os mesmos problemas visuais de *layout*, como as legendas fora do lugar, foram vistos nos demais testes. Junto desses problemas, o RED “Números Múltiplos - Matemática” apresentou o mesmo desempenho, com lentidão, instabilidade e travamentos em todos os três, sendo classificado com compatibilidade “Baixa” em todos os ambientes testados. Da mesma forma, o *bug* de travamento no RED “Escrevendo histórias”, acionado pela sequência de navegação “iniciar>voltar> iniciar”, foi observado em todos os navegadores.

Para os RED desenvolvidos em AS3, uma limitação funcional recorrente foi a inoperância dos botões “imprimir” e “terminar” nos recursos “Histórias Fantásticas”, “Escrevendo Histórias” e “Fábulas”. Essa falha, presente nos três navegadores, sugere que a API do *Flash*, para essas ações específicas, ainda não está totalmente implementada ou funcional na versão de extensão do *Ruffle*. Apesar disso, funcionalidades complexas como o desenho em tela e o salvamento de trabalhos em arquivos de imagem, funcionaram perfeitamente.

A única variação notável entre os navegadores foi a percepção do uso de memória. Enquanto o Chrome e o Edge foram consistentemente reportados com uso baixo de memória para a maioria dos RED, o Mozilla Firefox foi frequentemente classificado com uso médio, especialmente para os recursos em AS3. Porém, essa diferença, possivelmente ligada à arquitetura do Firefox ou à versão específica da extensão *Ruffle* utilizada, não se traduziu em falhas funcionais ou de estabilidade adicionais em comparação com os outros navegadores. O Gráfico 3 ilustra o nível de compatibilidade do *Ruffle* entre os navegadores

Gráfico 3 - Resultados detalhados nos três navegadores



Fonte: elaborado pelo autor.

A apresentação detalhada dos resultados nos múltiplos ambientes de teste, fornece uma base sólida sobre o desempenho do emulador *Ruffle*. Com base nesses dados, a seção final deste trabalho se dedica a interpretar o significado desses achados em relação aos objetivos propostos, tecendo as considerações finais sobre a viabilidade da ferramenta para a preservação de acervos como o do repositório Athena, e sugerindo caminhos para trabalhos futuros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Esta seção apresenta as considerações finais do trabalho, sintetizando os resultados obtidos em resposta à questão central sobre como o emulador *Ruffle* pode ser utilizado para a preservação de RED em *Flash*. Os três objetivos específicos traçados para esta pesquisa foram plenamente alcançados. Primeiramente, a análise de diferentes cenários de emulação foi executada por meio de testes que abrangeram o aplicativo *Ruffle Desktop* em dois sistemas operacionais distintos: Windows 11, Ubuntu 24.04; e as extensões para os navegadores Chrome, Firefox e Edge. A partir desses cenários, foi possível avaliar o uso de 10 RED em *Flash* do repositório Athena, examinando sistematicamente a execução de seus conteúdos de Matemática e Língua Portuguesa. Por fim, a comparação dos resultados entre os diferentes cenários testados, consolidada na Seção 4, permitiu identificar e discutir as variações de compatibilidade e desempenho, oferecendo um panorama claro sobre as capacidades e limitações atuais da ferramenta.

A capacidade de executar RED baseados em AS3 é um indicativo promissor da maturidade da plataforma. Contudo, a presença de falhas críticas em funcionalidades, lentidão nas animações e problemas visuais evidenciam que a compatibilidade plena ainda não foi alcançada. Os resultados consolidados mostraram que, dos 50 testes, 40% (20) dos testes tiveram compatibilidade total, 48% (24) compatibilidade alta, 2% (1) compatibilidade média e 10% (5) baixa compatibilidade. Do ponto de vista da preservação digital, isso implica na necessidade de testes contínuos e no aprimoramento do emulador para garantir que recursos, em formato *Flash*, relevantes não se tornem obsoletos por limitações técnicas da emulação.

Para o contexto do repositório Athena e outros acervos de RED em *Flash*, os resultados deste estudo sugerem que o *Ruffle* pode, de fato, ser uma ferramenta valiosa para estender a vida útil de muitos recursos em *Flash*. Contudo, a implementação de uma estratégia de preservação baseada no *Ruffle* deve ser acompanhada de um processo de validação individualizado para cada RED e, idealmente, para cada ambiente de acesso principal previsto para os usuários. Não se pode presumir compatibilidade total com base apenas na disponibilidade do emulador. Este trabalho possui limitações inerentes, como o conjunto específico de dez RED que, embora variado, não cobre todas as possibilidades de conteúdo *Flash*, as versões específicas do *Ruffle* e dos sistemas operacionais testados, além da natureza da

avaliação de desempenho percebido. Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a expansão do conjunto de RED testados para incluir uma gama ainda maior de complexidades, a construção de um guia para uso do *Ruffle* para professores e alunos, além de testes de usabilidade, tanto com professores quanto com alunos, para avaliar não apenas a funcionalidade técnica, mas também a qualidade da experiência de interação com os RED emulados. Além disso, se torna necessário a criação de um guia/tutorial geral que mostre todo o processo para a emulação dos recursos do Athena no *Ruffle*, desde o *download* e instalação até a execução, visando auxiliar tanto professores quanto alunos.

Em conclusão, o *Ruffle* se mostra uma ferramenta importante para evitar que os conteúdos feitos em *Flash* sejam perdidos com o tempo. Embora o caminho para uma emulação perfeita e universal seja complexo e ainda esteja em curso, os resultados desta pesquisa fornecem um otimismo cauteloso, indicando que uma grande parte dos RED pode ser efetivamente preservada e continuar a servir seu propósito educacional, desde que se reconheçam e se gerenciem as limitações e variações de compatibilidade aqui identificadas.

REFERÊNCIAS

- ADOBE. **Fim da vida útil do Adobe Flash Player**. 2021. Disponível em: <<https://www.adobe.com/br/products/Flashplayer/end-of-life-alternative.html>>. Acesso em: 24 dez 2024.
- ADOBE. **Como usar o ActionScript com o Animate**. 2023. Disponível em: <<https://helpx.adobe.com/br/animate/using/actionscript.html>>. Acessado em: 24 dez 2024.
- AMARAL, E. M. H.; ÁVILA, B.; ZEDNIK, H.; TAROUCO, L. **Laboratório Virtual de Aprendizagem: uma proposta taxonômica**. CINTED: UFRGS, v. 9, n. 2, dez. 2011.
- CASTRO FILHO, J. A.; FREIRE, R. S.; FERNANDES, A. C.; LEITE, M. A. **Quando objetos digitais são efetivamente para aprendizagem: o caso da matemática**. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO–SBIE), v.1, n. 1, p. 583-592, 2008.
- CAVALCANTE, T.P; SOUZA, M.F.C. **Reintegrando os RED em Flash ao Acervo do Repositório Athena e as Práticas Docentes**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal do Ceará. 2024.
- CUNHA, E. N. D. **O Uso de Recursos Educacionais Digitais na Prática Pedagógica de Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Ceará. 2024.
- FLASHPOINT ARCHIVE. **Flashpoint: The Web Game Preservation Project**. 2025. Disponível em: <<https://flashpointarchive.org/>>. Acesso em 20 ago. 2025.
- FREIRE, R. S., HITSCHKY, R. A., FIGUEIREDO, M. V. C., SOUSA, D. C., JÚNIOR, F. G. G., & de CASTRO FILHO, J. A. **Qual é o seu pedido?: Processo de desenvolvimento de um Recurso Educacional Digital (RED) sobre o gênero cardápio**. Revista Tecnologias na Educação, Ano 11, n.31, edição temática XII–IV Congresso sobre Tecnologias na Educação, 2019.
- HITZSCHKY, R. A.; ARRUDA, J. S.; SIQUEIRA, L. M. R. C.; CASTRO-FILHO, J. A. **A utilização de Recursos Educacionais Digitais (RED) de Língua Portuguesa no Ensino Fundamental e a formação docente: a inserção de RED em sala de aula**. Revista Tecnologias na Educação, ano 11, n. 31, edição temática XII - IV Congresso sobre Tecnologias na Educação, 2019.
- ISO/IEC/IEEE. ISO/IEC/IEEE 29119-2 - **Software and systems engineering - Software testing - Part 2: Test process**. 2021. International Organization for Standardization. Genebra. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/79428.html>>. Acesso em: 20 Abr. 2025.
- MAHESHWARI, Yogesh; REDDY, Y. Raghu. **A study on migrating Flash files to HTML5/JavaScript**. In: INNOVATIONS IN SOFTWARE ENGINEERING

CONFERENCE, 10., 2017, New York. Proceedings... New York: Association for Computing Machinery, 2017. p. 112–116. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3021460.3021472>>.

MEDEIROS, N. A. A. de; XAVIER, C. R. S.; MELO, E. M. de; ANDRADE, M. A. A. de; MAIA, D. L. (2018) “**Recursos educativos digitais: uma revisão de literatura em anais de congressos em Informática na Educação**”. In: III Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E).

PEREIRA, V. **Poesia digital brasileira em Flash: da plataforma técnica aos poemas hipermídia**. Signótica, Goiânia, v. 35, p. e73165, 2023. DOI: 10.5216/sig.v35.73165.

PRODANOV, C.C.; DE FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

QUARESMA, C. R. T. **O Portal do Professor como Ferramenta de Autoria Docente**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO NO MERCOSUL, 18., 2016, Cruz Alta. **Anais [...]**. Cruz Alta, RS: UNICRUZ, 2016.

RAMOS, J. L.; TEODORO, V. D.; FERREIRA, F. M. **Recursos educativos digitais: reflexões sobre a prática**. Universidade de Évora: Portugal, 2011. p. 11-34.

ROHIMA, L.; HUTASUHUT, S.; ARWANSAH, A. **Development Of Learning Media Using Adobe Flash Player Software And The Role Of Self Efficacy To Increase Economic Learning Outcomes For Class X Iis Man 1 Padang Lawas**. JUPIIS: JURNAL PENDIDIKAN ILMU-ILMU SOSIAL, v. 13, p. 367, 2021. DOI: <[10.24114/jupiis.v13i2.28943](https://doi.org/10.24114/jupiis.v13i2.28943)>.

RUFFLE. **Sobre o Ruffle**. 2025. Disponível em: <<https://ruffle.rs>>. Acesso em: 9 ago. 2025.

SANTOS, J.D.; NONATO, E. R. S. **O uso de recursos educacionais digitais na rede municipal de ensino de São Francisco do Conde-Bahia: o mapeamento de práticas pedagógicas**. Revista Interdisciplinar em Cultura e Sociedade, v. 1, p. 95-114, 13 dez. 2024. Disponível em: <<https://cajapio.ufma.br/index.php/ricultsociedade/article/view/25394>>. Acesso em: 5 fev. 2025.

SEGATA J.; RIFIOTIS T. **Digitalização e dataficação da vida**. Revista de Ciências Sociais, v. 21, n. 2, p. 186–192, 21 mai. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.15448/1984-7289.2021.2.40987>>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SOUZA, M.F.C.; CASTRO FILHO, J.A.; HITZSCHKY, R.A.; LIMA, C.A.; OLIVEIRA, C.O.S.; GERMANO, F.A.; MOURÃO, J.A.F.; BEZERRA, E.L.C. **Explorando as Potencialidades Pedagógicas e a Portabilidade de Recursos Educacionais Digitais (RED) do Repositório Athena**. In: CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO (CTRL+E), 6. , 2021, Evento Online. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 501-507.

SUDJANA, N. **Media Pengajaran**. Bandung: Sinar Baru Algesindo, 2009.

SUKARIASIH, L. et al. **Development of Interactive Multimedia on Science Learning Based Adobe Flash CS6**. International Journal for Educational and Vocational Studies, v. 1, n. 4, p. 322-329, 2019.

TERUYA, L. **Visualização no Ensino de Química: Apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais**. Rev. Química Nova, v. 36, n.4, 2013. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2943>. Acesso em: 16 mar. 2018.

VEENENDAAL, Remco et al. **Around for decades, gone in a Flash: how we dealt with Flash objects at the National Archives of the Netherlands**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL PRESERVATION, 19., 2023, Champaign-Urbana, IL. Proceedings... Champaign-Urbana: iPRES, 2023.

WARREN, Christina. **A vida, a morte e o renascimento do Adobe Flash**. Mashable, 20 nov. 2012. Disponível em: <<https://mashable.com/archive/history-of-Flash>>. Acesso em: 5 fev. 2025.

WINKIE, Luke. **The Life and Death of the Flash Cartoon**. 2015. Acesso em: 12 jan. 2025. Disponível em: <https://www.vice.com/en_us/article/ppxm3b/the-life-and-death-of-the-Flash-cartoon-456>.

APÊNDICE A – PERGUNTAS DA FICHA DE TESTE

A seguir, será apresentados a estrutura e as perguntas da ficha de teste utilizada para coletar os dados dos testes realizados.

Figura 10 - Ficha de Teste parte 1

Instrumento de Coleta de Dados: Teste de RED em Flash com Ruffle

Ficha de Teste: [Nome do RED] - [Sistema Operacional] - [Navegador/Ruffle]

FICHA DE TESTE DO RECURSO EDUCACIONAL DIGITAL (RED)	
1. Identificação do RED	
Nome do RED:	
ID/Link do RED (Repositório Athena):	
Tipo de Conteúdo/Funcionalidade Principal:	(Ex: Animação interativa, Jogo de arrastar e soltar, Quiz, etc.)
Versão do ActionScript (Estimada/Conhecida):	(Ex: AS1/AS2, AS3, Não identificado)
2. Ambiente de Teste (Conforme Passo 3 da Metodologia)	
Data do Teste:	
Testador(a):	
Sistema Operacional (SO):	(Ex: Windows 10, Ubuntu 22.04, macOS Monterey)
Versão do SO:	
Navegador (se aplicável):	(Ex: Chrome, Firefox, Edge)
Versão do Navegador:	
Versão do Ruffle:	(Ex: Extensão para navegador vX.Y.Z, Aplicativo Desktop vX.Y.Z, Self-hosted nightly-YYYY-MM-DD)
Forma de Execução do Ruffle:	(Ex: Extensão do Navegador, Aplicativo Desktop, Site com Ruffle embutido)

Figura 11 - Ficha de teste parte 2

3. Resultados da Execução com Ruffle	
3.1 Carregamento do RED	
Carregou com Sucesso?	(Sim / Não / Parcialmente)
Tempo de Carregamento (aproximado em segundos):	
Observações sobre o Carregamento (erros, lentidão, etc.):	
3.2 Avaliação de Funcionalidades (conforme casos de teste)	
3.2.1 Animações	
Fluidez das Animações:	(Excelente / Boa / Regular / Ruim / Não Aplicável)
Completeness das Animações (todas funcionam?):	(Sim / Não / Parcialmente / Não Aplicável)
Observações sobre Animações:	
3.2.2 Interatividade (Cliques, Arrastar e Soltar, Preenchimento, etc.)	
Responsividade das Interações:	(Excelente / Boa / Regular / Ruim / Não Aplicável)
Precisão/Funcionamento Esperado das Interações:	(Sim / Não / Parcialmente / Não Aplicável)
Observações sobre Interatividade:	
3.2.3 Áudio	
Reprodução de Áudio:	(Sim / Não / Parcialmente / Não Aplicável)
Qualidade do Áudio:	(Boa / Regular / Ruim / Não Aplicável)
Observações sobre Áudio:	

Figura 12 - Ficha de teste parte 3

3.2.4 Outras Funcionalidades Específicas do RED (descrever se houver):	
Descrição da Funcionalidade Específica:	
Funcionou Corretamente?	(Sim / Não / Parcialmente / Não Aplicável)
Observações sobre Funcionalidade Específica:	
3.3 Desempenho (Observação Qualitativa)	
Uso de CPU Percebido:	(Baixo / Médio / Alto / Excessivo)
Uso de Memória Percebido:	(Baixo / Médio / Alto / Excessivo)
Estabilidade Geral (travamentos, lentidão):	(Estável / Travamentos ocasionais / Travamentos frequentes / Lento)
Observações sobre Desempenho:	
4. Comunicação de Incidentes e Conclusões	
Nível de Compatibilidade Geral do RED com Ruffle neste ambiente:	(Total / Alta / Média / Baixa / Incompatível)
Principais Problemas/Incidentes Encontrados (bugs, glitches, falhas, etc.):	
Impacto dos Problemas na Usabilidade do RED:	(Ex: Impede o uso, Dificulta o uso, Pouco impacto)
Captura de Tela/Link para Vídeo da Evidência (Opcional):	
Conclusão Preliminar sobre a Emulação deste RED neste Ambiente:	
Sugestões para Melhorias (Ruffle ou processo de preservação):	