



ORGANIZADORES

José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva

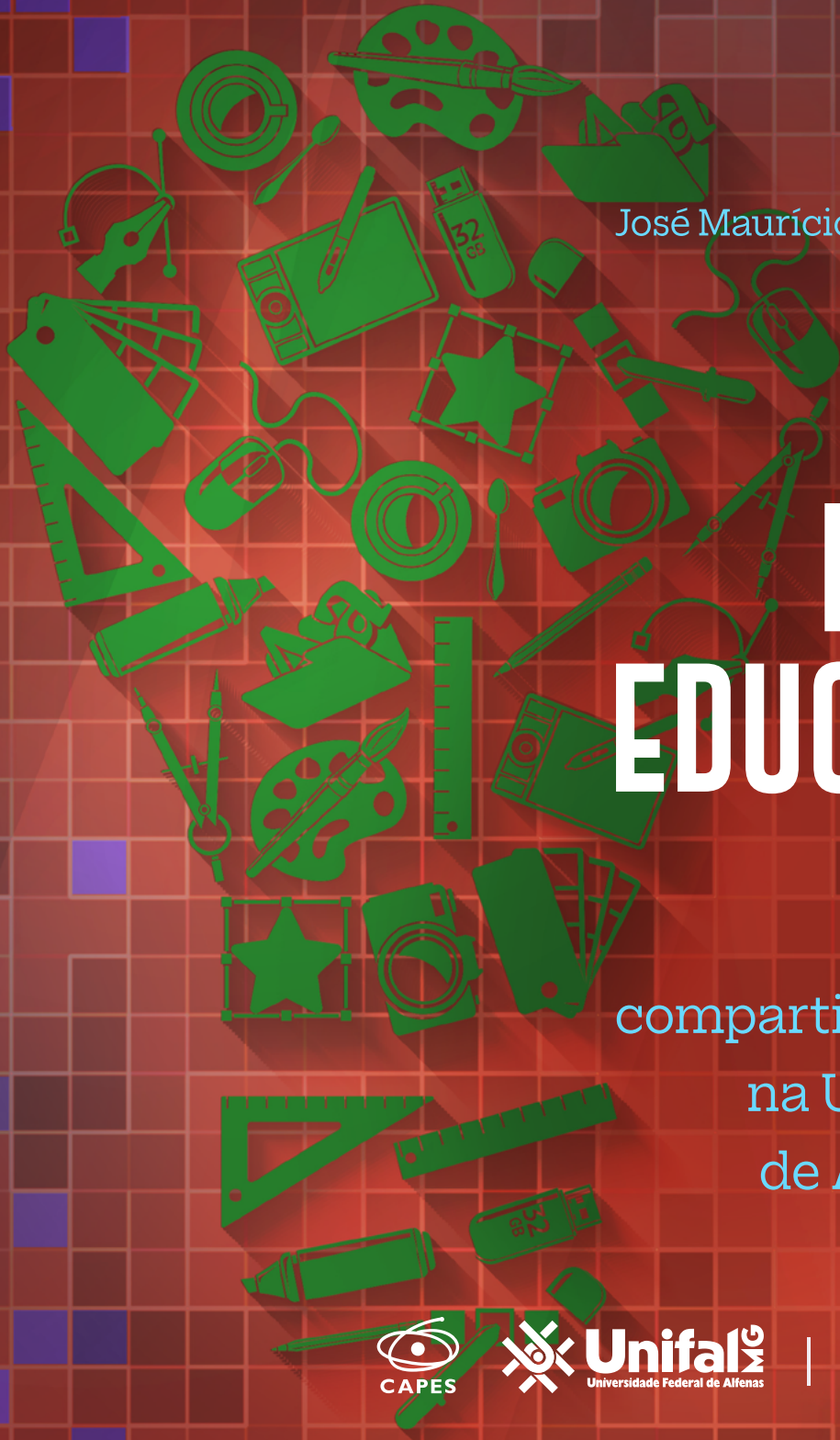
Luiz Eduardo da Silva

Luiz Antonio Staub Mafra

RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS

compartilhando experiências
na Universidade Federal
de Alfenas (UNIFAL-MG)





ORGANIZADORES

José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva

Luiz Eduardo da Silva

Luiz Antonio Staub Mafra

RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS

compartilhando experiências
na Universidade Federal
de Alfenas (UNIFAL-MG)



Unifal
Universidade Federal de Alfenas



SÃO PAULO



2025



pimenta
leitura

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

R311

Recursos Educacionais Abertos: compartilhando experiências na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) / José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva, Luiz Antonio Staub Mafra, Luiz Eduardo da Silva. – São Paulo: Pimenta Cultural, 2025.

Livro em PDF

ISBN 978-85-7221-396-7

DOI 10.31560/pimentacultural/978-85-7221-396-7

1. Ensino-aprendizagem. 2. Recursos educacionais abertos. 3. Metodologias ativas. 4. Jogos didáticos. 5. Pensamento computacional. I. Silva, José Maurício Schneedorf Ferreira da (Org.). II. Mafra, Luiz Antonio Staub (Org.). III. Silva, Luiz Eduardo da (Org.). IV. Título.

CDD 371.3

Índice para catálogo sistemático:

I. Educação – Metodologias ativas

Simone Sales - Bibliotecária - CRB: ES-000814/0

Copyright © Pimenta Cultural, alguns direitos reservados.

Copyright do texto © 2025 os autores e as autoras.

Copyright da edição © 2025 Pimenta Cultural.

Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons:

Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional - (CC BY-NC-ND 4.0).

Os termos desta licença estão disponíveis em:

<<https://creativecommons.org/licenses/>>.

Direitos para esta edição cedidos à Pimenta Cultural.

O conteúdo publicado não representa a posição oficial da Pimenta Cultural.

Direção editorial	Patricia Biegging Raul Inácio Busarello
Editora executiva	Patricia Biegging
Gerente editorial	Landressa Rita Schiefelbein
Assistente editorial	Júlia Marra Torres
Estagiária editorial	Ana Flávia Pivisan Kobata
Diretor de criação	Raul Inácio Busarello
Assistente de arte	Naiara Von Groll
Editoração eletrônica	Andressa Karina Voltolini
Estagiárias em editoração	Raquel de Paula Miranda Stela Tiemi Hashimoto Kanada
Imagens da capa	starline, benzoix, macrovector_official - Freepik. com; baseado em AMI COMUNICAÇÃO LTDA.- ME (Pabline Cota Felix)
Tipografias	Acumin, Elizeth, Gobold
Revisão	Larissa Barbosa Finamore
Organizadores	José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva Luiz Eduardo da Silva Luiz Antonio Staub Mafra

CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

Doutores e Doutoradas

Adilson Cristiano Habowski <i>Universidade La Salle, Brasil</i>	Bernadette Beber <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i>
Adriana Flávia Neu <i>Universidade Federal de Santa Maria, Brasil</i>	Bruna Carolina de Lima Siqueira dos Santos <i>Universidade do Vale do Itajaí, Brasil</i>
Adriana Regina Vettorazzi Schmitt <i>Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil</i>	Bruno Rafael Silva Nogueira Barbosa <i>Universidade Federal da Paraíba, Brasil</i>
Aguimario Pimentel Silva <i>Instituto Federal de Alagoas, Brasil</i>	Caio Cesar Portella Santos <i>Instituto Municipal de Ensino Superior de São Manuel, Brasil</i>
Alaim Passos Bispo <i>Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil</i>	Carla Wanessa do Amaral Caffagni <i>Universidade de São Paulo, Brasil</i>
Alaim Souza Neto <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i>	Carlos Adriano Martins <i>Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil</i>
Alessandra Knoll <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i>	Carlos Jordan Lapa Alves <i>Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil</i>
Alessandra Regina Müller Germani <i>Universidade Federal de Santa Maria, Brasil</i>	Caroline Chioquetta Lorenset <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i>
Aline Corso <i>Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil</i>	Cassia Cordeiro Furtado <i>Universidade Federal do Maranhão, Brasil</i>
Aline Wendpap Nunes de Siqueira <i>Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil</i>	Cássio Michel dos Santos Camargo <i>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil</i>
Ana Rosangela Colares Lavand <i>Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil</i>	Cecilia Machado Henriques <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i>
André Gobbo <i>Universidade Federal da Paraíba, Brasil</i>	Christiano Martino Otero Avila <i>Universidade Federal de Pelotas, Brasil</i>
André Tanus Cesário de Souza <i>Faculdade Anhanguera, Brasil</i>	Cláudia Samuel Kessler <i>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil</i>
Andressa Antunes <i>Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil</i>	Cristiana Barcelos da Silva <i>Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil</i>
Andressa Wiebusch <i>Universidade Federal de Santa Maria, Brasil</i>	Cristiane Silva Fontes <i>Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil</i>
Andreza Regina Lopes da Silva <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i>	Daniela Susana Segre Guertzenstein <i>Universidade de São Paulo, Brasil</i>
Angela Maria Farah <i>Universidade de São Paulo, Brasil</i>	Daniele Cristine Rodrigues <i>Universidade de São Paulo, Brasil</i>
Anísio Batista Pereira <i>Universidade do Estado do Amapá, Brasil</i>	Dayse Centurion da Silva <i>Universidade Anhanguera, Brasil</i>
Antonio Edson Alves da Silva <i>Universidade Estadual do Ceará, Brasil</i>	Dayse Sampaio Lopes Borges <i>Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil</i>
Antonio Henrique Coutelo de Moraes <i>Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil</i>	Deilson do Carmo Trindade <i>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil</i>
Arthur Vianna Ferreira <i>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil</i>	Diego Pizarro <i>Instituto Federal de Brasília, Brasil</i>
Ary Albuquerque Cavalcanti Junior <i>Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil</i>	Dorama de Miranda Carvalho <i>Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil</i>
Asterlindo Bandeira de Oliveira Júnior <i>Universidade Federal da Bahia, Brasil</i>	Edilson de Araújo dos Santos <i>Universidade de São Paulo, Brasil</i>
Bárbara Amaral da Silva <i>Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil</i>	Edson da Silva <i>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil</i>

Elena Maria Mallmann

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Eleonora das Neves Simões

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Eliane Silva Souza

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Elvira Rodrigues de Santana

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Estevão Schultz Campos

Centro Universitário Adventista de São Paulo, Brasil

Éverly Pegoraro

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Fábio Santos de Andrade

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Fabrícia Lopes Pinheiro

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Fauston Negreiros

Faustidade de Brasília, Brasil

Felipe Henrique Monteiro Oliveira

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Fernando Vieira da Cruz

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Flávia Fernanda Santos Silva

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Gabriela Moysés Pereira

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Gabriella Eldereti Machado

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Germano Ehler Pollnow

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Geuciane Felipe Guerim Fernandes

Universidade Federal do Pará, Brasil

Geymeesson Brito da Silva

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin Franchi

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Handherson Leylton Costa Damasceno

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Hebert Elias Lobo Sosa

Universidad de Los Andes, Venezuela

Helciclever Barros da Silva Sales

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasil

Helena Azevedo Paulo de Almeida

Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Hendy Barbosa Santos

Faculdade de Artes do Paraná, Brasil

Humberto Costa

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Igor Alexandre Barcelos Graciano Borges

Universidade de Brasília, Brasil

Inara Antunes Vieira Willerding

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Jaziel Vasconcelos Dorneles

Universidade de Coimbra, Portugal

Jean Carlos Gonçalves

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Joao Adalberto Campato Junior

Universidade Brasil, Brasil

Jocimara Rodrigues de Sousa

Universidade de São Paulo, Brasil

Joelson Alves Onofre

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Jónata Ferreira de Moura

Universidade São Francisco, Brasil

Jonathan Machado Domingues

Universidade Federal de São Paulo, Brasil

Jorge Eschriqui Vieira Pinto

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Juliana de Oliveira Vicentini

Universidade de São Paulo, Brasil

Juliano Milton Kruger

Instituto Federal do Amazonas, Brasil

Juliano Pizzano Ayoub

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Julierme Sebastião Morais Souza

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Junior César Ferreira de Castro

Universidade de Brasília, Brasil

Katia Bruginski Mulik

Universidade de São Paulo, Brasil

Laionel Vieira da Silva

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Lauro Sérgio Machado Pereira

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil

Leonardo Freire Marino

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Leonardo Pinheiro Mozdzenski

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Letícia Cristina Alcântara Rodrigues

Faculdade de Artes do Paraná, Brasil

Lucila Romano Tragtenberg

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Lucimara Rett

Universidade Metodista de São Paulo, Brasil

Luiz Eduardo Neves dos Santos

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Maikel Pons Giralt

Universidade de Santa Cruz do Sul, Brasil

Manoel Augusto Polastrelli Barbosa

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Marcelo Nicomedes dos Reis Silva Filho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Márcia Alves da Silva

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Marcio Bernardino Sirino

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Marcos Pereira dos Santos

Universidad Internacional Iberoamericana del Mexico, México

Marcos Uzel Pereira da Silva

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Marcus Fernando da Silva Praxedes

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil

Maria Aparecida da Silva Santandel

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Maria Cristina Giorgi

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Brasil

Maria Edith Maroca de Avelar

Universidade Federal do Ouro Preto, Brasil

Marina Bezerra da Silva

Instituto Federal do Piauí, Brasil

Marines Rute de Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Maurício José de Souza Neto

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Mauricio José de Souza Neto

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Michele Marcelo Silva Bortolai

Universidade de São Paulo, Brasil

Mônica Tavares Orsini

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Nara Oliveira Salles

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Neide Araujo Castilho Teno

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

Neli Maria Mengalli

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Patricia Biegging

Universidade de São Paulo, Brasil

Patricia Flavia Mota

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Patrícia Helena dos Santos Carneiro

Universidade Federal de Rondônia, Brasil

Rainei Rodrigues Jadejiski

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Raul Inácio Busarello

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Raymundo Carlos Machado Ferreira Filho

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Ricardo Luiz de Bittencourt

Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil

Roberta Rodrigues Ponciano

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Robson Teles Gomes

Universidade Católica de Pernambuco, Brasil

Rodiney Marcelo Braga dos Santos

Universidade Federal de Roraima, Brasil

Rodrigo Amancio de Assis

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Rodrigo Sarruge Molina

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Rogério Rauber

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Rosane de Fatima Antunes Obregon

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Samuel André Pompeo

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Sebastião Silva Soares

Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Silmar José Spinardi Franchi

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Simone Alves de Carvalho

Universidade de São Paulo, Brasil

Simoni Urnau Bonfiglio

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Stela Maris Vaucher Farias

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Tadeu João Ribeiro Baptista

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Taíza da Silva Gama

Universidade de São Paulo, Brasil

Tania Micheline Miorando

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Tarcísio Vanzin

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Tascieli Feltrin

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Tatiana da Costa Jansen

Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Tayson Ribeiro Teles

Universidade Federal do Acre, Brasil

Thiago Barbosa Soares

Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Thiago Camargo Iwamoto

Universidade Estadual de Goiás, Brasil

Thiago Medeiros Barros

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Tiago Mendes de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Vanessa de Sales Marruche

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Vanessa Elisabete Raue Rodrigues

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

Vania Ribas Ulbricht

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Vinicius da Silva Freitas

Centro Universitário Vale do Cricaré, Brasil

Wellington Furtado Ramos

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Wellton da Silva de Fatima

Instituto Federal de Alagoas, Brasil

Wenis Vargas de Carvalho

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Yan Masetto Nicolai

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

PARECERISTAS E REVISORES(AS) POR PARES

Avaliadores e avaliadoras Ad-Hoc

Alcidinei Dias Alves

Logos University International, Estados Unidos

Alessandra Figueiró Thornton

Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Alexandre João Appio

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Artur Pires de Camargos Júnior

Universidade do Vale do Sapucaí, Brasil

Bianka de Abreu Severo

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Carlos Eduardo B. Alves

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Carlos Eduardo Damian Leite

Universidade de São Paulo, Brasil

Catarina Prestes de Carvalho

Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Brasil

Davi Fernandes Costa

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Brasil

Denilson Marques dos Santos

Universidade do Estado do Pará, Brasil

Domingos Aparecido dos Reis

Must University, Estados Unidos

Edson Vieira da Silva de Camargos

Logos University International, Estados Unidos

Edwins de Moura Ramires

Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Elisiene Borges Leal

Universidade Federal do Piauí, Brasil

Elizabete de Paula Pacheco

Universidade Federal de Ubertândia, Brasil

Elton Simomukay

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Francisco Geová Goveia Silva Júnior

Universidade Potiguar, Brasil

Indiamaris Pereira

Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Jacqueline de Castro Rimá

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Jonas Lacchini

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil

Lucimar Romeu Fernandes

Instituto Politécnico de Bragança, Brasil

Marcos de Souza Machado

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Michele de Oliveira Sampaio

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Nívea Consuêlo Carvalho dos Santos

Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Pedro Augusto Paula do Carmo

Universidade Paulista, Brasil

Rayner do Nascimento Souza

Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Samara Castro da Silva

Universidade de Caxias do Sul, Brasil

Sidney Pereira Da Silva

Stockholm University, Suécia

Suêlen Rodrigues de Freitas Costa

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Thais Karina Souza do Nascimento

Instituto de Ciências das Artes, Brasil

Viviane Gil da Silva Oliveira

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Walmir Fernandes Pereira

Miami University of Science and Technology, Estados Unidos

Weyber Rodrigues de Souza

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil

William Roslindo Paranhos

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Pimenta Cultural, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

SUMÁRIO

Apresentação	11
---------------------------	-----------

CAPÍTULO 1

Saymon da S. Siqueira

O Objeto de Aprendizagem “Conquista de Córdoba”:

desenvolvendo Recursos Educacionais

Abertos para o Ensino Fundamental	14
---	----

CAPÍTULO 2

Luiz Gustavo Alves Silva

Cátia Regina de Oliveira Quilles Queiroz

Jogos de tabuleiro no ensino de números inteiros:

o jogo “Corrida Zahl”	32
-----------------------------	----

CAPÍTULO 3

José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva

ScriptRplot:

um script em R para produção

de gráficos elegantes para <i>ggplot2</i>	46
---	----

CAPÍTULO 4

José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva

JSPlotly:

um aplicativo prático e portátil para simulações

gráficas interativas e dinâmicas ao ensino reprodutível	72
---	----

CAPÍTULO 5

Gabriel Gerber Hornink

Ensino de bioquímica a partir da criação e uso de recursos educacionais abertos.....	91
---	-----------

Sobre os autores e a autora	109
--	------------

Índice remissivo.....	110
------------------------------	------------

APRESENTAÇÃO

Este e-book trata de recursos educacionais abertos (REA) ao ensino e aprendizagem que foram desenvolvidos por professores e alunos da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). O material conta com recursos físicos e digitais para uso prático imediato em sala de aula e ambientes educacionais variados, bem como para conteúdos diversos e para distintos níveis (superior, técnico, básico) e modalidades de ensino (presencial, híbrido, EaD). Seu conteúdo busca equilibrar diversas metodologias ativas de ensino-aprendizagem, tais como o aprendizado baseado em gamificação, em evidências, em projetos, em problemas, em simulação e em ensino reproduzível. Nesse sentido, a obra vem de encontro às necessidades que se avolumam para a oferta de um ensino-aprendizagem focado em competências digitais tornadas pujantes em tempos de realidade virtual e inteligência artificial, sem perder de vista o contexto de aprendizagem que se experimenta ludicamente sobre um tabuleiro com dados e cartas.

A obra inicia com um REA digital para o ensino de História, Conquista de Córdoba, baseada na *Chronica regum Castellae* e no *Fuero de Córdoba* medievais. O REA utiliza a plataforma eXeLearning para promover o ensino baseado em evidências e incentivar a leitura crítica de documentos históricos, alinhando-se à BNCC da área. Como um todo, explora ferramentas variadas, como mapas, vídeos, trechos documentais e atividades gamificadas, consolidando um instrumento de inovação ao ensino de História. Em paralelo ao uso didático, a ferramenta também trabalha a curadoria e o licenciamento de REA junto a programas de pós-graduação.

Na sequência, é apresentada a aplicação pedagógica Corrida Zahl, um jogo de tabuleiro voltado a operações com números inteiros

para alunos do Ensino Fundamental. Também alinhado à BNCC e de natureza socioconstrutivista, oportuniza o aprendizado das operações elementares da aritmética, bem como de frações, probabilidade e padrões numéricos, por meio de fichas, dados e tabuleiros adaptáveis. O REA foi testado em chão de escola e evidenciou valores ímpares como uma ferramenta eficaz no ensino de Matemática ao tornar conceitos abstratos mais concretos por meio da interação lúdica, estruturada e coletiva.

O próximo REA, ScriptRplot, trata de um script de códigos desenvolvido para a produção de gráficos elegantes junto ao programa de computação estatística R e de seu pacote ggplot2, que, apesar de largamente utilizados em ensino superior, dificultam a devida apropriação à produção gráfica por envolverem linguagem de programação. Frente ao pensamento computacional exigido na atualidade, o ScriptRplot flexibiliza a construção, edição e compartilhamento de gráficos de qualidade para publicação científica, embora sem a necessidade de conhecimento da linguagem envolvida.

Outro REA desenvolvido na UNIFAL-MG, JSPlotly, também permite a criação de gráficos, dessa vez interativos e dinâmicos, a simulação de fenômenos naturais baseados em equações e a visualização de dados. Permite também a reprodução, modificação, criação e compartilhamento de gráficos, painéis interativos em 2D ou 3D, assim como os seus códigos e até mesmo o próprio programa. Foi concebido como uma alternativa simples, rápida, aberta, lúdica, reprodutível e compartilhável ao ensino-aprendizagem e pesquisa. Como um todo, o JSPlotly busca oportunizar o letramento computacional ao ensino superior e básico pela visualização gráfica resultante da manipulação paramétrica de uma simulação.

A obra finaliza com um conjunto de REA voltados ao ensino e à aprendizagem em Bioquímica e áreas correlatas. No capítulo em questão, são descritas diversas ferramentas construídas a partir de abordagens socioculturais, co-desenvolvidas com estudantes da

instituição (LudoKrebs, As Aventuras de Kreber, E!Canastra) ou a partir de demandas específicas (ProtVirt), incluindo jogos de mesa, jogos digitais e simulações computacionais, que estimulam o desenvolvimento de competências cognitivas, metacognitivas e digitais. A avaliação do conjunto de objetos didáticos, realizada junto às turmas, tem demonstrado uma integração sólida entre práticas pedagógicas inovadoras, tecnologias educacionais e produção estudantil voltada ao ensino superior.

SUMÁRIO

1

Saymon da S. Siqueira

O OBJETO DE APRENDIZAGEM “CONQUISTA DE CÓRDOBA”:

**DESENVOLVENDO RECURSOS EDUCACIONAIS
ABERTOS PARA O ENSINO FUNDAMENTAL**

O uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) tem inovado a pedagogia, especialmente com os Recursos Educacionais Abertos (REA), que democratizam o conhecimento e incentivam metodologias ativas (Valente, 2018). De modo geral, a integração de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no ensino de História tem se mostrado essencial para tornar o aprendizado mais dinâmico e significativo, especialmente no que tange ao período medieval, frequentemente percebido como distante pelos estudantes (Vianna; Santos, 2023). Assim, no contexto do ensino de História Medieval no Ensino Fundamental, a utilização de Objetos de Aprendizagem Digitais (OAD) tem se mostrado eficaz para engajar os estudantes e facilitar a compreensão de conteúdos complexos (Lima, 2019).

Este capítulo apresenta o desenvolvimento do OAD “Conquista de Córdoba” (Siqueira, 2023a; Siqueira, 2023b), elaborado com base em fontes ibéricas medievais, como a *Chronica regum Castellae* e o *Fuero de Córdoba*, visando alinhar-se às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino de História (Brasil, 2017). A proposta busca não apenas enriquecer o repertório didático disponível, mas também contribuir para a formação crítica e reflexiva dos estudantes, promovendo uma aprendizagem significativa por meio da interação com materiais digitais de qualidade. Ao final, espera-se que este estudo contribua para a reflexão sobre o uso dos REA no ensino de História, destacando suas potencialidades e desafios.

SUMÁRIO

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

Como argumentaremos neste capítulo, os REA podem desempenhar um papel crucial na democratização do acesso ao

conhecimento, especialmente em países em desenvolvimento, ao fornecer recursos educacionais de qualidade sem custos associados (Santos, 2011).

Desse modo, cumpre destacar que a elaboração de objetos de aprendizagem como resultado de conclusão de curso em Programas de Pós-Graduação Profissional (PPGP) ocorre em virtude de sua natureza e demanda específicas enquanto espaço de formação continuada de professores do ensino básico. Outrossim, é fundamental perceber que, em seu provimento legal fundador – a Portaria Normativa do Ministério da Educação (MEC) n. 17 de 28 de dezembro de 2009 –, a referência à produção de “produtos educacionais” é significativamente ampla (Brasil, 2009), de modo que a obtenção do título de mestre poderia ocorrer a partir de diversos formatos de objetos instrucionais, conforme previsto no parágrafo terceiro do artigo 7º. Não obstante, desde 2012, a construção de produtos instrucionais tornou-se obrigatória como trabalho de conclusão da pós-graduação profissional (Brasil, 2012).

Esse cenário acaba produzindo questões de naturezas diversas. Segundo Santos (2011), embora diversas iniciativas governamentais disponibilizem conteúdos digitais, muitas vezes esses materiais não possuem licenças claras que permitam sua adaptação, tradução ou redistribuição. Assim, a falta de padronização nas licenças limita a reutilização dos recursos (Silva; Mendes; Almeida, 2021). Para superar esse desafio, Santos recomenda que os repositórios de REA adotem licenças abertas consistentes, alinhadas com os princípios desse movimento, garantindo que educadores e estudantes possam utilizar, adaptar e distribuir os materiais de forma legal e facilitada.

Outro agravante reside sobre as propriedades qualitativas dos materiais disponibilizados. Por um lado, os Objetos de Aprendizagem (OAs) produzidos passam por um crivo acadêmico quanto ao seu conteúdo e estrutura, a fim de assegurar sua qualidade intelectual e factual, visto que a forma de avaliação final



mantém estreita semelhança com os procedimentos de um Programa de Pós-Graduação Acadêmica (PPGA). Por outro lado, ainda que, *de iure*, não ocorra distinção quanto aos graus e prerrogativas conferidos por ambos PPGs, *de facto*, é fundamental a compreensão ontológica da tipicidade de um PPGP, para que a elaboração do OA ocorra de modo orgânico com a pesquisa acadêmica (Brasil, 2002; Melo; Oliveira; Souza, 2020). Com isso, estamos apontando para o fato de que muitos pesquisadores constroem suas pesquisas com foco acadêmico ao longo de sua formação e, ao final, tendem a fazer uma “adaptação” das informações e conhecimentos produzidos por meio de um OA que será tão artificial quanto ineficiente em sua finalidade.

Não se trata de realizar uma “adaptação”, “transposição” ou “divulgação” de uma pesquisa por meio de um OA. E, se isso ocorre, é como consequência interpretativa, dada a indissociabilidade entre objeto e conhecimento construídos. Nossa tese é que é fulcral planejar a construção do OA-pesquisa como uma relação e elaboração híbrido-fronteiriça, desde o projeto de pesquisa submetido à avaliação e admissão do pesquisador no PPG até o momento de depósito final nos repositórios e bancos de dados após sua defesa.

Ainda que organizemos as etapas/fases de um mestrado acadêmico de modo a isolar pesquisa e elaboração do OA, essa separação é tão somente uma necessidade do raciocínio procedural ou algorítmico, do qual depende esse percurso formativo. Mas, em seu aspecto ontológico, o OA deve possuir uma condição holística, fundamentalmente em virtude daquilo que chamamos de elaboração híbrido-fronteiriça. Incorre daí a necessidade de acurácia acerca das definições e fundamentos com os quais se opera e ancora o raciocínio algorítmico-procedural.

Essa reflexão sobre a elaboração e integração dos OAs no contexto da pós-graduação profissional dialoga diretamente com os princípios dos REA. Ao contrário dos produtos acadêmicos

tradicionais, que muitas vezes permanecem restritos a círculos fechados, os REA se caracterizam por sua abertura e acessibilidade, permitindo a livre circulação do conhecimento. Nesse sentido, compreender como os OAs podem se tornar efetivamente REA exige um olhar mais amplo sobre sua concepção, disponibilização e licenciamento.

Os REA são materiais de ensino, aprendizagem e pesquisa disponibilizados publicamente, permitindo seu uso, adaptação e redistribuição sem restrições legais significativas (Unesco, 2011). Esses recursos abrangem desde cursos completos e livros didáticos até vídeos, testes e softwares, ampliando o acesso ao conhecimento e apoiando atividades educacionais. A relevância dos REA na educação contemporânea está na promoção do acesso universal ao conhecimento, possibilitando que educadores e estudantes de diferentes contextos geográficos e socioeconômicos tenham acesso a materiais de qualidade (Santos, 2020). Além disso, os REA incentivam práticas pedagógicas colaborativas e inovadoras, permitindo a adaptação dos materiais às necessidades específicas de cada contexto educacional.

Entre os benefícios dos REA destacam-se a redução de custos com materiais didáticos, a possibilidade de personalização dos conteúdos para atender às particularidades de diferentes públicos e a promoção de uma cultura de compartilhamento e colaboração entre educadores (Santos, 2020). No entanto, a implementação de REA enfrenta desafios significativos, como a falta de infraestrutura tecnológica adequada em algumas instituições de ensino, a resistência de educadores em adotar novas metodologias e a necessidade de garantir a qualidade e relevância dos materiais disponibilizados. Superar esses desafios requer investimentos em formação docente, desenvolvimento de políticas institucionais de apoio aos REA e a criação de plataformas que facilitem o acesso e a disseminação desses recursos.

Usados muitas vezes como sinônimo ou equivalente aos REA, temos os OAs, os quais são definidos como recursos digitais reutilizáveis que auxiliam no processo de ensino-aprendizagem, podendo incluir desde textos e imagens até animações e softwares interativos (Braga *et al.*, 2014). Os OAs são modulares e reutilizáveis, podendo ser integrados a diferentes ambientes de aprendizagem.

A Metodologia INTERA (Inteligência em Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis), desenvolvida pelo grupo de pesquisa da Universidade Federal do ABC, propõe um conjunto de processos iterativos para a criação de OAs, enfatizando a qualidade técnica, o design instrucional e a possibilidade de reutilização dos materiais (Braga *et al.*, 2015). Sua aplicação tem demonstrado eficácia na produção de recursos educacionais que promovem uma aprendizagem mais significativa e engajadora, especialmente no contexto do ensino de História, em que a utilização de OAs pode facilitar a compreensão de eventos e conceitos complexos.

No ensino de História, a aplicação de OAs desenvolvidos segundo a Metodologia INTERA tem se mostrado eficaz. Por exemplo, a criação de simulações interativas permite que os estudantes explorem eventos históricos de forma dinâmica, enquanto vídeos e animações auxiliam na contextualização de períodos específicos, tornando o aprendizado mais envolvente e facilitando a compreensão de conteúdos complexos (Braga *et al.*, 2014).

Em suma, enquanto todos os REA podem ser considerados objetos de aprendizagem devido à sua função educacional, nem todos os OAs são REA, pois podem não possuir licenças abertas que permitam sua adaptação e redistribuição. Logo, a principal diferença reside na licença de uso: os REA são definidos por sua abertura e permissividade de uso, enquanto os OAs focam na reutilização técnica, independentemente das restrições de licença (Ota, 2021).

DESENVOLVIMENTO DO OBJETO DE APRENDIZAGEM “CONQUISTA DE CÓRDOBA”

A conquista de Córdoba, ocorrida em 1236 sob a liderança de Fernando III, foi um marco na expansão territorial castelhano-leonesa no século XIII. Esse evento inseriu-se no contexto da Guerra de Expansão Cristã Ibérica¹, um longo processo de confrontos entre os reinos cristãos do Norte e os territórios sob domínio muçulmano na Península Ibérica. Como antiga capital do Califado de Córdoba, a cidade possuía grande importância estratégica e simbólica, sendo um dos principais centros políticos e culturais do mundo islâmico ocidental. Sua tomada consolidou a posição de Fernando III como protagonista da expansão cristã, fortalecendo a monarquia castelhano-leonesa e elevando seu prestígio perante as cortes europeias (Ríos Saloma, 2005).

Fernando III, conhecido como “o Santo”, governou Castela a partir de 1217 e unificou definitivamente os reinos de Castela e Leão em 1230, após a morte de seu pai, Afonso IX de Leão. Seu reinado foi marcado por sucessivas campanhas militares, que resultaram na conquista de Córdoba em 1236, seguida por Jaén (1246) e Sevilha (1248). Após a incorporação da cidade, estabeleceu um modelo administrativo baseado na concessão de *fueros* e na reorganização social, estratégias fundamentais para consolidar o domínio cristão sobre a região (Rodríguez López, 1994).

1 O termo *Reconquista* é amplamente questionado por historiadores como García Sanjuán (2019), que o consideram uma construção do século XIX influenciada pelo nacionalismo espanhol. Ele argumenta que a expressão não aparece nos textos medievais e perpetua uma interpretação anacrônica e simplificada das relações entre cristãos e muçulmanos na Península Ibérica. No entanto, autores como D. Lomax e M. A. Ladero ainda o utilizam, alegando uma suposta autenticidade medieval. Para evitar essas conotações ideológicas e enfatizar as dinâmicas de expansão territorial e conflito religioso do período, adotamos a expressão *Guerra de Expansão Cristã*, alinhando-nos à perspectiva de O’Callaghan (2013, p. 7-9), que destaca que “a luta cristã contra a Espanha islâmica pode ser descrita como uma guerra tanto de engrandecimento territorial quanto de confronto religioso.

Para compreender o impacto dessa conquista, é essencial recorrer às fontes ibéricas medievais que documentaram o evento. Entre as principais estão a *Chronica regum Castellae* e o *Fuero de Córdoba*. A primeira, uma crônica latina centrada nos reinados de Afonso VIII, Henrique I e Fernando III, encerra sua narrativa logo após a tomada da cidade, sugerindo que foi escrita pouco depois dos acontecimentos. A autoria é atribuída a Juan de Soria, bispo de Osma e chanceler de Fernando III, o que indica um viés oficial na representação dos feitos do rei. A *Chronica regum Castellae*, baseada em registros régios e relatos oculares, é essencial para a reconstituição da narrativa da conquista (Fernández-Ordóñez, 2006).

O *Fuero de Córdoba*, por sua vez, é um documento jurídico elaborado pela chancelaria de Fernando III em 1241, estabelecendo as bases normativas para a ocupação cristã da cidade. Com 58 rubricas, regulamentava aspectos administrativos, fiscais e penais da nova ordem social imposta após a conquista. Inspirado em modelos forais anteriores, como o *Fuero de Toledo*, adaptava-se às necessidades específicas de Córdoba, garantindo o controle régio sobre uma cidade que, até então, fora um centro de resistência muçulmana. Regulava a convivência populacional e institucionalizava o poder régio nos novos territórios (Mellado Rodríguez, 2000).

A análise conjunta dessas fontes permite compreender tanto a dimensão militar da conquista de Córdoba quanto os processos administrativos e jurídicos que garantiram sua integração ao reino de Castela. Enquanto a *Chronica regum Castellae* enfatiza o papel de Fernando III como líder militar e defensor da cristandade, o *Fuero de Córdoba* revela os mecanismos legais adotados para consolidar o domínio cristão. Ao articular essas narrativas, é possível reconstruir o evento e refletir sobre os instrumentos de legitimação política empregados pela monarquia castelhano-leonesa no decorrer do reinado de Fernando III.

A criação do objeto de aprendizagem *Conquista de Córdoba* seguiu uma abordagem metodológica estruturada, fundamentada nos princípios da Metodologia INTERA (Braga *et al.*, 2015), voltada para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem (OA) com foco na reusabilidade, acessibilidade e efetividade didática. O objetivo principal foi fornecer um recurso interativo baseado em fontes primárias para auxiliar no ensino da História Medieval, com ênfase na conquista de Córdoba e seus desdobramentos. Inicialmente, foram identificados os conteúdos essenciais e as fontes documentais; em seguida, elaborou-se um roteiro pedagógico estruturado em módulos interativos, culminando na produção de conteúdos multimídia e atividades interativas.

Para a construção do OA, utilizou-se a plataforma eXeLearning, uma ferramenta de código aberto amplamente empregada na produção de recursos educacionais digitais interativos. A escolha dessa plataforma deve-se à sua capacidade de criar conteúdos estruturados, acessíveis e compatíveis com diferentes formatos, como SCORM e HTML5, garantindo ampla aplicabilidade do recurso. Suas funcionalidades permitem a criação de módulos interativos, a incorporação de recursos multimídia e a oferta de atividades como quizzes e desafios cronológicos.

O objeto de aprendizagem *Conquista de Córdoba* foi estruturado em três módulos principais. O primeiro módulo aborda o contexto histórico da conquista de Córdoba, apresentando o cenário geopolítico do século XIII, a fragmentação dos reinos muçulmanos e as campanhas militares da Coroa de Castela. O segundo módulo analisa as fontes históricas e a construção da narrativa, destacando o papel da *Chronica regum Castellae* e do *Fuero de Córdoba* na construção da memória histórica da conquista. O terceiro módulo examina o impacto da conquista e as transformações urbanas, explorando mudanças como a conversão da Grande Mesquita em catedral, a redistribuição de terras e a imposição de novas legislações forais.



Além da estrutura modular, o OA incorpora diversos recursos audiovisuais e interativos para promover o engajamento dos estudantes. Entre eles, destacam-se mapas interativos que ilustram as rotas das campanhas de Fernando III, trechos originais das fontes históricas acompanhados de tradução e análise contextual, vídeos explicativos e exercícios gamificados. A utilização desses recursos visa tornar o ensino de História mais dinâmico, estimulando a curiosidade dos alunos e proporcionando uma experiência mais próxima da prática historiográfica. Além disso, a diversidade de mídias facilita a adaptação do material a diferentes perfis de aprendizagem. Dessa forma, o objeto de aprendizagem *Conquista de Córdoba* representa uma abordagem inovadora para o ensino da História Medieval, combinando rigor acadêmico com práticas pedagógicas interativas.

APLICAÇÃO PEDAGÓGICA

A aplicação pedagógica do objeto de aprendizagem *Conquista de Córdoba* visa integrar ferramentas digitais ao ensino de História, proporcionando uma experiência de aprendizagem interativa e baseada em fontes primárias. Sua concepção e estruturação dialogam diretamente com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), promovendo um ensino dinâmico e participativo, que valoriza o pensamento crítico e a interpretação de documentos históricos. Além disso, a flexibilidade do objeto permite que ele seja utilizado em diferentes contextos educacionais, tanto no ensino presencial quanto no ensino híbrido ou remoto.

A BNCC estabelece um conjunto de competências e habilidades essenciais para o ensino de História no Ensino Fundamental II, particularmente nos anos iniciais (6º e 7º anos), quando são abordados os processos da Idade Média. O objeto de aprendizagem *Conquista de Córdoba* foi estruturado para atender a diversas

habilidades previstas nesse documento normativo, entre elas, a identificação das relações entre diferentes populações ao longo da história (EF06HI14), a diferenciação entre sistemas de trabalho e dominação (EF06HI17) e a compreensão das transformações sociais e econômicas da Idade Média (EF07HI08). Ao proporcionar uma experiência de aprendizagem que alia o uso de fontes primárias a atividades interativas, o OA favorece o desenvolvimento da argumentação baseada em evidências, da análise crítica e da valorização da diversidade cultural e histórica, competências essenciais para a formação do estudante na contemporaneidade.

A implementação do objeto de aprendizagem pode ocorrer de diversas maneiras, dependendo dos objetivos do professor e do perfil da turma. Uma das estratégias mais eficazes é o uso do OA como suporte para aulas expositivas interativas, em que mapas digitais e trechos das fontes históricas são explorados para contextualizar a conquista de Córdoba e suas consequências. Além disso, pode ser aplicado como base para atividades de análise documental, nas quais os alunos, divididos em grupos, examinam trechos da *Chronica regum Castellae* e do *Fuero de Córdoba*, identificando como os documentos refletem os discursos de poder da época.

Outras abordagens incluem debates estruturados, em que os estudantes assumem diferentes perspectivas (cristãos, muçulmanos e habitantes locais) para discutir os impactos da conquista, ou ainda a gamificação do conteúdo, utilizando quizzes e desafios interativos disponíveis no próprio OA. Essa metodologia fomenta a participação ativa dos alunos, tornando o aprendizado mais dinâmico e estimulando o interesse pelo tema.

Para reforçar a fixação dos conteúdos e ampliar a experiência de aprendizagem, podem ser propostas atividades complementares, como a produção de um diário histórico, em que cada estudante escreve um relato fictício sobre a conquista a partir do ponto de vista de um personagem da época (soldado cristão, mercador muçulmano,

camponês, nobre etc.). Outra alternativa é a criação de um mapa colaborativo, no qual os alunos utilizam ferramentas digitais para marcar e descrever os locais mais importantes da campanha de Fernando III, relacionando-os com eventos históricos.

O OA também permite a incorporação de avaliações formativas, que podem incluir questionários reflexivos sobre o que foi aprendido e desafios baseados em estudo de casos históricos. Além disso, pode ser integrado a projetos interdisciplinares, envolvendo a disciplina de Geografia, para discutir a configuração territorial da Península Ibérica no século XIII, e a de Língua Portuguesa, para trabalhar a análise e interpretação de fontes medievais em versões originais e traduzidas.

A flexibilidade da estrutura do *Conquista de Córdoba* permite sua adaptação a diferentes plataformas digitais, como Moodle e Google Classroom, facilitando sua utilização no ensino híbrido. Sua versatilidade o torna uma ferramenta pertinente para a inovação pedagógica, promovendo o ensino da História Medieval de maneira interativa e acessível. Ao estimular o contato direto dos alunos com fontes históricas, mapas interativos e atividades gamificadas, o OA não apenas contribui para a aprendizagem dos conteúdos, mas também para o desenvolvimento de habilidades essenciais para a compreensão do passado e suas conexões com o presente.

DESAFIOS, LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS DOS RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS

O Objeto de Aprendizagem (OA) *Conquista de Córdoba* representa uma iniciativa alinhada com os princípios dos Recursos Educacionais Abertos (REA) ao adotar uma estrutura aberta e acessível, promovendo a democratização do conhecimento por meio da

tecnologia digital (Unesco, 2015). No entanto, seu desenvolvimento revelou desafios tanto no aspecto técnico quanto nas implicações epistemológicas e pedagógicas associadas ao seu uso.

Do ponto de vista técnico, uma das principais vantagens do *Conquista de Córdoba* é sua exportação em múltiplos formatos, incluindo elp (compatível com o editor eXeLearning) e HTML5, garantindo ampla aplicabilidade em diferentes contextos educacionais. Além disso, o OA foi disponibilizado como uma página online de acesso livre, permitindo sua integração com plataformas como Moodle e Google Classroom, bem como o seu uso direto em dispositivos móveis e navegadores, sem a necessidade de softwares adicionais. Esse modelo atende às recomendações da literatura sobre REA, que enfatiza a importância da flexibilidade e da acessibilidade digital para ampliar o impacto dos materiais didáticos (Santos, 2020; Valente, 2018).

Entretanto, apesar dessas vantagens, algumas limitações se fazem presentes. O caráter digital do *Conquista de Córdoba* exige infraestrutura tecnológica mínima para sua utilização eficaz, incluindo acesso à internet e dispositivos compatíveis. Em contextos educacionais com restrições tecnológicas, esse fator pode representar um obstáculo à adoção do recurso, uma limitação amplamente discutida em estudos sobre a implementação de tecnologias educacionais em países em desenvolvimento (Chagas; Santos, 2019). A superação desse desafio passa por políticas institucionais que garantam infraestrutura digital adequada, além da capacitação docente para a integração desses recursos no ensino (Unesco, 2015).

No entanto, garantir o acesso à tecnologia não é suficiente para assegurar a qualidade do material didático disponibilizado. Além das questões técnicas, a confiabilidade e a curadoria dos conteúdos emergem como desafios centrais. O desenvolvimento do *Conquista de Córdoba* trouxe reflexões importantes sobre o conceito de conhecimento aberto e participativo, um princípio central dos

REA. Conforme apontado por Wiley e Hilton (2018), um dos principais desafios dos REA está na relação entre abertura e controle de qualidade. Embora ampliem o acesso ao conhecimento, os REA enfrentam o desafio da verificabilidade, pois, sem um processo adequado de validação, podem comprometer a precisão das informações.

No caso do *Conquista de Córdoba*, sua estrutura inicial foi concebida a partir de fontes verificadas, como a *Chronica regum Castellae* e o *Fuero de Córdoba*, garantindo um embasamento historiográfico sólido. No entanto, a possibilidade de futuras colaborações externas levanta questões sobre como assegurar que novas contribuições mantenham a precisão acadêmica do material. Esse problema é destacado por Cobo e Moravec (2011), que argumentam que a expansão dos REA deve ser acompanhada por estratégias de curadoria digital para evitar a propagação de informações imprecisas. Assim, uma das perspectivas para o aprimoramento desse OA envolve a implementação de um modelo de revisão aberta por pares, similar ao adotado em plataformas acadêmicas como a *Peer-to-Peer University* (P2PU), em que especialistas verificam a qualidade do conteúdo antes de sua publicação definitiva (Lima; Silva, 2021).

Outra questão relevante diz respeito aos limites éticos da construção do conhecimento em ambientes digitais abertos. A produção e a disseminação de OAs devem considerar não apenas a disponibilidade do material, mas também a responsabilidade dos educadores e pesquisadores na curadoria das informações. Como apontado por Peters e Britez (2019), o acesso aberto ao conhecimento não significa apenas disponibilizar materiais, mas implica em garantir que esse conhecimento seja transmitido de forma ética e responsável. No contexto do ensino de História, isso significa evitar simplificações indevidas de eventos complexos, garantindo que a narrativa construída a partir das fontes históricas respeite as múltiplas perspectivas envolvidas (Pereira; Almeida, 2020).

Por fim, é importante ressaltar que, embora o *Conquista de Córdoba* tenha sido concebido como um OA de acesso livre, seu conteúdo permanece delimitado no momento, sendo resultado de um recorte historiográfico específico. A literatura sobre REA aponta que a abertura do conhecimento não significa a ausência de estrutura ou limites, mas sim a possibilidade de expandir e adaptar o material de maneira responsável (Miao; Mishra; McGreal, 2016). Assim, a futura incorporação de novas narrativas, mídias interativas e abordagens didáticas dentro desse OA representa um campo promissor para pesquisas futuras.

Dessa forma, o *Conquista de Córdoba* se apresenta como um experimento significativo na convergência entre ensino de História, REA e tecnologias educacionais, mas também evidencia desafios inerentes à construção e disseminação do conhecimento aberto. Seu desenvolvimento e aplicação ressaltam a importância de continuar explorando estratégias para garantir que os OAs possam equilibrar acessibilidade, verificabilidade e inovação pedagógica, de modo a atender às demandas do ensino contemporâneo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *Conquista de Córdoba* exemplifica como recursos digitais interativos podem enriquecer o ensino sobre o período medieval, proporcionando maior engajamento dos estudantes por meio da exploração de fontes primárias e estratégias pedagógicas inovadoras. Ao longo deste capítulo, discutimos os fundamentos históricos da conquista de Córdoba, a metodologia adotada para o desenvolvimento do OA e sua aplicação pedagógica em consonância com as diretrizes da BNCC. A abordagem baseada em fontes primárias, aliada ao uso de ferramentas digitais interativas, demonstrou potencial para fortalecer a análise crítica e histórica dos alunos.

Além de contribuir para a didática da História, o desenvolvimento deste OA ressalta a importância da inovação pedagógica na adoção de TDIC. A experiência sugere que iniciativas semelhantes podem expandir as possibilidades do ensino de História, incentivando a criação de novos OAs dedicados a outras temáticas da Idade Média e a diferentes níveis de ensino. O aprimoramento do *Conquista de Córdoba* pode incluir simulações interativas e novas estratégias gamificadas, aprofundando a experiência de aprendizado.

Por fim, este estudo reforça a necessidade de um ensino de História mais dinâmico e acessível, em que os alunos possam interagir ativamente com fontes e narrativas históricas. O *Conquista de Córdoba* representa um passo significativo nesse sentido, unindo rigor acadêmico e inovação tecnológica para transformar a forma como a História Medieval é ensinada e compreendida.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, J. C. *et al.* **Objetos de Aprendizagem**: Volume 1 - Introdução e Fundamentos. Santo André: Editora da UFABC, 2014.
- BRAGA, J. C. *et al.* **Objetos de Aprendizagem**: Volume 2 - Metodologia de Desenvolvimento. Santo André: Editora da UFABC, 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES 0079/02, de 12 de março de 2002**. Consulta sobre titulação de programa mestrado profissionalizante. Brasília, DF: MEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria Normativa/MEC n.º 17, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre o mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Brasília, DF: MEC, 2009.
- CHAGAS, A. M.; SANTOS, J. V. A importância do letramento digital na aprendizagem significativa diante de uma sociedade da cultura-mundo. **Revista Notandum**, v. 52, p. 115-130, 2019.

SUMÁRIO

CHRONICA regum castellae: Introdução, tradução, notas e índices de Luis Charlo Brea. Cadiz: Universidad de Cadiz, 1984.

COBO, Cristóbal; MORAVEC, John. Introducción al aprendizaje invisible: la (r)evolución fuera del aula. **REencuentro – Análisis de Problemas Universitarios**, n. 62, p. 66-81, 2011.

FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ, I. **Las Estorias de Alfonso el Sabio**: del taller historiográfico de Alfonso X al de Sancho IV. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006.

GARCÍA SANJUÁN, Alejandro. Cómo desactivar una bomba historiográfica: la pervivencia actual del paradigma de la Reconquista. *In*: AYALA MARTÍNEZ, Carlos de; FERREIRA FERNANDES, Isabel Cristina; PALACIOS ONTALVA, J. Santiago (coord.). **La Reconquista**: Ideología y justificación de la Guerra Santa peninsular. Madrid: La Ergástula, 2019.

LIMA, Douglas Mota Xavier de. A História Medieval na Base Nacional Comum Curricular (2015-2017). **Anos 90**, Porto Alegre, v. 26, p. 1-21, 2019.

LIMA, M. E.; SILVA, R. T. Desafios na implementação de Recursos Educacionais Abertos: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Educação**, v. 26, 2021.

MELLADO RODRÍGUEZ, Joaquín. El Fuero de Córdoba: edición crítica y traducción. **Árbor: Ciencia, Pensamiento y Cultura**, v. 654, p. 191-231, jun. 2000.

MELLADO RODRÍGUEZ, M. **La política jurisdiccional en la repoblación de Andalucía**: los fueros de Córdoba, Sevilla y Jerez. Madrid: CSIC, 2000.

MELO, A. B.; OLIVEIRA, C. R.; SOUZA, T. F. Os Produtos e Processos Educacionais dos Programas de Pós-Graduação Profissionais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 13, n. 3, p. 241-257, 2020.

MIAO, Fengchun; MISHRA, Sanjaya; MCGREAL, Rory. Open educational resources: policy, costs, transformation. Paris: UNESCO; Burnaby: Commonwealth of Learning, 2016.

O'CALLAGHAN, Joseph F. **Reconquest and crusade in medieval Spain**. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2013.

PEREIRA, L. F.; ALMEIDA, S. C. Ética e autoria em Recursos Educacionais Abertos: perspectivas e desafios. **Educação em Revista**, v. 36, 2020.

PETERS, Michael A.; BRITEZ, Rodrigo G. Open education and education for openness. Leiden: BRILL, 2019.

SUMÁRIO

RÍOS SALOMA, M. **Fernando III y la construcción de la monarquía castellana (1217-1252)**. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2005.

RODRÍGUEZ LÓPEZ, J. **La expansión de Castilla y la política de poblamiento en la Baja Edad Media**. Valladolid: Universidad de Valladolid, 1994.

SANTOS, M. F. Recursos Educacionais Abertos: Benefícios e Desafios na Educação Contemporânea. **Educação em Foco**, v. 22, n. 3, p. 123-138, 2020.

SILVA, R. L.; MENDES, F. S.; ALMEIDA, J. C. Mestrado Profissional e a Produção de Objetos de Aprendizagem: Caminhos e (Des)Caminhos em Dissertações de Cursos das Áreas de Educação e Ensino. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 58712-58731, 2021.

SIQUEIRA, Saymon da Silva. **Conquista de Córdoba**, 2023a. Disponível em: <https://conquista-de-cordoba.netlify.app/>. Acesso em: 13 fev. 2025.

SIQUEIRA, Saymon da Silva. **A legislação pós-conquista: a análise da imagem de Fernando III, o Santo (1201-1252) como instrumento de ensino e pesquisa**. 2023. 84 f. Dissertação (Mestrado em História Ibérica) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2023b. Disponível em: <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/2411/>. Acesso em: 13 fev. 2025.

UNESCO. **Recursos Educacionais Abertos**: Conceitos e Princípios. Paris: UNESCO, 2011. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org>. Acesso em: 13 fev. 2025.

VALENTE, José Armando. Recursos Educacionais Abertos. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 26, n. 1, p. 25-34, 2018.

VIANNA, L. J.; SANTOS, I. P. C. O ensino de História Medieval e as mídias digitais: reflexões para uma prática pedagógica significativa. **Revista Territórios & Fronteiras**, v. 16, n. 2, p. 140-157, 2023.

WILEY, D.; HILTON, J. "Defining OER-Enabled Pedagogy". **International Review of Research in Open and Distributed Learning**, v. 19, n. 4, p. 133-147, 2018.

2

Luiz Gustavo Alves Silva
Cátia Regina de Oliveira Quilles Queiroz

JOGOS DE TABULEIRO NO ENSINO DE NÚMEROS INTEIROS:

O JOGO “CORRIDA ZAHL”

Os chamados Jogos Educativos são ferramentas pedagógicas utilizadas por educadores e pesquisadores para tornar o processo de ensino e aprendizagem mais atrativo, lúdico e dinâmico, principalmente na Educação Básica. Essa prática é amparada por documentos oficiais como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Nesse contexto, as teorias educacionais socioconstrutivistas situam-se como um rico suporte teórico, visto que enfatizam a construção do conhecimento de forma ativa e colaborativa, tal como em um jogo.

Foi nesse cenário que, durante os anos de 2022 e 2023, desenvolveu-se a pesquisa intitulada “Jogos de Tabuleiro no Ensino de Números Inteiros: uma proposta de sequência didática”. Trabalho elaborado pelo então discente Luiz Gustavo Alves Silva, sob orientação da professora doutora Cátia Regina de Oliveira Quilles Queiroz, como parte de uma dissertação de mestrado para o curso “Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT” pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG).

O objetivo da pesquisa foi a elaboração de um jogo de tabuleiro educativo como recurso educacional destinado ao ensino das operações com números inteiros, jogo esse intitulado “Corrida Zahl”. A palavra “Zahl” significa “número” em alemão, de modo que dá origem ao símbolo “Z” usado para representar o Conjunto dos Números Inteiros. O referido jogo também aborda, de forma secundária, conceitos de probabilidade, estatística, geometria espacial e frações.

Os resultados da pesquisa, bem como o produto educacional propriamente dito, foram apresentados em diversos eventos de Educação Matemática, tais como o XLII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC), em 2023, e o II Encontro Mineiro do Profmat, em 2024, tendo inclusive sido publicado resumos nos respectivos anais. O jogo também pôde ser testado e avaliado durante uma pesquisa de campo executada com uma amostra de alunos do 7º ano do Ensino Fundamental II da rede pública de ensino.

SUMÁRIO

O presente artigo tem por objetivo apresentar o recurso educacional desenvolvido e destacar os resultados obtidos com a pesquisa.

Esse é um jogo de trilha cujos tabuleiros e fichas utilizados são de fácil confecção e poderiam até ser desenhados com lápis e régua sobre uma cartolina; os dados e peões presentes no jogo são materiais genéricos que podem ser encontrados em lojas especializadas em jogos ou até mesmo em papelarias. Recomenda-se aplicar o jogo para introduzir o estudo de operações com números inteiros, embora essa ferramenta pedagógica também possa ser usada como revisão de conteúdo.

O jogo possui duas modalidades: Adição/Subtração e Multiplicação/Divisão. Por se tratar de um jogo de trilha, os participantes partem de um mesmo ponto (ou de uma mesma distância da chegada), e vence aquele que primeiro chegar ao final da trilha. O movimento dos peões sobre o tabuleiro é regido por operações matemáticas associadas a experimentos aleatórios envolvendo dados.

Em ambas as modalidades, adição e subtração ou multiplicação e divisão, os tabuleiros devem estar bem fixados sobre uma mesa de superfície plana e com espaço para comportar também um tabuleiro auxiliar. Os dados e fichas devem estar em local de fácil acesso a todos jogadores, bem como as fichas precisam ser embalhadas e colocadas viradas para baixo.

Sobretudo, é recomendável (mas não obrigatório) que as partidas do jogo sejam mediadas por um professor de matemática a fim de prezar pelos aspectos pedagógicos da atividade lúdica.

JOGO DA ADIÇÃO E SUBTRAÇÃO

As partidas da modalidade Adição e Subtração são disputadas no Tabuleiro 1, indicado pela Figura 1. Nesse tabuleiro, as casas

são originalmente coloridas de azul, e as casas com números primos são destacadas em dourado.

Figura 1 - Tabuleiro 1

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
09															26
08	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67			27
07	55												68		28
06	54	86	87	88	89	90	91	92	93				69		29
05	53	85								74			70		30
04	52	84	100	99	98	97	96	95					71		31
03	51	83											72		32
02	50	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73				33
01	49														34
00	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Cada jogador recebe um peão caracterizado por uma cor específica. Todos iniciam na casa indicada pelo número 00, e ganha a partida aquele que chegar primeiro na casa de número 100. Exemplos desses peões estão indicados pela Figura 2.

Figura 2 - Os peões

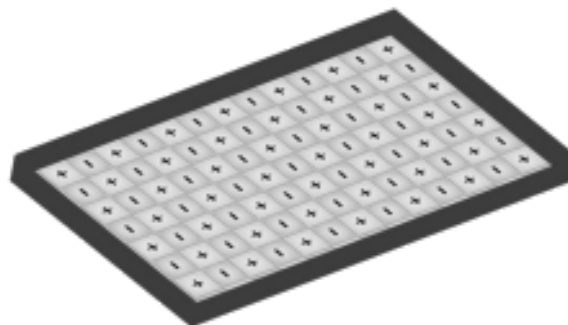


Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

O jogador que faz o primeiro movimento deve ser sempre o mais novo entre os participantes. Em seguida, os demais jogam intercaladamente, no sentido horário, até completar cada rodada. Assim, antes mesmo de a partida iniciar, as crianças já precisam analisar quantidades, ordenação e sentido.

Neste jogo, também é utilizado o Tabuleiro Auxiliar, indicado pela Figura 3.

Figura 3 – Tabuleiro Auxiliar



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Um detalhe importante sobre o Tabuleiro Auxiliar é que ele é fixado ao fundo de uma caixa onde são lançados os dados. Esse tabuleiro apresenta uma malha quadriculada com 112 casas distribuídas em 8 colunas e 14 fileiras, e suas casas são indicadas com sinais positivos e negativos, sinais esses igualmente intercalados.

Para movimentar o seu peão, um jogador, em sua vez, deve lançar, sobre o Tabuleiro Auxiliar, um dado de operações Adição/Subtração, obtendo assim uma operação a ser feita com um número positivo ou negativo. O referido dado está representado pela Figura 4.

Figura 4 – Dado de Adição/Subtração



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Devido à configuração do tabuleiro auxiliar, o sinal sorteado teria 50% de chance de parar sobre uma casa positiva, e 50% em uma casa negativa. Aqui vale ressaltar que, caso o dado pare sobre as linhas entre as casas, de modo que não dê para determinar sobre qual casa está a maior porção do dado, ele deve ser lançado outra vez.

Assim, lançado o dado de Adição/Subtração, há quatro resultados possíveis:

- adicionar um número positivo;
- adicionar um número negativo;
- subtrair um número positivo;
- subtrair um número negativo.

Em seguida, deve ser sorteado um número para o qual será feita uma dessas operações. A operação deve ser efetuada com o número indicado na casa em que se encontra o peão e o resultado da operação indicará para qual casa o peão deve se deslocar.

Perceba que, dessa forma, o peão pode se deslocar “para frente” ou “para trás” no tabuleiro, indo adiante ao adicionar um número positivo ou subtraindo um negativo, e retrocedendo ao subtrair um número positivo ou adicionando um negativo.

Para avançar com o peão, o jogador deve utilizar um dado de 12 faces (D12) para sortear o número a ser operado e deve utilizar um dado de 6 faces (D6) para movimentos retrógrados. Os dados D12 e D6 estão representados pela Figura 5.

Figura 5 – Dado D12 à esquerda e D6 à direita

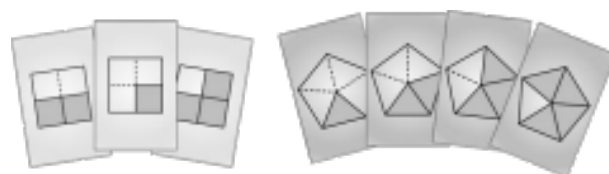


Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Na prática, o número sorteado sempre irá indicar quantas casas o peão deve ser deslocado no tabuleiro, resta então saber se é “para frente” ou “para trás”, e isso dependerá da operação sorteada, bem como do sinal, conforme descrito.

O jogo da Adição e Subtração ainda contém Fichas de Fração representadas pela Figura 6.

Figura 6 – Fichas de quartos à esquerda e fichas de quintos à direita



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Essas fichas expressam quartos ou quintos, sendo em quantidades iguais a 32 e 40, respectivamente. As fichas devem ser embaralhadas antes do início do jogo, e seu monte colocado virado para baixo. Toda vez que um peão parar sobre uma das casas destacadas em dourado no tabuleiro (indicadas por números primos), seu jogador deve receber aleatoriamente uma Ficha de Fração.

Cada participante, em sua vez, após rolar o dado de Adição/Subtração, pode optar por usar suas fichas quando o movimento for de avanço. Se a soma das frações indicadas nas fichas for maior ou igual a 1 inteiro, então o jogador pode rolar um dado de 20 faces (D20) no lugar do D12 para avançar no tabuleiro. O dado D20 está indicado pela Figura 7.

Figura 7 – Dado D20



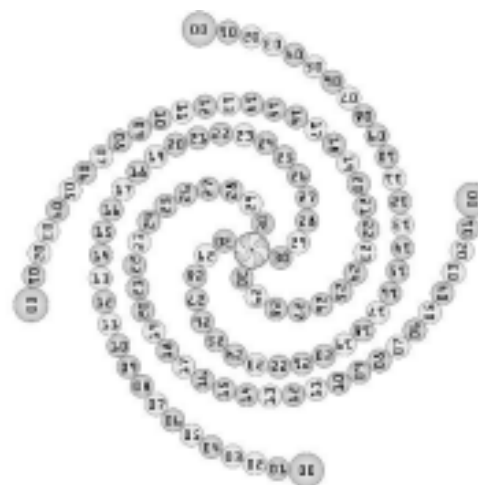
Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

As fichas trocadas por um jogador devem ser embaralhadas e colocadas por baixo no monte de fichas. Vale mencionar que as fichas de quartos ou quintos, a critério dos jogadores, podem ser utilizadas em conjunto ou isoladamente. Lembrando que o uso concomitante dos dois tipos de fichas leva a adições entre frações de denominadores distintos.

JOGO DA MULTIPLICAÇÃO E DIVISÃO

As partidas da modalidade Multiplicação e Divisão são disputadas no Tabuleiro 2, representado pela Figura 8. Nesse tabuleiro, as casas são originalmente coloridas em azul, sendo as casas indicadas por números primos destacadas em dourado.

Figura 8 – Tabuleiro 2



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Esse é um tabuleiro de trilha que possui o padrão formado por espirais de Fibonacci. Nessa modalidade, é utilizado o mesmo Tabuleiro

Auxiliar descrito no jogo da Adição e Subtração. Cada jogador recebe um peão caracterizado por uma cor específica e todos iniciam o jogo a partir de uma das casas indicadas pelo número 00. Ganha a partida aquele que chegar primeiro na casa central do tabuleiro.

O jogador que faz o primeiro movimento deve ser sempre o mais velho entre os participantes. Em seguida, os demais jogam intercaladamente, em sentido anti-horário, até completar cada rodada.

Para movimentar o seu peão, um jogador, em sua vez, deve lançar, sobre o Tabuleiro Auxiliar, um par de dados de 10 faces (D10), obtendo assim um par de números inteiros. Note que os dois números inteiros sorteados pertencem ao intervalo $[1, 10]$, sendo atribuído um sinal aos números, a depender de onde os dados caírem sobre o Tabuleiro Auxiliar. A Figura 9 ilustra exemplos do dado D10.

Figura 9 – Dados D10



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Após lançar o par de dados D10, se os sinais dos dois dados forem iguais, então o peão avança em direção ao centro do tabuleiro. Caso contrário, se os sinais forem diferentes, o peão deve retroceder. Essa é uma regra axiomática do jogo, mas que tem por intuito estabelecer um sentido positivo em direção ao centro e um sentido negativo ao se afastar do centro.

Lançados os dois D10, o jogador da vez deverá escolher imediatamente se deseja fazer a multiplicação ou a divisão entre os dois números sorteados. O resultado da operação indicará quantas casas o peão deve avançar ou retroceder no Tabuleiro 2, conforme será descrito a seguir.

Se a operação escolhida for a multiplicação, então a quantidade de casas a serem deslocadas pelo peão será igual ao algarismo das unidades do produto entre os dois números sorteados.

Se a operação escolhida for a divisão, então a quantidade de casas a serem deslocadas será igual a parte inteira do racional obtido pelo quociente entre o número de maior módulo sorteado pelo de menor módulo entre eles; se os números tiverem módulos iguais, é evidente que o deslocamento será igual a 1 casa.

Para fazer a melhor escolha, o jogador deve pensar rapidamente em qual é o algarismo das unidades do produto e quantas vezes o número menor “cabe inteiro” dentro do maior. Sabendo o tamanho do deslocamento, fica fácil de escolher entre multiplicação e divisão.

O jogo da Multiplicação e Divisão ainda contém a Carta Curinga, representada pela Figura 10. Essa é uma carta única presente no jogo e é passada de jogador para jogador durante toda a partida. Toda vez que um peão parar sobre uma casa dourada, seu jogador deve ficar com a Carta Curinga e só deve passá-la a outro participante que tiver seu peão estacionado sobre uma casa dourada numa jogada subsequente.

Figura 10 – Carta Curinga



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Em sua vez de jogar, o participante que esteja em posse do Curinga não poderá optar por escolher entre multiplicação e divisão após lançar o par de dados D10, em vez disso, a determinação da operação será definida pelo lançamento de um dado de operação Multiplicação/Divisão, indicado pela Figura 11.

Figura 11 – Dado de Multiplicação/Divisão



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Recomenda-se que o professor mediador discuta com os alunos o porquê de a Carta Curinga ser um sinal de azar e que, ainda que um participante receba a carta, não necessariamente ele irá utilizar o dado de Multiplicação/Divisão, pois o Curinga pode ser passado para outra pessoa antes que chegue sua vez novamente. Uma discussão sobre probabilidades pode mostrar aos alunos que quem usar o dado de Multiplicação/Divisão terá menos de 50% de chance de avançar em direção ao centro do tabuleiro, devido às combinações de multiplicação terminadas em zero.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jogo “Corrida Zahl” foi aplicado a uma amostra de 24 alunos do 7º Ano do Ensino Fundamental II ao longo de cinco oficinas presenciais durante o ano de 2023. As oficinas foram ministradas pelo então mestrando responsável pela pesquisa e teve como público estudantes da Escola Municipal Benedita Braga Cobra, no município de Borda da Mata/MG.

O principal suporte teórico usado durante a pesquisa de campo foi a teoria socioconstrutivista do pensador Lev Vygotsky. A teoria propõe que a interação e a comunicação entre os alunos em seu ambiente desempenham um papel fundamental no desenvolvimento cognitivo. Assim, Vygotsky (2007) formulou o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que avalia em que

medida o nível atual (desenvolvimento real) de uma criança na resolução independente de problemas se distancia de um nível futuro (desenvolvimento potencial), que é caracterizado pela resolução de problemas com o auxílio da mediação de seus pares com maiores habilidades.

Outro referencial fundamental para a pesquisa foi o educador matemático Cristiano A. Muniz (2023), ao apontar que os jogos matemáticos constituem uma importante ferramenta de aprendizagem. Para esse autor, as regras abstratas da Matemática podem ser interpretadas como as regras igualmente abstratas de um jogo, e analisar as habilidades logico-matemáticas presentes em um jogo educacional pode permitir a compreensão do desenvolvimento de uma criança e sua capacidade de produção do conhecimento matemático durante a atividade lúdica.

Sobre a eficácia da aplicabilidade do jogo “Corrida Zahl”, tendo em vista o estudo de caso realizado, seguem algumas ponderações. A princípio, pôde-se constatar que o jogo cumpriu com as expectativas de ser divertido e interativo. Surpreendentemente, as crianças amostradas pela pesquisa, em geral, compreenderam com grande facilidade as regras e dinâmicas do jogo. Os jogadores conseguiram fazer todos os cálculos aritméticos mentalmente, mesmo que com o auxílio de outros participantes.

As crianças que possuíam mais afinidade com Matemática ou jogos de estratégia logo assumiam posições de liderança, ajudando ativamente os demais participantes na compreensão das regras do jogo, explicando os resultados dos lances ou mesmo auxiliando em cálculos mentais. Dessa forma, foi justamente pelo contraste entre as crianças com maiores habilidades lógico-matemáticas e aquelas com maiores dificuldades que foi possível estabelecer uma ZDP.

Foram aplicadas aos alunos, antes e depois dos jogos, avaliações com problemas matemáticos que abrangiam as unidades

temáticas trabalhadas durante o jogo, a fim de mapear a desenvoltura dos discentes amostrados. Um fator a se observar é que, da primeira para a segunda avaliação, mesmo que os objetos de conhecimentos tenham se mantido os mesmos, houve um ligeiro aumento de complexidade na interpretação dos enunciados. Dessa forma, apesar de algumas questões não terem apresentado melhora nos resultados, há o indício de que o jogo tenha obtido uma repercussão positiva, uma vez que os resultados foram praticamente “mantidos”, mesmo diante a um grau de dificuldade maior.

Contudo, para a obtenção de dados quantitativos expressivos, seria interessante que pudesse ser administrado um número considerável de sessões dos jogos, sem que atrapalhasse o cotidiano escolar. Por exemplo, a escola poderia reservar uma área de jogos para que as crianças pudessem brincar durante os intervalos recreativos. Mormente, tão relevante quanto avaliar os alunos por meio de um exame discursivo que aborde a resolução de problemas, talvez seja igualmente relevante analisar como os alunos evoluem suas habilidades cognitivas dentro do próprio jogo. Nesse sentido, o professor mediador poderia selecionar um grupo de alunos que, a princípio, apresentaram maiores dificuldades durante as primeiras sessões de jogos e colocá-los para jogar juntos sem a participação daqueles que apresentaram maiores facilidades. Assim, o educador poderia analisar a desenvoltura dessa amostra de crianças a fim de avaliar o quanto o nível de desenvolvimento real pode ter aumentado após o estímulo do nível de desenvolvimento potencial propiciado pelas primeiras sessões.

Diante dessas considerações, espera-se que este trabalho aponte para novas possibilidades de métodos de investigação em futuras pesquisas e que eventualmente o jogo “ ” possa ser analisado por outras abordagens, por diferentes pesquisadores que se interessem e, sem dúvida, que o jogo possa ser aprimorado e estudado sob diferentes suportes teóricos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Matemática. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Matemática. Brasília: MEC/SEF, 1998.

CARVALHO, A. V.; PICCOLO, P. T. (org.). **Jogos de Tabuleiro na Educação**. São Paulo: Devir, 2022.

MUNIZ, C. A. **Brincar e Jogar**: enlaces teóricos e metodológicos no campo da Educação Matemática. (Coleção Tendência em Educação Matemática). Belo Horizonte: Autêntica, 2023.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Tradução de José Cipolla Neto *et al.* São Paulo: Martins Fontes, 2007.

3

José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva

SCRIPTRLOT: UM SCRIPT EM R PARA PRODUÇÃO DE GRÁFICOS ELEGANTES PARA *GGPLOT2*

INTRODUÇÃO

Ensino reprodutível (*ER*, "*reproducible teaching*") é uma abordagem ativa para ensino e aprendizagem que utiliza linguagem de programação para a produção de textos, objetos didáticos, ou sua combinação. Tem suas raízes na *pesquisa reproduzível*, resurgida na Universidade de Stanford pelo cientista da computação Donald E. Knuth (Knuth, 1984), que, ao combinar a linguagem de formatação documental *Tex* de sua autoria com a linguagem de programação *Pascal*, possibilitou a saída de um único documento contendo texto estilizado e trechos de códigos reproduzíveis pelo programa *WEB*, isso há quase uma década antes do advento da internet. Essa junção culminou na compilação de um *documento dinâmico* final e estabeleceu o conceito de *literate programming*, ou programação letrada. A ideia teve sequência na mesma instituição anos mais tarde (Claerbout; Karrenbach, 1992), visando a reprodutibilidade de processamento e filtragem de dados de exploração sísmica, permitindo que profissionais distintos da equipe pudessem reproduzir cálculos, análises e figuras por meio da execução das linhas do código-fonte.

Essa possibilidade de reprodução de um experimento completo, desde sua concepção até sua publicitação e publicação técnico-científica com auxílio de uma linguagem de programação, vem sendo largamente discutida na academia nos últimos anos para a consolidação de uma Ciência Aberta (*Pesquisa Reprodutível*) (Hernandez; Colom, 2025), bem como de uma Educação Aberta (*ER*) (Dogucu, 2024), faces de um mesmo monolito concebido a partir de 1) dados originais, 2) código de análise/produção, 3) documentação e 4) compartilhamento irrestrito (Bean, 2023).

APLICAÇÕES GRÁFICAS PARA PESQUISA & ENSINO-APRENDIZAGEM

Entre os produtos pertinentes ao binômio de *PR* e *ER* encontram-se os gráficos, representações visuais de linguagem algébrica para dados. Ao lado de tabelas e mapas, gráficos constituem a principal argamassa de visualização de dados para manuscritos e livros-texto de abordagem técnico-científica, outrora erigidos em papel milimetrado e publicados com auxílio de papel vegetal sulfurado. Atualmente, há muitos recursos digitais para a construção de gráficos e sua publicitação, utilizáveis em computadores, em dispositivos móveis e em nuvem. Por envolver comumente a necessidade de cálculos e análises estatísticas na academia, os aplicativos são inseridos em suítes gráficas e de análise de dados. Boa parte desses programas exigem licença paga, tais como Prisma Graphpad, Origin Lab, MathWorks Matlab, Wolfram Mathematica, Microsoft Power Bi e Grafiti SigmaPlot.

Também há diversas alternativas gratuitas, entre as quais destacam-se Gnu Octave – uma saída de código aberto ao *Matlab* –, Maxima – uma linguagem de programação para computação algébrica e gráficos, bem como sua interface de usuário WxMaxima –, Jupyter Notebooks – uma suíte para edição e visualização on-line de trechos de códigos, bem como o programa de computação estatística *R*, agregado à sua interface RStudio. Como uma plataforma, *R* & *RStudio* são amplamente utilizados na pesquisa e ensino-aprendizagem, tanto por instituições públicas como por grandes empresas e *big techs* (Meta, Google, Microsoft, SpaceX).

R E PACOTES GRÁFICOS

R (Team, 2000) é uma linguagem de programação de código aberto desenvolvida como um projeto acadêmico no departamento de Estatística da Universidade de Auckland (NZ) em 1992 (Ihaka, 2017), originada a partir da linguagem *S* dos Laboratórios Bell (Giorgi; Ceraolo; Mercatelli, 2022) e que opera como uma linguagem orientada a objeto por comandos de *prompt*. Cinco anos depois, o *R* foi adquirido por um grupo internacional de desenvolvedores, R Core Team (Team, 2000), hoje responsável por sua manutenção e aprimoramento. Atualmente possui extensibilidade garantida pelos seus quase 22 mil pacotes oficiais compartilhados por usuários para uma infinidade de problemas, desde estatística até composição musical, passando por virtualmente todas as áreas do conhecimento. Como atua por expressões envolvendo sintaxe de código, não é de uso simples, embora sua curva de aprendizado seja considerada suave. Juntos, *R* & *RStudio* combinam uma plataforma robusta para importação de dados, análise, visualização, criação de relatórios, desenvolvimento de funções, pacotes e projetos, entre outros.

Há mais de uma dezena de pacotes gráficos para o *R*, dentre os quais destacam-se *graphics*, *lattice* e *ggplot2*, os dois primeiros da instalação original do programa. Esses pacotes apresentam abordagens distintas para a visualização de dados. O pacote base *graphics* opera pelo uso de funções sequenciais, tanto para os elementos gráficos, como para análise e cálculos concomitantes aos dados envolvidos. Dessa forma, um produto construído em *graphics* para múltiplas variáveis requer linhas de comando individuais para cada conjunto, o que tende a tornar o código extenso e repetitivo. Contornando isso, há o pacote *lattice*, desenvolvido para implementar o sistema *Trellis* e voltado à produção de gráficos envolvendo dados multivariados.



SUMÁRIO

O *lattice* permite, em uma única linha de comando, a representação multivariada global dos dados ou em painéis, bem com a adição de linhas de tendência e cálculos correlatos. Embora seja mais robusto para a representação de grande volume de dados, em comparação ao sistema *graphics*, opera com sintaxe algorítmica mais elaborada, o que limita sua apropriação ao aprendiz iniciante.

O sistema *ggplot2*, criado em 2007 por Hadley Wickham – cientista-chefe da *Posit*, que mantém e desenvolve o *RStudio* atualmente –, agrega o potencial gráfico de ambos os sistemas anteriores, combinando a característica aditiva de linhas de comandos intuitivos (*graphics*) ao potencial analítico para grande volume de dados multivariados (*lattice*). De fato, a percepção visual para um gráfico construído com *ggplot2* tem tido melhor recepção em relação ao uso do pacote base *graphics*, mesmo entre estudantes, como reportado num estudo comparativo entre 29.534 alunos de um curso aberto em Pesquisa Reprodutível (Myint *et al.*, 2020).

O *ggplot2* (Wickham; Sievert, 2009) teve por objetivo implementar a *gramática de gráficos* (Wilkinson, 2011), ideia similar à de aplicativos de imagem (Gimp, Canva), e que aborda a construção de um gráfico por camadas sobrepostas. Essa decomposição semântica define 7 camadas justapostas por sinais de adição (“+”), e engloba:

Sequência de camadas para a gramática de gráficos com “*ggplot2*”:

1. Data: linhas individuais de valores (formato Long);
2. Aesthetics: variáveis visuais – mapeamento de eixos, cor, preenchimento, forma, tamanho...;
3. Geometries: pontos, linhas, barras, colunas, boxplot...;
4. Theme: cores, fontes, formatações, demarcações, legendas...;

- 
5. Coordinates: sistema de coordenadas – focalização e zoom do canvas;
 6. Facets: visualização de subconjunto de dados em painéis;
 7. Statistics: transformação de dados para plotagem.

GGPLOT2 E FERRAMENTAS CORRELATAS

O pacote *ggplot2* faz parte de um *ecossistema* de análise e visualização de dados denominado *Tidyverse*, cujos recursos são carregados por pacote homônimo. O *tidyverse* agrega, num conjunto de pacotes interconectados, a importação e organização dos dados (*tidying*), sua transformação, visualização, modelagem e comunicação dos resultados. Para uso do *ggplot2*, e nas palavras de seu mantenedor, “você fornece os dados, diz ao *ggplot2* como mapear as variáveis para a estética, quais primitivas gráficas usar, e ele cuida dos detalhes”¹ (Wickham *et al.*, 2016, tradução nossa). E no espírito pleno e mesmo inconsciente do ensino reproduzível, sua documentação primária pode ser acessada livremente pela internet, por meio de obra periodicamente revisada por seu criador.

Uma vez instalada, a estrutura gramatical da biblioteca permite a produção de gráficos de qualidade de publicação técnico-científica, como ilustrado em diversos sites na rede. Além disso, vários pacotes têm sido contemplados para situações específicas de uso de *ggplot2* em produção científica, tais como *ggpubfigs* (Steenwyk; Rokas, 2021) para a extensão de paletas de cor, *ggmap* para a visualização espacial, *ggfortify* para a visualização de modelos estatísticos, *GGally* para

1 No original: You provide the data, tell *ggplot2* how to map variables to aesthetics, what graphical primitives to use, and it takes care of the details.

a visualização estatística complementar de gráficos, como também *ggbio* e *ggtree*, ambos do repositório *Biocondutor*, para a visualização de dados biológicos (Tyner; Briatte; Hofmann, 2017).

Por outro lado, ainda que *ggplot2* seja intuitivo e com uma curva de aprendizagem relativamente suave, a simples observação de que depende de uma sintaxe de linguagem de programação é suficiente para afugentar iniciantes com experiências plenas nos aplicativos de cliques de mouse, tais como os elencados na Seção 2. Para ilustrar essa situação, segue um trecho de código reproduzível em ambientes R e seu produto de saída contendo as 7 camadas da *gramática de gráficos* de Wilkinson (2011).

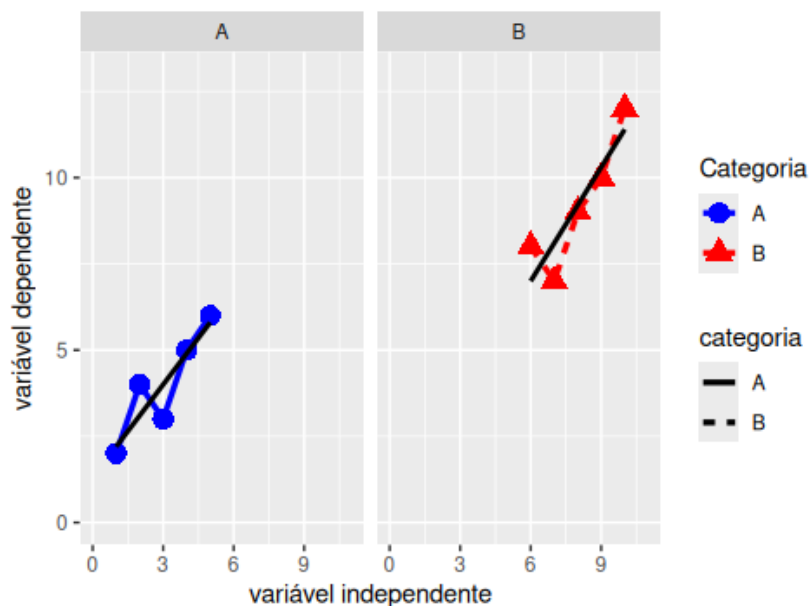
```
library(ggplot2)
dados <- data.frame( x = 1:10, y = c(2, 4, 3, 5, 6, 8, 7, 9,
10, 12), categoria = factor(rep(c("A", "B"), each = 5))) #
dados simulados
ggplot(dados, aes(x = x, y = y, color = categoria, shape =
categoria)) + # camada de mapeamento estético dos dados
geom_line(aes(linetype = categoria), size = 1.2) +
geom_point(size = 4) +
geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, color =
"black") +
# camada geométrica com linhas, pontos e curva de ten-
dência scale_color_manual(values = c("A" = "blue", "B"
= "red")) +
scale_shape_manual(values = c("A" = 16, "B" = 17)) +
# camada de cores e formas personalizadas coord_carte-
sian(xlim = c(0, 11), ylim = c(0, 13)) +
# camada de coordenadas
facet_wrap(~ categoria, ncol = 2) +
# camadas de painel (gráficos por categorias) +
theme_grey() +
```



```
labs(title = "Exemplo de gráfico com 'ggplot2'", x = "variável independente",  
y = "variável dependente", color = "Categoria",  
shape = "Categoria") # camada de temas e rótulos
```

Figura 1 – Um exemplo de gráfico produzido com *ggplot2* apresentando as 7 camadas da gramática de gráficos

Exemplo de gráfico com `ggplot2`



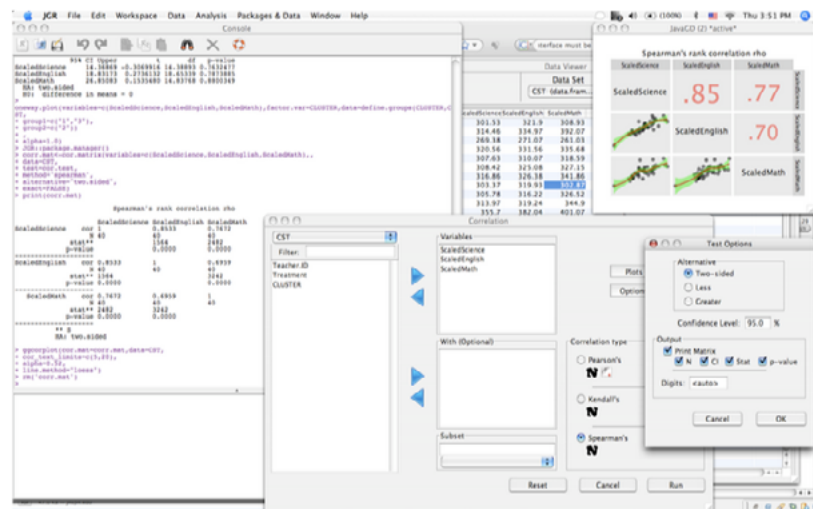
Fonte: elaborado pelo autor com base em Wilkinson, 2011.

INTERFACES GRÁFICAS PARA GGLOT2

Pelo trecho de código apresentado para o gráfico da Figura 1, fica evidente uma aculturação parcimoniosa para apropriação da sintaxe

desejada à produção gráfica com *ggplot2*. Contornando esse problema, surgiram algumas poucas interfaces gráficas no intuito de facilitar a visualização de dados com cliques de mouse agregados (ou não) aos códigos-fonte dos gráficos. Uma das primeiras concebidas envolveu o pacote *Deducer* (Fellows, 2012), uma implementação de interface baseada em *Java* para construção gráfica (*plot builder*) em *ggplot2* (Figura 2).

Figura 2 – A interface gráfica *Deducer* para *ggplot2*



Fonte: Deducer, 2022.

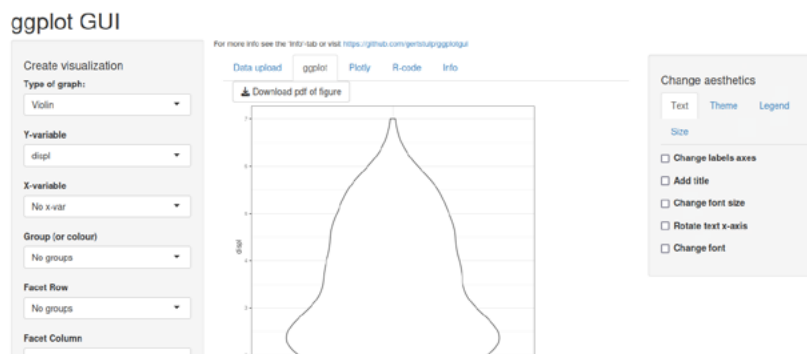
Embora *Deducer* contemple a interface gráfica como um pacote do próprio *R*, outras *GUIs* para uso remoto surgiram para lubrificar o caminho de produção com *ggplot2*. Um exemplo é *Learn ggplot2* (Moon, 2017), um aplicativo web desenvolvido em 2016 com o *framework shiny*, também um pacote do *R* (Figura 3).

Figura 3 – Tela inicial do aplicativo web Learn ggplot2

Fonte: Moon, 2017.

Pela facilidade de implementação para visualização de dados com uso de shiny, outras iniciativas foram posteriormente contempladas. Um exemplo é PlotsOfData (Postma; Goedhart, 2019), um aplicativo web baseado em shiny e que permite a inserção e sumarização de dados, além da construção de gráficos com a biblioteca (Figura 4).

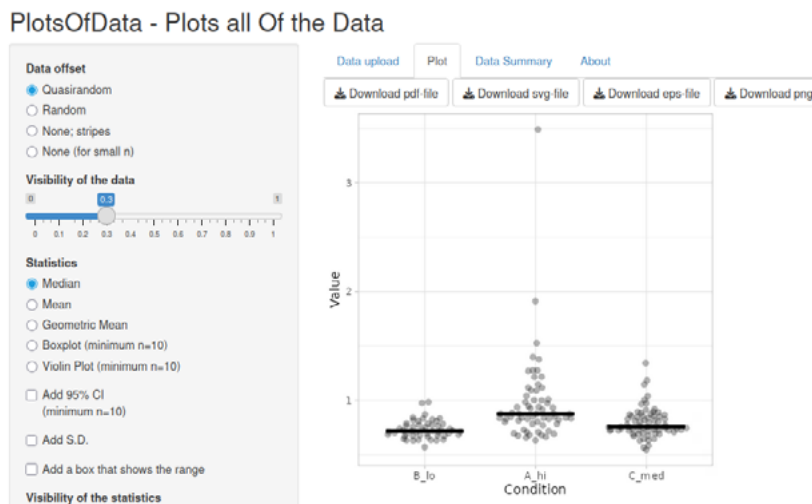
Figura 4 – Exemplo de tela do aplicativo web PlotsOfData para gráficos ggplot2 em ambiente shiny



Fonte: Postma; Goedhart, 2019.

Outro exemplo de aplicativo web, e que também faz uso do *framework shiny*, é o GGPlot GUI, cuja tela inicial é apresentada na Figura 5.

Figura 5 – GGPlot GUI, outra iniciativa de cliques de mouse para facilitar o uso de *ggplot2*



Fonte: GGPlot Gui, 2025.

Ainda que essas iniciativas sejam sedutoras por possibilitarem a construção de um gráfico *ggplot2* de natureza complexa no que tange à lógica de programação envolvida, e sob as expensas de cliques de mouse para inserção/seleção de dados, bem como do universo de elementos gráficos constituídos pelo pacote, há um viés envolvido no processo de ensino e aprendizagem: não são passíveis de reprodutibilidade, tal como auferida em Ciência e Educação Abertas. Isso decorre do fato de que cliques de mouse, salvo a produção e compartilhamento de vídeo detalhado sobre cada gráfico construído, não guardam memória, uma vez que não operam por linhas de comando de texto.

E essa é uma das principais características vantajosas do uso de linhas de comando sobre cliques de mouse, visto que permitem

o compartilhamento facilitado de ideias e registros juntamente ao código-fonte comentado, visando à compilação de um produto específico num simples editor de texto. Assim, estabelece-se um impasse técnico-didático: se por um lado o uso do mouse pode facilitar (e muito) a construção de gráficos, tal como ocorre com planilhas eletrônicas (por exemplo, Microsoft Excel, Libreoffice Calc), por outro a sintaxe de programação é plena em reproduzir uma sequência de comandos indubitáveis à reprodução e adaptação do objeto pretendido.

E indo um pouco mais além, com o advento de Markdown, uma linguagem de marcação de texto para formatação web (*HTML*), plataformas como *R* & *RStudio* permitem implementar a *programação letrada* de Knuth (Knuth, 1984), com texto estilizado e gráficos de *ggplot2* num mesmo texto de literatura científica (Cockett *et al.*, 2024; Rimal, 2021). Exemplo disso constitui o uso do pacote quarto para a criação de artigos técnico-científicos em *Rmarkdown*, tal como detalhado em Bauer e Landesvatter (2023) e ilustrado na redação deste capítulo.

SCRIPTRLOT

No meio termo entre os *recursos educacionais abertos* (Adedoyin *et al.*, 2025) para a produção de gráficos com *ggplot2* por “ambientes clicáveis” de agradabilidade garantida e a obrigatória inserção de linhas de comando plenamente reproduzíveis, adaptáveis e compartilháveis, oferece-se neste capítulo o *ScriptRplot*. O objeto, uma corruptela para *script* com *R* para a produção de *plots*, permite a produção de gráficos de *ggplot2* por comandos de texto. Diferente da sintaxe convencional de programação de *R* e do sistema gráfico do pacote, o *ScriptRplot* oferece ao usuário os ajustes necessários à plotagem em linguagem natural. Não obstante, também fornece a linha completa de comandos para a compilação do gráfico pretendido.

O código-fonte para o *ScriptRplot*, bem como algumas instruções de uso e exemplos ilustrativos, encontra-se disponível no site [Bioquanti](#) (Schneedorf, 2023). O website foi idealizado inicialmente para cobrir diversos temas em *Bioquímica Quantitativa* sob pressupostos de ensino reproduzível e pelo uso de três softwares de distribuição livre, incluindo a plataforma *R* & *RStudio*. O site em atualização conta também com materiais voltados às áreas do ensino básico, envolvendo Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Linguagens, e com um aplicativo portátil para estudo de gráficos em *JavaScript* e *JSPlotly*.

CAMADAS E ESTRUTURA PARA OS ELEMENTOS GRÁFICOS

O *ScriptRPlot* foi concebido itemizando as 7 camadas propostas na *gramática de gráficos*, mas dispersas numa sequência autoral itemizada para a confecção do gráfico dada abaixo:

1. Data load - carregamento de dados;
2. Reshape – conversão facultativa de dados de formato Wide para Long exigido pelo pacote;
3. Preamble – transformações prévias no conjunto de dados (atualmente, somente uma conversão facultativa de variável numérica em categórica);
4. Dataset – atribuição de variáveis dependente e independente;
5. Grouping – atribuição de variável de grupo;
6. Error bar – barra de erros e formatação;
7. Symbol – tipo e atribuições para símbolos;
8. Line – tipo e atribuições para linhas;
9. Curve – linhas matemáticas de tendência e formatação;

10. Other plots – atribuições facultativas para barras, histogramas, gráfico de matriz de dados, simulação de curvas matemáticas, e apresentação de painéis;
11. Axis – atribuição dos eixos (primário e secundário);
12. Linhas – adição e formatação de linhas verticais e horizontais;
13. Zoom – nível de cobertura dos eixos do gráfico;
14. Additional colour scale – paletas adicionais de cores;
15. Additional expression – expressões aditivas facultativas;
16. Legend – formatação de legendas;
17. Caption – formatação de rótulos (títulos, subtítulos);
18. Text – inserção e posicionamento de texto.

Para cada item elencado acima, o *ScriptRplot* oferece um rápido comentário sobre as possibilidades de inserção, tal como representado na Figura 6.

Figura 6 – Um excerto de alternativas possíveis para edição de um componente gráfico presente no *ScriptRplot*

```

26
27 ~ ##### PREAMBULE #####
28 tmp=as.factor(tmp) # se necessário, converte uma variável numérica em discreta
29
30 ~ ##### DATASET #####
31 x= DA # variável independente
32 y= Fluor # variável dependente
33 error= NA # variável error; NA
34 group= tmp # group: NA; NULL # útil quando só houver uma variável discreta
35 mapping = aes(x = DA, y = Fluor) # aes(x=x,y=y); não pode ter x=x e x=y pra subconjunto (em
geom_smooth); se boxplot, bar ou col - aes(x=grupo, y = sinal); se bar ou histogram para
somatórias (count), apenas x ou y
36 theme_plot=theme_grey() # grey,bw,minimal,linedraw,classic,dark,void,light
37
38 ~ ##### GROUPING #####
39 # Main geoms, unique for overall data our separated by groups
40 allpoints = geom_blank # blank; point; col; bar; line (será adicional/alternativo ao line
interno); smooth (também adicional); path (útil pra cv, pois conecta pontos na ordem em que
aparecem); count; boxplot; smooth; path; area; polygon; rug; step; tile; violin; pointrange

```

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Dessa forma, é possível experimentar variações diversas para a plotagem, ao mesmo tempo em que se permite uma apropriação paulatina e até mesmo lúdica da sintaxe exigida pelo *ggplot2*, embora essa não seja necessária à compilação do gráfico, bastando-se apenas a inserção sequencial e facultativa de seus elementos. Uma vez configurado textualmente os elementos gráficos, o *ScriptRplot* segue convertendo as variáveis do usuário em variáveis para interpretação do compilador do *R*. As variáveis convertidas a partir dos componentes gráficos são apresentadas na Figura 7.

Figura 7 – Quadro de componentes gráficos para o *ScriptRplot* junto à gramática de *ggplot2*

Elemento	Objeto	Comando
Mapping	main	<code>ggplot(data=dataset, mapping)</code>
Título e Legenda	titles	<code>theme(plot.title = ..., plot.caption = ...)</code>
Rótulos	labels	<code>labs(x=..., y=..., title=..., ...)</code>
Barras de erro	error_bar	<code>geom_errorbar(... aes(ymin=y-error_down, ymax=y+error_up))</code>
Legenda	plot_legend	<code>theme(legend.title=..., legend.position=..., ...)</code>
Guias	legend_guide	<code>guides(colour=..., size=..., ...)</code>
Anotação de texto	annotation	<code>annotate("text", x=..., y=..., label=..., parse=TRUE)</code>
Valores dos eixos	axis_values	<code>theme(axis.text.x=..., axis.text.y=...)</code>
Rótulos dos eixos	axis_labels	<code>theme(axis.title.x=..., axis.title.y=...)</code>
Zoom	axis_lim	<code>coord_cartesian(xlim=c(x_min,x_max), ylim=c(y_min,y_max))</code>
Linha horizontal	line_add_horiz	<code>geom_hline(yintercept=..., ...)</code>
Linha vertical	line_add_vert	<code>geom_vline(xintercept=..., ...)</code>
Linha inclinada	line_add_incl	<code>geom_abline(intercept=..., slope=..., ...)</code>
Tipo 1 - Todos os pontos	type_allpoints	<code>allpoints(shape=..., colour=..., ...)</code>
Tipo 2 - Agrupamento	type_group	<code>grouping(stroke=..., aes(shape=..., ...))</code>
Resumo estatístico	summary_stats	<code>stat_summary(fun.data=..., fun=..., ...)</code>
Linha 1 - Todos os pontos	line_all	<code>geom_line(size=..., alpha=..., ...)</code>
Linha 2 - Agrupamento	line_group	<code>geom_line(size=..., aes(...))</code>
Curva 1 - Todos os pontos	curve_all	<code>geom_smooth(data=subset(...), method=..., aes(...))</code>
Curva 2 - Agrupamento	curve_group	<code>geom_smooth(data=subset(...), method=..., aes(...))</code>
Barra/Histograma	bar_hist	<code>hist_bar(stat=..., bins=..., aes(...))</code>
Simulação	simul	<code>simulation(fun=..., geom=..., ...)</code>
Comando Principal	p_main	<code>main + theme_plot + ... + bar_hist + ...</code>
Complementos	p	<code>p_main + axis_inversion + ... + simul + legend_inversion</code>

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

A partir das atribuições acima, o usuário define as condições necessárias para a construção do gráfico, embora desprovido da obrigatoriedade do conhecimento de sua sintaxe. As variáveis permitem a construção de até dois gráficos sobrepostos, incluindo atribuições individuais para tipos, símbolos, linhas e curvas de tendência. Ainda que passível de uma discussão acerca de seu mérito, isso permite a visualização simultânea para os dados globais do *dataset* junto a grupos separados de suas variáveis, bem como a apreciação simultânea de dois tipos gráficos sobrepostos, como dispersão de pontos junto à *boxplot*, habilidade inexistente nos programas concorrentes listados neste texto.

Entre as curvas de tendência, o *script* utiliza bibliotecas da instalação original para ajuste linear, curva de suavização local (*lowess* - *locally weighted scatterplot smoothing*), e ajuste não-linear aos dados, esse a partir de funções arbitrárias inseridas pelo usuário.

DIAGRAMA DE PLOTAGEM

Sucedendo-se a estrutura para configuração dos elementos gráficos, o *script* reúne as informações num *diagrama de plotagem*, o qual estrutura a sequência para a compilação do código. Uma descrição sucinta do diagrama está apresentada abaixo.

DIAGRAMA DE PLOTAGEM PARA O SCRIPTRLOT:

```
# Mapping
main=ggplot(data=dataset,mapping)

# Title & Caption
titles=theme(plot.title = element_text(face = "bold",hjust=0.5))+theme(plot.caption = element_text(hjust = figure_caption_x_position))
```

SUMÁRIO

Labels

```
labels=labs(x=axis_label_x,y=axis_label_y,title=figure_title,subtitle=figure_subtitle,caption=figure_caption)
```

Error bars

```
error_bar=geom_errorbar(size=error_thick,colour=error_colour, alpha=error_alpha,width=error_width,aes(y_min=y-error_down, ymax=y+error_up))
```

Legend

```
plot_legend=theme(legend.title = element_blank(),legend.position = legend_position,legend.background = element_rect(linetype = 1, size = 0.2, colour = 1),legend.text = element_text(size=legend_fontsize))
```

Guides

```
legend_guide=guides(colour=legend_colour,size=legend_size,linetype=legend_line,shape=legend_shape,fill=legend_fill, alpha = legend_alpha)
```

Text

```
annotation=annotate("text", x = annotation_x,y=annotation_y,label=annotation_text,parse=TRUE)
```

Axis values

```
axis_values= theme(axis.text.x =element_text(size=axis_values_x_fontsize,angle = axis_values_x_angle))+theme(axis.text.y =element_text(size=axis_values_x_fontsize,angle = axis_values_y_angle))
```

Axis label values

```
axis_labels=theme(axis.title.x = element_text(size = axis_label_x_fontsize))+theme(axis.title.y = element_text(size = axis_label_y_fontsize))
```

Zoom

```
axis_lim=coord_cartesian(xlim=c(x_min,x_max),ylim=c(y_min,y_max))
```


Added lines (horizontal, vertical, sloping)

```
line_add_horiz=geom_hline(yintercept = line_horiz,line-
type=line_type,size=line_add_size,colour=line_colour,al-
pha=line_alpha) line_add_vert=geom_vline(xintercept =
line_vert,linetype=line_type,size=line_add_size,colou-
r=line_colour,alpha=line_alpha) line_add_incl=geom_
abline(intercept=line_incl_intercept,slope=line_incl_slo-
pe,linetype=line_type,size=line_add_size,colour=line_
colour,alpha=line_alpha)
```

1st Type – Allpoints

```
type_allpoints=allpoints(shape=symbol_shape_all,colou-
r=symbol_colour_all,size=symbol_size,fill=symbol_fill_
all,stroke=symbol_stroke,alpha=symbol_alpha)
```

2nd Type – Grouping

```
type_group=grouping(stroke=symbol_stroke,stat=sym-
bol_stat,position=symbol_position,aes(shape=symbol_
shape_group,colour=symbol_colour_group,size=symbol_
size,fill=symbol_fill_group,alpha=symbol_alpha))
```

Statistical Summary

```
summary_stats = stat_summary(fun.data = stat_fun_dat,
fun = stat_fun, geom = stat_geom, colour = stat_colour,
fill = stat_fill, size = stat_size)
```

1st Line – Allpoints

```
line_all=geom_line(size=line_size,alpha=line_alpha,line-
type=line_type_all,color=line_colour_all,na.rm=TRUE)
```

2nd Line – Grouping

```
line_group=geom_line(size=line_size,alpha=line_alpha,-
na.rm=TRUE, aes(linetype=line_type_group,color=line_
colour_group))
```


LINHA DE COMANDO FINAL

```
# 1st Curve – Allpoints
curve_all=geom_smooth(data=subset(dataset,curve_subset), method=curve_method,formula = curve_formula, method.args = list(start = curve_nonlinear_seeds),se=curve_se,span=curve_span,size=curve_size, colour=curve_colour_all,linetype=curve_type_all,na.rm=TRUE, n = curve_npoints, aes(weight = curve_weight))

# 2nd Curve – Grouping
curve_group=geom_smooth(data=subset(dataset,curve_subset),na.rm=TRUE, method=curve_method,formula = curve_formula,method.args = list(start = curve_nonlinear_seeds),se=curve_se,span=curve_span,size=curve_size, n = curve_npoints, aes(weight = curve_weight,colour=curve_colour_group,linetype=curve_type_group))

# Bar/Histogram
bar_hist=hist_bar(stat=count_stat,bins=count_bins,binwidth=count_binwidth,position=count_position,aes(colour=symbol_colour_group,fill=symbol_fill_group))

# Simulation
simul = simulation(fun=simul_fun, geom = simul_geom, colour = simul_colour, size = simul_size, n= simul_n,xlim=c(simul_x_min,simul_x_max))
```

pode observar e aprender com a sintaxe original para cada função do pacote. Por fim, cada variável convertida é agrupada numa única linha de comando aditiva para as diversas configurações do gráfico. Essa linha está representada abaixo.

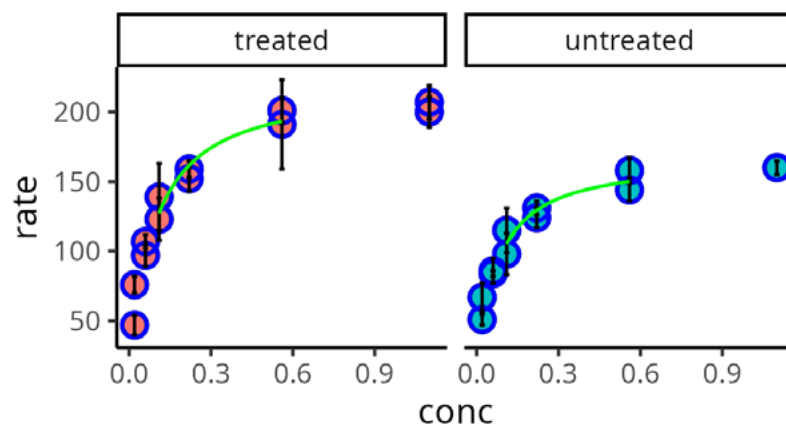
LINHA DE COMANDO FINAL PARA O SCRIPTRPLLOT:

```
main+theme_plot+titles+labels+error_bar+plot_legen-
d+annotation+axis_values+axis_labels+axis_lim+fa-
ceting+type_allpoints+type_group+line_all+line_grou-
p+curve_all+curve_group+symbol_jitter+bar_hist+li-
ne_add_horiz+line_add_vert+line_add_incl+axis_inver-
sion+axis_transf_x+axis_transf_y+legend_guide+add_
ggplot_expression+add_colour_scale+secondary_axis+-
summary_stats+simul+legend_inversion.
```

Dessa forma, possibilita-se, junto ao *ScriptRplot*, a apreciação de 32 conjuntos de informações facultativamente combinados em um gráfico, cada um com suas formatações específicas. Não obstante, o conjunto aparentemente significativo de elementos, o *script*, ainda está muito aquém de todas as possibilidades de construção com o sistema *ggplot2*. Em contrapartida, a execução do gráfico como um todo depende somente da inserção de seus elementos iniciais, tais como o *dataset*, o tipo de gráficos desejados, de símbolos, de linhas e as cores, provendo o *script* com a sequência necessária à visualização final do gráfico. Uma vez inseridas essas informações, basta executar o *ScriptRplot* como qualquer outro *script* do *R*. Exemplificando tal simplicidade, por seleção do texto (Ctrl+A), seguido da compilação do *script* (Ctrl+Enter).

Um exemplo de gráfico elaborado com o *ScriptRplot*, visualizado na página correlata do website [Bioquanti](#), é ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Saída gráfica do *ScriptRplot* (versão 1.0) para os dados atividade enzimática sob ação do antibiótico puromicina²



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

UMA PALAVRA SOBRE INICIATIVAS PÚBLICAS EM LITERACIA DIGITAL E EDUCAÇÃO

O *ScriptRplot* de que trata este capítulo pretende coadunar com algumas das expectativas da nova Educação 4.0 e 5.0 (Ahmad *et al.*, 2023), fac-símiles transpostas da Indústria 4.0 e 5.0 (Leng *et al.*, 2022) e distintas apenas na aplicação das últimas a valores sociais e da comunidade global. Especificamente, o aprendizado

- 2 Observe que o gráfico apresenta a inserção de 1) dados multivariados, com 2) símbolos e 3) espessura definida, 4) tipos distintos, 5) preenchimento e 6) cores distintas para cada subconjunto, 7) barras de erro, 8) disposição em painel, 9) configuração e tema específicos e 10) ajuste não linear em subconjuntos para cada nível dos dados e por equação introduzida pelo usuário.



personalizado, imersivo e autônomo para ferramentas de literacia digital e programação aplicadas ao cotidiano, tal como pretendido pela Educação 2030: O Futuro da Educação e das Competências (OECD, 2015). A proposta instituída pela OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) em 2015, prevê a composição de uma matriz conceitual de aprendizagem para as novas competências (conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) exigidas ao século XXI. Em terras brasileiras, também a Lei 14.533 (Brasil, 2023), que instituiu a Política Nacional de Educação Digital (PNED).

Pela PNED, prevê-se a aplicação de recursos estatais que visem eixos como de Inclusão Digital, contando com estratégias para “treinamento de competências digitais”, bem como o “desenvolvimento e acesso a plataformas e repositórios de recursos digitais”. Em paralelo, eixo de Educação Digital Escolar, o qual tem por objeto “garantir a inserção da educação digital nos ambientes escolares, em todos os níveis e modalidades, a partir do estímulo ao letramento digital e informacional e à aprendizagem de computação, de programação, de robótica e de outras competências digitais” (Brasil, 2023, n.p.).

Com a recente chancela do governo federal frente às diretrizes do *Novo Ensino Médio* pelo Conselho Nacional de Educação, destaca-se também a formação técnica e integração tecnológica para uso de ferramentas digitais e tecnologias emergentes, como programação e softwares educacionais. Parte dessa iniciativa também está espelhada na recente Cúpula de Líderes do G20, reunida no Rio de Janeiro em novembro de 2024, que articula, em seu Relatório do G20 sobre Educação, a integração tecnológica nas práticas educacionais e o compartilhamento de conteúdo educacional digital (Group of Twenty, 2024).

A ELABORAÇÃO DESTE CAPÍTULO

A formatação de texto (*RMarkdown*), a inserção e a referência cruzada de figuras e do diagrama em tabela (pacote *kable*, versão 1.4.0), dos hiperlinks, dos trechos de código renderizáveis para gráficos *ggplot2* (versão 3.4.4), bem como o gerenciamento bibliográfico e a conversão do *documento dinâmico* final para compilação a um modelo de arquivo *DOCX* previamente configurado, foram exclusivamente conduzidos com a linguagem de programação *R* (versão 4.3.3, fev/2024) em ambiente de desenvolvimento integrado *RStudio* (versão 2024.09.1 Build 394), e pacote *quarto* (versão 1.4.4) como sistema de publicação científica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ADEDOYIN, O. B. *et al.* Open educational resources: Qualitative evaluation of faculty interest in motivating students to create and use. **Innovations in Education and Teaching International**, [s. l.], v. 62, n. 1, p. 216-232, 2025.

AHMAD, S. *et al.* Education 5.0: requirements, enabling technologies, and future directions. **arXiv preprint arXiv:2307.15846**, [s. l.], 2023.

BAUER, P. C.; LANDESVATTER, C. **Writing a reproducible paper with RStudio and quarto**. [s. l.], 2023.

SUMÁRIO

BEAN, B. L. Teaching Reproducibility to First Year College Students: Reflections From an Introductory Data Science Course. **Journal on Empowering Teaching Excellence**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 5, 2023.

BRASIL. **Lei n. 14.533, de 11 de janeiro de 2023**. Institui a Política Nacional de Educação Digital e altera as Leis nºs 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), 9.448, de 14 de março de 1997, 10.260, de 12 de julho de 2001, e 10.753, de 30 de outubro de 2003. Brasília, DF: Presidência da República, 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Lei/L14533.htm. Acesso em: 17 maio 2025.

CLAERBOUT, J. F.; KARRENBACH, M. Electronic documents give reproducible research a new meaning. *In*: **SEG TECHNICAL PROGRAM EXPANDED ABSTRACTS 1992**. [S. l.]: Society of Exploration Geophysicists, 1992. p. 601-604.

COCKETT, R. *et al.* Continuous Tools for Scientific Publishing. **scipy**, [s. l.], p. 121-136, 2024.

DEDUCERManual. Deducer, 2022. Disponível em: <https://www.deducer.org/pmwiki.php?n=Main.DeducerManual?from=Main.HomePage>. Acesso em: 22 mar. 2025.

DOGUCU, M. Reproducibility in the Classroom. **Annual Review of Statistics and Its Application**, [s. l.], v. 12, 2024.

FELLOWS, I. Deducer: a data analysis GUI for R. **Journal of statistical Software**, [s. l.], vol. 49, p. 1-15, 2012.

GIORGI, F. M.; CERAOLO, C.; MERCATELLI, D. The R language: an engine for bioinformatics and data science. **Life**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 648, 2022.

GROUP OF TWENTY. **G20 Rio de Janeiro Leaders' Declaration**. G20, 2024. Disponível em: <https://g20.org/wp-content/uploads/2024/11/G20-Rio-de-Janeiro-Leaders-Declaration-EN.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

HERNANDEZ, J. A.; COLOM, M. Reproducible research policies and software/data management in scientific computing journals: a survey, discussion, and perspectives. **Frontiers in Computer Science**, [s. l.], v. 6, p. 1491823, 2025.

IHAKA, R. The r project: A brief history and thoughts about the future. **Univ. Auckl**, [s. l.], v. 4, p. 22, 2017.

SUMÁRIO

KNUTH, D. E. Literate Programming. **Comput. J.**, v. 27, n. 2, p. 97-111, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1093/comjnl/27.2.97>. Disponível em: <https://academic.oup.com/comjnl/article-abstract/27/2/97/343244>. Acesso em: 22 mar. 2025.

LENG, J. *et al.* Industry 5.0: Prospect and retrospect. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 65, p. 279-295, 2022.

MOON, K.-W. **Learn ggplot2 using shiny app**. [S. l.]: Springer, 2017.

MYINT, L. *et al.* Comparison of beginning R students' perceptions of peer-made plots created in two plotting systems: a randomized experiment. **Journal of Statistics Education**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 98-108, 2020.

OECD. **Future of Education and Skills 2030/2040**. Organisation for Economic Co-operation and Development, 2015. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html>. Acesso em: 17 maio 2025.

POSTMA, M.; GOEDHART, J. PlotsOfData—A web app for visualizing data together with their summaries. **PLoS biology**, [s. l.], v. 17, n. 3, 2019.

RIMAL, Y. Reproducible Academic Writing and Interactive Data Visualization Using R Markdown (R Programming Flex-Dashboard: Flex_Dashboard Packages). *In*: **Rising Threats in Expert Applications and Solutions**: Proceedings of FICR-TEAS 2020. [S. l.]: Springer, 2021. p. 603-615.

SCHNEEDORF, J. M. Bioquanti, um website interativo para ensino-aprendizagem em Bioquímica. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 110-124, 2023.

STEENWYK, J. L.; ROKAS, A. ggpubfigs: colorblind-friendly color palettes and ggplot2 graphic system extensions for publication-quality scientific figures. **Microbiology Resource Announcements**, [s. l.], v. 10, n. 44, p. 10-1128, 2021.

TEAM, R. C. R language definition. **Vienna, Austria: R foundation for statistical computing**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 116, 2000.

TYNER, S. C.; BRIATTE, F.; HOFMANN, H. Network Visualization with ggplot2. **The R Journal**, [s. l.], 2017.

WICKHAM, H.; SIEVERT, C. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. [S. l.]: springer New York, 2009. vol. 10

WICKHAM, H. *et al.* **Overview**. ggplot2, 2016. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org/>. Acesso em: 17 maio 2025.

WILKINSON, L. The grammar of graphics. *In*: **Handbook of computational statistics: concepts and methods**. [S. l.]: Springer, 2011. p. 375-414.

SUMÁRIO

4

José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva

JSPLOTLY:

UM APLICATIVO PRÁTICO
E PORTÁVEL PARA SIMULAÇÕES
GRÁFICAS INTERATIVAS E DINÂMICAS
AO ENSINO REPRODUTÍVEL

EDUCAÇÃO 5.0 E DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS

A *Educação 5.0* tem sido tema crescente em nossos tempos, ao combinar tecnologias imersivas de realidade aumentada e virtual, aprendizado de máquina, *big data*, internet das coisas (IoT) e inteligência artificial, heranças recentes da Educação 4.0, aos valores de impacto social e às transformações deletérias ao planeta (Vieira *et al.*, 2023). No outro canto do ringue, uma juventude dos assim chamados "*nativos digitais*", jovens focados no uso de dispositivos móveis para toda uma gama de interações sociais mediadas por tecnologia. Não obstante esse matrimônio potencial, reporta-se progressivamente a marcante dicotomia entre o acesso quase irrestrito à informação digital nesses tempos, e a apropriação geracional de ferramentas correlatas (Prakash *et al.*, 2023). Embora qualquer jovem hoje em dia consiga absorver aspectos de mérito individual sobre áudios de redes sociais e plataformas de streaming em velocidade "1.5", raros são os que coadunam com as *competências digitais* recomendadas pela União Europeia desde 2006 para o uso crítico, reflexivo e criativo das novas tecnologias de informação e comunicação, atualizadas no ano corrente pelo Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu) (European Comission, 2025).

ENSINO REPRODUTÍVEL E APLICATIVOS GRÁFICOS

A reprodutibilidade em pesquisa tem sido amplamente discutida há tempos (Most, 1964), tornando-se atualmente um monolito da premissa de qualidade científica com o apoio de *documentos dinâmicos* (Buckley *et al.*, 2025). A mesma preocupação, contudo, não

se transfere ao ensino e aprendizagem, embora haja um movimento inercial de iniciativas seminais a esse respeito (Dogucu, 2024). Não obstante, o ensino reprodutível (ER) modela uma abordagem ativa com uso de linguagem de programação, seu ponto forte à reprodutibilidade garantida do objeto didático ou documento a contemplar, muito embora percebida como uma barreira intransponível, se refletirmos acerca de seu público-alvo, professores e alunos das mais diversas competências (Pownall *et al.*, 2022). O uso de programação ao ER remonta ao sistema *WEB*, desenvolvido por Donald Knuth na Universidade de Standford nos anos 1984 (1984). Contemplando uma combinação da linguagem de programação *Pascal* com a linguagem para formatação documental *Tex*, o matemático e cientista da computação laureado com o *Turing Award* obteve um *documento dinâmico* para edição manual de textos e códigos para compilação automático ao estudo de números primos.

Um dos desafios para a absorção de conteúdos acadêmicos e escolares diz respeito à interpretação de gráficos presentes em livros-texto e conteúdos afins, em especial aos que se referem a funções matemáticas em áreas não puramente matemáticas, como gráficos científicos das ciências naturais. Essa dificuldade parece repousar na construção mental e nas ações necessárias para a interpretação de quantidades desenhadas implicitamente à visualização e sob mudança das coordenadas de dados nos eixos gráficos (Altindis *et al.*, 2024), um requisito à incorporação de forma (*equação*) ao contexto (*fenômeno*). Não obstante a “era” de maior percepção à construção gráfica em papel quadriculado ou milimetrado, aplicativos web e dispositivos móveis vêm contemplando um exército crescente de admiradores, muito embora, mais por facilidades de uso dos desenvolvedores e da estética do produto final do que por seu cerne conteudista.

Diversas características comuns ou específicas desses programas favorecem a reprodutibilidade científica e de ensino-aprendizagem. Entretanto, se por um lado esses sistemas permitem

um estudo avançado das características de modelagem propostas, em contrapartida apresentam:

Características de programas convencionais para construção de gráficos:

1. Necessidade de instalação ou acesso credenciado em nuvem para programa/pacotes;
2. Dependência de licença, ainda que temporária, para uso de programas;
3. Necessidade de conexão à internet para as versões em nuvem dos programas;
4. Preços altos ou versões de demonstração limitadas para os programas pagos;
5. Usabilidade dependente de janelas, menus e abas específicas de cada suíte;
6. Limitação de modelos matemáticos **propostos** (embora o conhecimento da sintaxe de cada programa permita a inserção de equações pelo usuário);
7. Presença de diversas janelas e abas individuais para acesso às informações de inserção e visualização gráfica de dados e funções;
8. Programas que usualmente operam por cliques de mouse não permitem ao aprendiz a inserção em pensamento computacional envolvido em linguagens de programação (por exemplo, Prism, Geogebra, Origin e Sigma Plot);
9. Programas que não trabalham com linhas de comando produzem os resultados gráficos em janelas diferentes, exigindo alternância à sua usabilidade;

SUMÁRIO

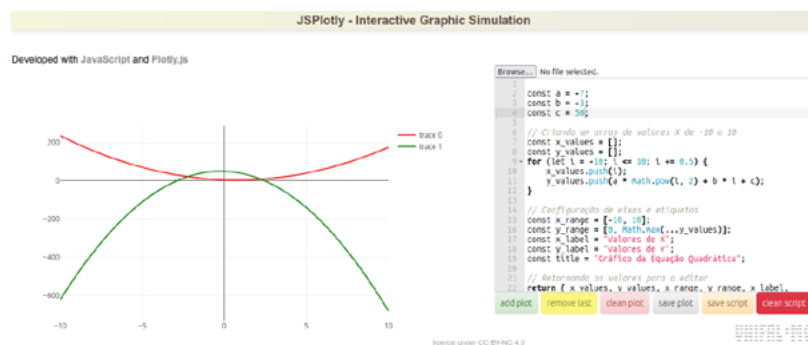
10. Gráficos produzidos podem visualizados somente dentro dos programas;
11. Alguns programas para gráficos não permitem a abertura de mais de uma sessão (por exemplo, Origin e Prism);
12. Uma vasta coleção de funcionalidades de cada suíte, muito além da necessidade básica que envolve um estudo para compreensão de um gráfico;
13. Gráficos renderizados por vezes apenas bidimensionalmente, e não em 3D;
14. Tipos gráficos 2D bastante limitados para alguns programas;
15. Um caminho por vezes detalhado e único junto aos programas, entre janelas e abas, para se buscar apenas a funcionalidade específica à elaboração de um gráfico simulado por uma função matemática;
16. Níveis limitados para ações de “desfazer/refazer” (“undo/redo”) para vários programas listados acima;
17. Dependência de hardware de bom desempenho para alguns programas (exemplificando, Origin Lab requer 3 GB de memória de disco e um mínimo de 4 GB de RAM para operar, essa última também necessária ao Matlab);
18. Limitação de compartilhamento para o arquivo original do gráfico a quem não possua o mesmo programa, impossibilitando também a personalização do produto (por exemplo, limites e rótulos de eixos, novos dados, títulos e subtítulos);
19. Compartilhamento do gráfico produzido como arquivo de imagem, ou como arquivo compilável especificamente em cada programa;

20. Produção e compartilhamento de gráficos sem qualquer [interatividade](#) (Power Bi e outros pagos são exceções raras);
21. Apresentação estática dos dados e gráficos envolvidos na confecção (com exceção de alguns pacotes para R, incluindo [plotly](#));
22. Limitação de uso em ambientes virtuais de [aprendizagem](#) (instalação de programas no portal, por exemplo) e, por conseguinte, para algumas modalidades de [ensino](#) (por exemplo, híbrido e EaD).

JSPLOTLY

No ensejo de contornar algumas das características acima, foi desenvolvido o aplicativo gráfico *JSPlotly*, uma contração léxica de referência às linguagens envolvidas em sua construção. O aplicativo permite a elaboração de gráficos 2D e 3D, tanto para simulações matemáticas quanto para observação de dados, ou mesmo para mapas. Por estar baseado na linguagem [JavaScript](#), pode ser adaptado para ambientes web, incluindo ambientes virtuais de aprendizagem, por ser uma linguagem interpretada em *browsers* modernos (HTML5) e não compilada, como é o caso de *R*, *C/C++* e *Python*. Por ser construído a partir da biblioteca [Plotly.js](#), habilita todas as funcionalidades interativas presentes nessa. E por ser modificável em qualquer editor de texto, confere sua ampla adaptação e compartilhamento a partir de um arquivo de poucos kilobytes de memória. Um exemplo da tela única do *JSPlotly* está apresentada na Figura 1. Pode-se visualizar o potencial do aplicativo e sua interatividade clicando-se na imagem.

Figura 1 – Janela única do *JSPlotly*¹



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

O aplicativo, o código-fonte *JSPlotly*, algumas orientações de uso e alguns exemplos gráficos estão disponíveis no site [Bioquanti](#), uma iniciativa para disseminar o ensino reproduzível em nível superior e básico (Schneedorf, 2023). Originalmente concebido para abrigar a aplicação de três softwares de distribuição livre ao ensino-aprendizagem para aspectos quantitativos em Bioquímica, o site inclui atualmente e-books e *livros vivos* (programação letrada para a compilação de *chunks* de *R* e ações de *Jmol* diretamente na internet), e três aplicações desenvolvidas na UNIFAL-MG, incluindo *JSPlotly* (além de *ScriptRplot* – gráficos em *R* para *ggplot2* – e *Sisma* – simulação de diagramas dinâmicos). Em atual reformulação, o site abriga objetos didáticos para Bioquímica, Química, Físico-Química, Biologia Molecular, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Linguagens.

As características da linguagem e da biblioteca empregadas em conjunto para *JSPlotly* estabelecem algumas habilidades apreciáveis ao aplicativo.

¹ A figura apresenta a sobreposição de equações quadráticas (esquerda), interpretadas a partir da variação de parâmetros da função disposta no editor de códigos (direita). Clique na imagem para acesso on-line do aplicativo.



SUMÁRIO

Características do JSPlotly para gráficos interativos e dinâmicos:

1. Não requer instalação;
2. Não requer requisitos [complementares](#) (por exemplo, bibliotecas .NET Microsoft e Java);
3. Não requer conexão de rede;
4. Não requer configuração de máquina de mínimo [desempenho](#) (por exemplo, memória RAM);
5. Pode ser carregado a partir de um simples visualizador de [HTML](#) (Firefox, Edge, Safari e Chrome);
6. Não requer um editor específico para construção, podendo ser elaborado a partir de um simples bloco de notas;
7. Possui código-fonte e produto contidos em um mesmo arquivo, facilitando armazenamento e compartilhamento;
8. Pode ser carregado a partir de computador, dispositivos móveis (smartphone) ou removíveis (pen-drive);
9. É interpretado a partir de um código de texto simples, utilizando memória física desprezível (20 kB), ainda que permita a elaboração de gráficos sofisticados, interativos e dinâmicos (atualização por evento de usuário ou em tempo real);
10. Por ser passível de construção em editor simples de texto, possui compartilhamento irrestrito de seu código-fonte;
11. É capaz de produzir gráficos 2D e 3D interativos instantaneamente, tanto a partir de equações como de dados inseridos pelo usuário;
12. É capaz de produzir mapas interativos, elevando a extensão de uso para aplicações não matemáticas;



SUMÁRIO

13. Correlaciona-se diretamente ao uso de linguagens de programação, tal como requerido pela 4a. e 5a. Revolução Industrial, e respectivamente espelhados nas competências digitais da Educação 4.0 e 5.0;
14. Por sua simplicidade como arquivo único em HTML, pode ser incorporado em páginas da web ou ambientes virtuais, permitindo seu uso para qualquer modalidade de ensino-aprendizagem (por exemplo, presencial, híbrido, remoto e EaD);
15. Insere-se nos conceitos de “pesquisa reproduzível”, bem como de “ensino reprodutível”, alicerçados pelo acesso e compartilhamento abertos, facilitados e documentados, para ferramentas digitais direcionadas a conteúdos científico, assim como das matrizes curriculares;
16. Permite que se incorpore no código-fonte outras bibliotecas em JavaScript, complementares à produção e manejo gráficos (ex: *numjs* para computação numérica e álgebra linear, *jsmath* para notações matemáticas complexas e *jStat* para computação estatística);
17. Possui diversas ações interativas por cliques de mouse, e que pontuam um grau lúdico à experimentação de funções matemáticas;
18. Renderiza gráficos a partir de linguagem de programação moderna e largamente utilizada, o que também permite ao aprendiz sua inserção paulatina em técnicas de programação contidos em outras linguagens recorrentes (Python e R), e do mundo geek (Arduino - “C/C++”).

ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DO APLICATIVO

O *JSPlotly* foi elaborado para facilitar a interpretação de conteúdos matemáticos das ciências em geral, pela simulação do



SUMÁRIO

comportamento gráfico de uma equação ou de dados introduzidos pelo usuário. Para permitir seu uso simplificado e distribuição ampla, foi construído como um arquivo HTML, conferindo-lhe acesso por um simples visualizador (*browser*) e sem necessidade de conexão. Como um todo, utilizou-se *HTML*, *CSS*, *JavaScript*, e *Plotly.js* para a geração de gráficos interativos. Um container flexível criado em HTML foi dividido em duas seções: uma para o *editor de códigos* on-line *Ace.js*, para edição de equações em *Plotly.js* e integração em página HTML, e um *ecrã gráfico*, no qual é plotada a equação ou os dados, com exibição visual e interativa, características daquela biblioteca. O container do simulador foi realizado com *flexbox* e *media queries*, permitindo design responsivo para telas pequenas e dispositivos móveis.

A personalização da interface foi concluída com CSS (*Cascading Style Sheets*), incluindo tamanho, posicionamento, cores, plano de fundo e dimensões dos elementos do container. De modo complementar, engenharia de *prompts* foi empregada junto a assistentes de IA (OpenAI ChatGPT e Anthropic Claude AI), para correção de códigos e para o refinamento da estrutura e de elementos do aplicativo (design, fontes, cores, dimensionamento, posicionamento).

O *JSPlotly* foi também concebido tendo em mente o que um usuário faria para estudar o comportamento gráfico de uma equação. Essas ações são consolidadas por botões simples ao redor do editor de equações. As equações são inseridas ao combinar códigos de *JavaScript*, para definição de variáveis, manipulação de *arrays*, cálculos matemáticos, e configurações de renderização, enquanto os códigos de *Plotly.js* são utilizados para a geração do gráfico interativo.

Ações do usuário para as funcionalidades do JSPlotly:

1. Observar a sintaxe da biblioteca "Plotly.js" por meio de uma equação pré-definida no carregamento do arquivo HTML do [aplicativo](#) ("função quadrática");
2. Carregar uma nova função para [plotagem](#) ("browser");

SUMÁRIO

3. Editar parâmetros da equação, tanto de sua função matemática e das variáveis inseridas quanto da configuração do plot;
4. Plotar o gráfico ("Add Plot") e observar seus dados interativamente, por *hover* de mouse;
5. Alterar alguma informação no [editor](#) (variáveis, parâmetros, função matemática, eixos, por exemplo), e superimpor um novo gráfico para visualização das diferenças propostas e estudo do comportamento da função ("Add Plot");
6. Alterar a cor do último plot por simples clique de mouse em [ícone](#) ("change color") em barra de ferramentas;
7. Excluir da área gráfica a última equação ("Remove Last"), para novos ajustes e superimposição de outra curva;
8. Limpar a área gráfica ("Clean Plot");
9. Armazenar o gráfico como um arquivo HTML autônomo ("self-contained"), preservando a interatividade da biblioteca "Plotly.js" para estudo posterior ou compartilhamento [do\(s\)](#) gráfico(s) [representados](#) ("Save Plot");
10. Armazenar a equação como um "script" de "JavaScript" e "Plotly.js" para carregamento posterior ou [compartilhamento](#) ("Save Script");
11. Armazenar o plot alternativamete como [PNG](#) (rasterizada – web, documentos) ou [SVG](#) (vetorial – qualidade de publicação, edição) por clique de mouse em ícone da barra;
12. Excluir todos os elementos gráficos e de "script" para uma nova edição ("Clean All");
13. Desfazer/refazer em níveis ilimitados para comandos de edição de um gráfico;



SUMÁRIO

14. Inserir um cursor de coordenadas por linha pontilhada no gráfico ("Toggle Spike Lines") por ícone da barra de ferramentas;
15. Autoescalonar o gráfico por ícone da **barra** ("Autoscale"), ou por clique duplo do mouse no ecrã;
16. Deslocar o gráfico no ecrã por ícone da **barra** ("Pan");
17. Ampliar qualquer área retangular sobre o gráfico por ícone da **barra** ("Zoom");
18. Deslocar o eixo "x" ou "y" por arraste de mouse;
19. Ampliar ou reduzir o gráfico pelo botão "scroll" do **mouse** (rolagem);
20. Inserir rótulos para título e eixos, por simples clique nas respectivas áreas do gráfico;
21. Clicar na legenda para ocultar/apresentar cada linha/dados do gráfico;
22. Editar o gráfico em aplicativo web (Plotly Chart Studio; <https://chart-studio.plotly.com/create/#/>) do desenvolvedor da biblioteca por ícone da barra de ferramentas ("Edit in Chart Studio").

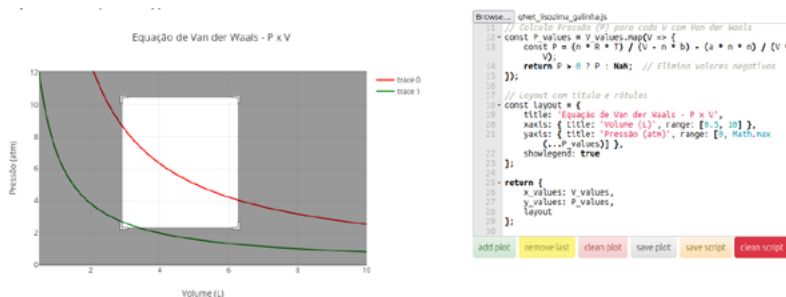
INTERATIVIDADE

Os eventos interativos que agregam valor à representação dinâmica do gráfico são intrínsecos da biblioteca *Plotly.js*, concebida para criação e visualização interativa de dados para mais de 40 tipos em 2D e 3D, e painéis (*dashboards*), tanto para gráficos como para mapas. Assim, cada gráfico gerado apresenta no canto superior direito um conjunto de ícones para armazenamento como arquivo de imagem PNG, ampliação/redução (*zoom*), deslocamento do ecrã, e auto-escalonamento. Além disso, a biblioteca permite o uso de mouse para

seleção de uma área qualquer do gráfico e ampliação (e duplo clique para retorno), deslocamento individual de eixos, bem como *hover* de informações, propiciando a visualização do valor de cada dado do plot por passagem de mouse. Adicionalmente, a biblioteca possui outros efeitos de interatividade definidos por linhas de comando, tais como *tooltips* (informações adicionais por *hover*), destaque cromático ou deleção de pontos específicos do gráfico, resposta cruzada entre painéis gráficos (*crossover*), entre outros. Toda a interatividade é preservada durante a exportação do gráfico pelo botão *Save Plot*, gerando um arquivo HTML interativo e de fácil compartilhamento.

A Figura 2 contém um esboço de interatividade para um modelo equação de gás ideal adaptado para volume finito e interação entre partículas (equação de Van der Waals).

Figura 2 – Tela do *JSPlotly* ilustrando a interatividade por *zoom*²



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Além disso, a biblioteca *Plotly.js* possui nativamente diversas habilidades adicionais, tanto por ações de mouse como por inserções de eventos, incluindo:

Funcionalidades adicionais do *JSPlotly* associadas à biblioteca *Plotly.js* para gráficos:

- 2 A curva descreve a equação de van der Waals para gases ideais a 310 (trace 0) e 100 K (trace 1). As constantes *a* e *b* representam, respectivamente, as forças de atração intermoleculares, e o volume finito das moléculas. Para gráficos interativos, acesse o Bioquanti.

SUMÁRIO

1. Efeito de afastamento/aproximação visual geral ou de área específica ("zoom");
2. Arraste do ecrã de visualização ("pan", panorâmica);
3. Deslocamento individual de eixos;
4. Retorno à configuração **original** ("reset");
5. Seleção de dados/pontos individuais ou coletivos **por** ("box" ou "lasso");
6. Informações por passagem de **mouse** ("hover" ou "mouse over"; por exemplo, exibição dinâmica de valores);
7. Dicas customizáveis de **ferramentas** ("tooltips");
8. Legendas interativas;
9. Gráficos dinâmicos (atualização automática em fluxo);
10. Navegação **detalhada** ("drill1.down" e exploração em área específica);
11. Botões personalizados ("buttons");
12. Eventos personalizados por mouse ou ação de usuário ("callbacks", atualização de página por interação);
13. **Deslizadores** ("sliders") e menus para filtragem de informações;
13. Marcação de dados por linhas pontilhadas nos eixos gráficos e "hover" ("Toggle Spike Lines");
14. Menu de ícones para interatividade padrão ("Mode bar");
15. Personalização do "Mode bar" (por exemplo, exportação da imagem em SVG, cópia de dados do gráfico para a área de transferência);

SUMÁRIO

16. Animações em "layout" ou transição de dados;
17. Facetas [interativas](#) ("facets" e gráficos lado a lado);
18. Sincronização entre gráficos [interconectados](#) ("zoom" e seleção de dados);
19. Criação de painéis dinâmicos [interativos](#) ("dashboards");
20. Integração com bibliotecas [interativas](#) (D3.js e React.js) ou analíticas (por exemplo, *numjs*, *mathjs*, *jstat*).

Parte dessas ações, como *sliders* e *buttons*, não são passíveis de inserção direta nas equações interpretadas pelo aplicativo. Contudo, é possível inseri-las em arquivo adaptado a partir do próprio *JSPlotly*, permitindo ferramentas de interatividade adicionais, tais como as descritas acima. Um exemplo disso está representado na Figura 3, que ilustra um gráfico para titulação de um ácido fraco com recursos interativos adicionais (marcação de ponto nos eixos – *Toggle Spike Lines* – e controle deslizante – *slider*).

Figura 3 – Titulação de ácido fraco triprótico com controle deslizante para valores de pK_{a1} e marcação de dados por linhas pontilhadas ³



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

3 Observe a seleção do valor de pK_{a1} pelo *slider* e seu posicionamento na curva. A inserção do *slider* foi realizada por adaptação do código-fonte de *JSPlotly*. Clique na imagem para acessar esse e outros gráficos e códigos interativos.

A INSERÇÃO DE COMPETÊNCIAS DIGITAIS E AS NOVAS POLÍTICAS PÚBLICAS

O *JSPlotly* descrito neste texto intenciona esboçar uma contribuição em consonância aos programas públicos de incentivo à educação digital, e as diversas iniciativas globais para a melhoria do ensino-aprendizagem levadas a termos nos últimos anos, como a *Educação 2030: O Futuro da Educação e das Competências* (OECD, 2015). A proposta instituída pela OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), em 2015, prevê a composição de uma matriz conceitual de aprendizagem para as novas competências (conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) a serem inseridas nos currículos escolares (Silva; Fernandes, 2019). Em paralelo, o programa da Unesco (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) para Reimaginar Nossos Futuros Juntos: Um Novo Contrato Social para a Educação (Unesco, 2022), recomenda integrar tecnologias digitais de forma ética e inclusiva (Nunes; Bassani, 2024) frente às transformações ambientais e sociais previstas para os próximos trinta anos.

Também erigidos sobre essa preocupação global, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU, [s.d.]), que, tal como o ODS4, buscam “assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos” (Shulla *et al.*, 2020). E retornando a solo pátrio, a Cúpula de Líderes do G20 reunida no Rio de Janeiro em novembro de 2024, e que defende em seu Relatório do G20 sobre Educação junto a boas práticas inclusivas e de valorização dos profissionais em educação, a integração tecnológica nas práticas educacionais, e o compartilhamento de conteúdo educacional digital (Group of Twenty, 2024; Relatório [...], 2024).

BRASIL

Com a aprovação das diretrizes do *Novo Ensino Médio* pelo Conselho Nacional de Educação, que enfatizam flexibilização curricular, formação técnica e integração tecnológica, prevê-se o uso de ferramentas digitais e tecnologias emergentes, como programação e softwares educacionais. A *Educação Profissional e Tecnológica* (EPT) também é destacada, integrando capacitações técnicas em áreas como automação e desenvolvimento de software.

Também se agregam a essas iniciativas as propostas federais do *Plano Nacional de Educação* (PNE) 2024–2034 (PL 5665/23), e programas como a *Escola em Tempo Integral* do MEC, a *Estratégia Nacional de Escolas Conectadas* (Enec), o *Programa Mais Ciência na Escola* (MCTI/MEC) e a *Chamada CAPES para produtos de inovação tecnológica na educação*.

A ELABORAÇÃO DESTE CAPÍTULO

A formatação de texto (*RMarkdown*), inserção e referência cruzada de figuras, de hiperlinks, assim como gerenciamento bibliográfico e a conversão do *documento dinâmico* final para compilação a um modelo de arquivo *DOCX* previamente configurado foram exclusivamente conduzidos com a linguagem de programação *R* (versão 4.3.3, fev/2024) em ambiente de desenvolvimento integrado *RStudio* (versão 2024.09.1 Build 394) e pacote *quarto* (versão 1.4.4) como sistema de publicação científica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALTINDIS, N. *et al.* Exploring the role of disciplinary knowledge in students' covariational reasoning during graphical interpretation. **International Journal of STEM Education**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 32, 2024.

BUCKLEY, Y. M. *et al.* Using dynamic documents to mend cracks in the reproducible research pipeline. **Journal of EcologyWiley Online Library**, 2025.

DOGUCU, M. Reproducibility in the Classroom. **Annual Review of Statistics and Its Application**, [s. l.], v. 12, 2024.

EUPOREAN COMISSION. **Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu)**. European Comission, 2025. Disponível em: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en. Acesso em: 17 maio 2025.

GROUP OF TWENTY. **G20 Rio de Janeiro Leaders' Declaration**. G20, 2024. Disponível em: <https://g20.org/wp-content/uploads/2024/11/G20-Rio-de-Janeiro-Leaders-Declaration-EN.pdf>. Acesso em: 17 maio 2025.

KNUTH, D. E. Literate programming. **The computer journal**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 97-111, 1984.

MOST, I. Effective Techniques In Industrial Marketing Research. **Journal of Marketing**, [s. l.], 1964.

NUNES, J. M. G.; BASSANI, P. S. Reflexões sobre a educação do futuro em contexto Onlife. **Video Journal of Social and Human Research**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 1-9, 2024.

OECD. **Future of Education and Skills 2030/2040**. Organisation for Economic Co-operation and Development, 2015. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html>. Acesso em: 17 maio 2025.

ONU. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** Organização das Nações Unidas, [s.d]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 17 maio 2025.

POWNALL, M. *et al.* **The impact of open and reproducible scholarship on students' scientific literacy, engagement, and attitudes towards science:** a review and synthesis of the evidence. [s. l.], 2022.

PRAKASH, S. *et al.* **EDUCATION 5.0: REVOLUTIONIZING LEARNING FOR THE FUTURE.** [s. l.], 2023.

UNESCO. **Reimaginar nossos futuros juntos:** um novo contrato social para a educação. Brasília, DF: Comissão Internacional sobre os Futuros da Educação, UNESCO; Boadilla del Monte: Fundación SM, 2022.

RELATÓRIO do G20 sobre Educação prioriza valorização dos profissionais de ensino. **Agência Gov**, 1 nov. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.etc.com.br/noticias/202411/relatorio-do-g20-sobre-educacao-prioriza-valorizacao-dos-profissionais-de-ensino-1>. Acesso em: 17 maio 2025.

SCHNEEDORF, J. M. Bioquanti, um website interativo para ensino-aprendizagem em Bioquímica. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 110-124, 2023.

SHULLA, K. *et al.* Sustainable development education in the context of the 2030 Agenda for sustainable development. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, [s. l.], v. 27, n. 5, p. 458-468, 2020.

SILVA, M. A. da; FERNANDES, E. F. O projeto educação 2030 da OCDE: uma bússola para a aprendizagem. **Revista Exitus**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 271-300, 2019.

VIEIRA, R. *et al.* Society 5.0 and Education 5.0: A critical reflection. *In*: **2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)**. [S. l.]: IEEE, 2023. p. 1-6.

5

Gabriel Gerber Hornink

ENSINO DE BIOQUÍMICA A PARTIR DA CRIAÇÃO E USO DE RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS

INTRODUÇÃO

O ensino de Bioquímica nos cursos de graduação apresenta desafios significativos devido à complexidade dos conteúdos abordados, ao elevado grau de abstração conceitual e à necessidade de compreensão da simultaneidade, regulação e integração das vias bioquímicas em contextos aplicados e reais.

Essas dificuldades exigem metodologias pedagógicas que vão além da exposição tradicional de conteúdos. Nesse cenário, o uso de tecnologias educacionais/Recursos Educacionais Abertos (REA) e metodologias ativas tem-se mostrado como uma estratégia promissora para promover uma aprendizagem mais significativa, engajada e acessível (Ribosa; Duran, 2022; Severo, 2020).

A aprendizagem ativa e colaborativa, fundamentada nos pressupostos da teoria sociocultural de Vygotsky (1991) e da abordagem construcionista de Papert (Papert; Harel, 1991), propõe que os estudantes assumam um papel protagonista no processo de construção do conhecimento, sendo incentivados a resolver desafios e problemas, discutir em grupo, assim como se envolverem em processos de criação (Yang; Chang, 2013). Nesse sentido, a criação de conteúdos educacionais pelos próprios estudantes – conhecida como *student authorship* (autoria estudantil) – tem ganhado destaque como uma abordagem eficaz para aprofundar a compreensão dos conteúdos e desenvolver habilidades cognitivas e metacognitivas pelos estudantes (Ribosa; Duran, 2022; Sølvsberg; Rismark, 2023).

O desenvolvimento de materiais com finalidade educacional pelos estudantes, como vídeos, jogos ou textos, pode estimular a organização do conhecimento, a autoexplicação e o raciocínio crítico, promovendo um aprendizado mais ativo e profundo do que o mero

consumo de informações (Ribosa; Duran, 2022). No caso de jogos digitais, Yang e Chang (2013) indicam a relação entre a criação pelos estudantes e o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e aquisição de conhecimentos. Além disso, a colaboração entre pares é o elemento central da aprendizagem ativa, favorecendo a construção conjunta de significados, o fortalecimento de vínculos sociais e a criação de um ambiente propício à autorregulação da aprendizagem (Sølvberg; Rismark, 2023).

Dentro desse contexto, os REAs despontam como ferramentas valiosas não apenas por democratizar o acesso ao conhecimento, mas também por possibilitarem estratégias que permitam a personalização do ensino e a coautoria de saberes. Vídeos e animações, assim como jogos didáticos e simulações interativas podem compor os REAs que, quando criados pelos próprios estudantes, tornam-se instrumentos que potencializam o ensino e a aprendizagem (Khosravi *et al.*, 2023; Severo, 2020).

Dentre os REAs, destacam-se os jogos, os quais podem ser subdivididos em (Boller; Kapp, 2018; Dantas *et al.*, 2022; Eugenio, 2020): jogos de entretenimento (diversão, sem contexto direto com a aprendizagem); jogos de aprendizagem e/ou instrucional (os chamados jogos sérios, com foco direto na aprendizagem); simulações (jogos que simulam alguma situação ou contexto específico); jogos baseados em gamificação (uso dos elementos e estrutura de jogos no contexto de atividades didáticas em sala de aula).

Apresenta-se neste capítulo a produção e utilização de REAs, em especial aqueles criados por estudantes como parte da estratégia de ensino-aprendizagem e avaliação, destacando sua importância na personalização do ensino e no desenvolvimento de habilidades críticas e criativas, para além das habilidades cognitivas. Exemplificam-se casos práticos, como os jogos LudoKrebs e

E!Canastra, e os softwares educacionais Kreber em Ação e Simulação de Dosagem de Proteínas, que integram teoria e prática por meio de abordagens interativas e gamificadas. O uso desses materiais facilita a visualização de processos bioquímicos abstratos, tornando a aprendizagem mais dinâmica e acessível. A experiência relatada reforça o papel dos REAs na democratização do conhecimento e na inovação educacional.

CASOS PRÁTICOS DE DESENVOLVIMENTO

Durante o período que atuei como docente, diversas produções estudantis de materiais didáticos foram aprimoradas e publicadas em repositórios educacionais, como o EduCapes¹, e podem ser baixadas gratuitamente. Apresentarei neste capítulo: LudoKrebs, Kreber em Ação, E!Canastra e Simulação de Dosagem de Proteínas (este último feito apenas pelo docente).

LUDOKKREBS



O Ludokrebs² (Pereira; Geonmonond; Veloso; Hornink, 2013) é um jogo educativo, caracterizado como um jogo sério, focado em

1 <https://educapes.capes.gov.br>

2 <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/206102>

Um elemento diferencial é a presença de dois tabuleiros, os quais os jogadores (até quatro) devem utilizar simultaneamente (Figura 1). O tabuleiro externo é aquele em que os jogadores percorrem casas de sorte ou revés, respondem a perguntas e passam pela casa da CTE; o tabuleiro interno representa a via da glicólise, a formação do Acetil-CoA e o Ciclo de Krebs, além de incluir o espaço destinado à montagem do quebra-cabeça da CTE.

LudoKREBS

Glucose

ATP → ADP

ADP → ATP

piruvato

NAD⁺ → NADH

CO₂

Acetil-CoA

CICLAGEM

C₂

C₆

NADH

NAD

CO₂

C₅

FADH₂

FAD

NADH

CO₂

C₄

GTP

Cadeia de Transporte de Elétrons

FADH⁺

NADH

Tabela de trocas (somente após a CTE ter sido montada)

Cada	Troca
1 NADH	3 ATP e 1 H ₂ O
1 FADH ₂	2 ATP e 1 H ₂ O
1 ATP	1 ADP + H ₂

Tabela de correspondências

Acumulou	Consequências
3 CO ₂	Espera uma rodada para jogar novamente. (NÃO)
5 NADH	Espera uma rodada para jogar novamente. (NÃO)
3 NAD ⁺	Troca por uma rodada extra!
5 ADP	Troca por uma rodada extra!

* Opcional

SUMÁRIO

Quando os jogadores caem na casa da carta Cadeia de Transporte de Elétrons (CTE) (Figura 2C), recebem uma peça do quebra-cabeça da CTE, que deve ser montado em conjunto com os demais jogadores até completar toda a imagem.

Figura 2 – Versos das cartas utilizadas no tabuleiro externo



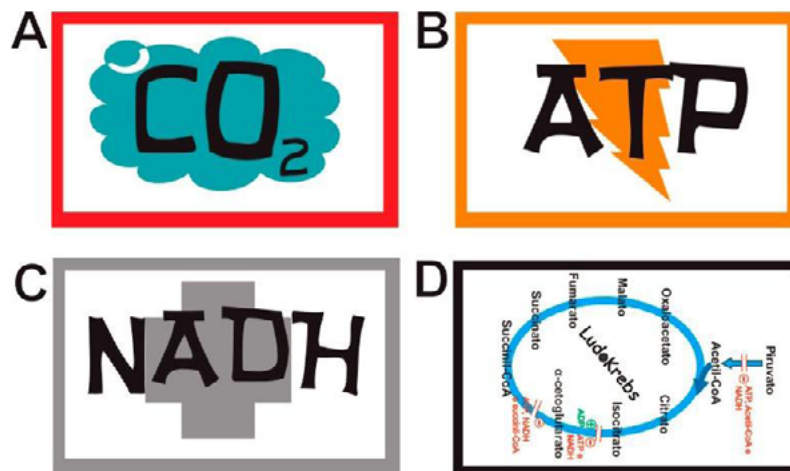
A: Sorte ou revés

B: Perguntas sobre a via (quando o jogador acerta, ganha uma carta bônus)

C: Peça do quebra-cabeça da CTE

Fonte: Geonmonond; Pereira; Hornink, 2018.

Figura 3 – Cartas bônus do LudoKrebs



Fonte: Geonmonond; Pereira; Hornink, 2018.

O jogo somente é finalizado quando os jogadores conseguem montar a CTE e percorrer toda a via de formação de ATP no tabuleiro interno.

AS AVENTURAS DE KREBER



O jogo para computador "As aventuras de Kreber"³ (Baeta *et al.*, 2019) se configura como um recurso interativo que alia os aspectos lúdicos de jogos arcades de videogame com os aspectos educacionais, caracterizando-se como um jogo sério. Assim como o LudoKrebs, os estudantes focaram na produção de ATP, iniciando-se pela glicólise até a Cadeia de Transporte de Elétrons (CTE) devido à importância e à dificuldade que há na aprendizagem desses conceitos para a Bioquímica.

O jogo foi desenvolvido por um grupo de estudantes de uma disciplina de Bioquímica do curso de Biomedicina da UNIFAL-MG. O grupo utilizou o software *Game Maker*⁴ para criar toda a programação (Figura 4), sendo esse um ambiente de desenvolvimento voltado para iniciantes em programação, baseado no princípio da programação por blocos. Dessa forma, para além dos conhecimentos bioquímicos, o grupo pôde desenvolver o pensamento computacional e, conseqüentemente, o raciocínio lógico – habilidades extremamente importantes para a compreensão da Bioquímica.

3 <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/431974>

4 <https://gamemaker.io>

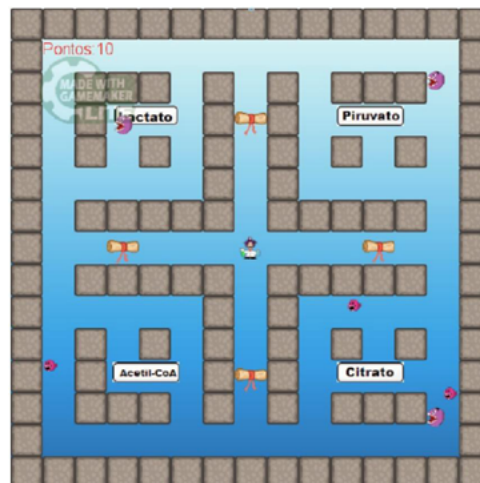
[illegible]

As imagens foram desenvolvidas manualmente pelo grupo e, posteriormente, digitalizadas, vetorizadas e aprimoradas em softwares como CorelDRAW X7, GIMP 2 e Microsoft Paint.

O jogo é composto por três fases: a primeira é inspirada no Pac-Man® do videogame Atari 2600 (Figura 5); a segunda consiste na utilização de chaves para encontrar a porta correta (Figura 6); e a terceira fase é baseada no *Helicopter Emergency Rescue Operations* (H.E.R.O.®) também do Atari 2600 (Figura 7).

SUMÁRIO

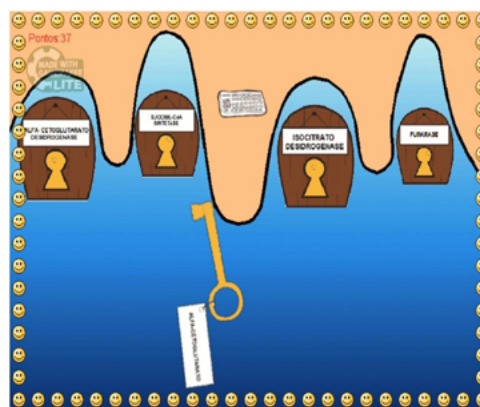
Figura 5 – Tela do jogo As aventuras de Kreber durante a fase 1 – correspondente à glicólise



Fonte: Baeta et al., 2019.

Após responder corretamente às perguntas da fase 1, Kreber avança para a fase 2, ambientada na matriz mitocondrial. Nessa etapa, ele deve encontrar as combinações corretas para cada chave relacionando os substratos às respectivas enzimas do Ciclo de Krebs.

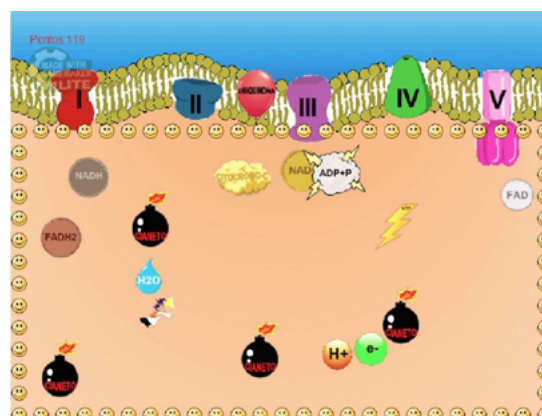
Figura 6 – Tela do jogo na fase 2 – correspondente ao Ciclo de Krebs



Fonte: Baeta et al., 2019.

Na última fase, Kreber é transportado até as cristas mitocondriais, nas quais se encontra a Cadeia de Transporte de Elétrons (CTE). Nessa etapa, ele deve desviar das bombas de cianeto e recolher os compostos na ordem correta para montar a CTE com o auxílio de dicas exibidas na tela ao longo do jogo.

Figura 7 – Tela do jogo As Aventuras de Kreber – correspondente à Cadeia de Transporte de Elétrons



Fonte: Baeta et al., 2019.

Após completar todos os desafios da fase 3, o jogo é encerrado e a pontuação do estudante é exibida. Para vencer, é necessário alcançar mais de 127 pontos; caso contrário, o estudante perde o jogo devido à perda excessiva de pontos ao longo das três fases, sendo necessário repetir o percurso após revisar os conteúdos.

O jogo é recomendado para estudantes do Ensino Superior, mas também pode ser utilizado por alunos do Ensino Médio, com os devidos ajustes pedagógicos.

E!CANASTRA



O E!Canastra⁵ é o terceiro jogo da sequência e também tem como foco as vias de produção de ATP, porém com uma abordagem diferente: trata-se de um jogo de cartas que segue os princípios e regras do tradicional jogo Canastra.

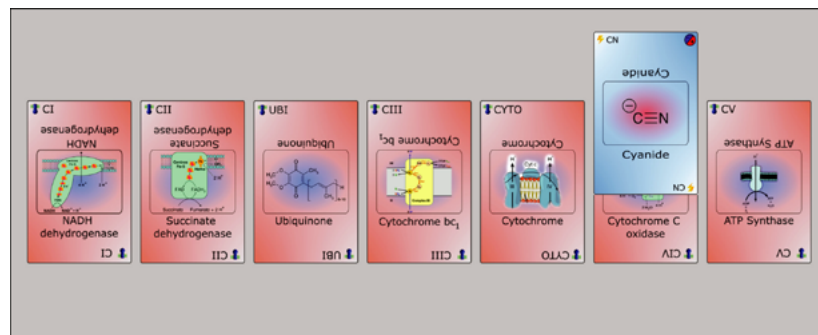
Assim como os demais jogos apresentados no capítulo, durante a construção do jogo pensou-se em regras que pudessem colocar no jogo os elementos das vias bioquímicas, incluindo aspectos da simultaneidade, sequências das vias, interconexão entre as vias e aspectos da regulação e da integração.

A descrição completa do jogo, assim como sua avaliação pelos estudantes, está disponível no artigo de Souza, Peloso e Hornink (2025), no qual são apresentados todos os elementos relacionados ao desenvolvimento do jogo e sua aplicação educacional.

O jogo pode ser disputado por duas pessoas ou por duas duplas, que devem montar as sequências das vias bioquímicas com as cartas. Como diferencial pedagógico voltado à Bioquímica, criaram-se regras permitindo que as duplas usem cartas com efeitos positivos nas vias (ganham pontos) ou negativos (tiram pontos dos oponentes), simulando as relações e interações metabólicas. Apresenta-se, na Figura 8, um exemplo de sequência de cartas (CTE)

com a carta azul, em destaque, representando um inibidor do complexo IV que foi lançado pelo oponente, tendo como consequência o anulamento dos pontos da via construída.

Figura 8 – Exemplo de sequência de cartas do naipe CTE, com uso de uma carta de efeito negativo (cianeto) sobre a via



Fonte: Souza; Peloso; Hornink, 2025.

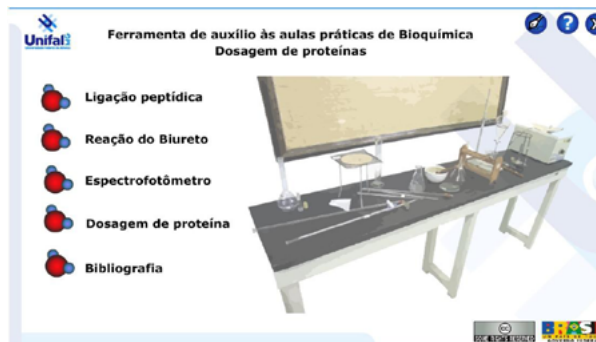
Os dados de uso do jogo indicaram que os estudantes se mostraram motivados com essa forma de aprendizagem e relataram ter compreendido os conceitos abordados.

PROTVIRT - SIMULAÇÃO DE PROTEÍNAS

O ProtVirt⁶ (Hornink, 2011) é um software educacional classificado como uma simulação interativa, com foco em auxiliar os estudantes na compreensão da técnica de dosagem de proteínas por espectrofotometria, baseada na reação do biureto.

A ferramenta permite a visualização dos principais conceitos relacionados à técnica, além de oferecer uma simulação passo a passo do procedimento de dosagem de proteínas (Figura 9).

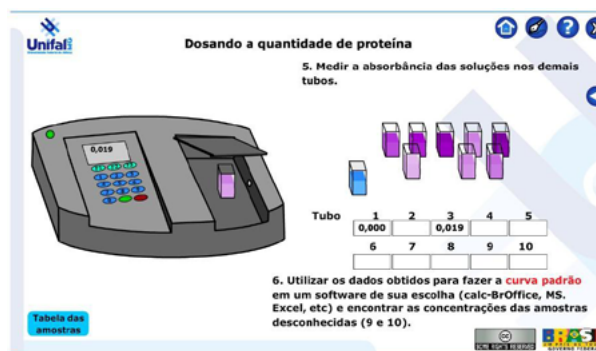
Figura 9 – Tela de abertura do ProtVirt, com o menu principal de acessos às funcionalidades



Fonte: Hornink, 2011.

Ao clicar no botão “Dosagem de proteína” na tela de abertura (Figura 9), o estudante inicia a simulação (Figura 10) e, de forma interativa, percorre todas as etapas do processo: desde o preparo das soluções, o aquecimento em banho-maria, a configuração do equipamento e a medição da absorbância. Ao final, são apresentadas orientações sobre como calcular a concentração das amostras desconhecidas.

Figura 10 – Tela da simulação da dosagem de proteínas por espectrofotometria no ProtVirt



Fonte: Hornink, 2011.

O ProtVirt pode ser usado como atividade preparatória para a prática laboratorial, auxiliando os estudantes no posterior desenvolvimento real, resultando em um alto impacto na aprendizagem da técnica. De toda forma, também pode ser usado em cursos EAD ou com turmas que não podem realizar a prática em laboratório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino e a aprendizagem de Bioquímica têm desafios históricos e persistentes relacionados à sua complexidade conceitual e ao alto grau de abstração exigido dos estudantes, assim como à exigência de raciocínio lógico para compreensão da simultaneidade, regulação e integração dos processos bioquímicos, especialmente no metabolismo energético. Nesse contexto, a adoção de Recursos Educacionais Abertos, especialmente aqueles concebidos com a participação ativa dos próprios estudantes (autoria estudantil), apresenta-se como uma estratégia pedagógica altamente promissora para promover uma aprendizagem mais significativa, ativa, colaborativa e contextualizada.

As experiências de produção de REAs relatadas neste capítulo demonstraram a alta qualidade dos materiais desenvolvidos pelos estudantes, em parceria com o docente, permitindo inferir não apenas o potencial educacional, mas também a produção de REAs para compartilhamento público. Além disso, para se criar materiais como os indicados, complementarmente à aprendizagem de Bioquímica, os discentes envolvidos também desenvolvem habilidades transversais, como pensamento crítico, criatividade, resolução de problemas, trabalho em equipe e até mesmo competências digitais, como programação e design gráfico. Tais competências são cada vez mais valorizadas em uma educação superior integral.

A apresentação dos casos práticos – LudoKrebs, As Aventuras de Kreber, E!Canastra e ProtVirt – evidencia que os REAs podem cumprir um papel central na integração entre teoria e prática ao tornarem os conteúdos abstratos da Bioquímica mais concretos e acessíveis por meio de jogos lúdicos. Esses materiais, ao serem compartilhados em repositórios públicos, como o EduCapes, ampliam o acesso ao conhecimento pela sociedade, fortalecendo o compromisso da universidade pública com a ciência aberta e a democratização da educação.

REFERÊNCIAS

BOLLER, S.; KAPP, K. **Jogar para aprender**: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes. São Paulo: DVS, 2018.

BAETA, F. J. M.; HORNINK, G. G. As aventuras de Kreber: jogo digital sobre o metabolismo energético. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 17, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/863>. Acesso em: 16 abr. 2025.

BAETA, F. J.; SOUZA, J. C.; MARINHO, G. B.; BERTOLDI, M. L.; MACIEL, B.; VILELA, A. P. D.; GRAMACHO, J.; HORNINK, G. G. **As aventuras de Kreber** [software]. EduCapes, 2019. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/431974>. Acesso em: 16 abr. 2025.

DANTAS, G. A. F.; AZEVEDO, J. M. A.; AZÊVEDO, H. L. F. S.; FREITAS, F. F. Aprenda a identificar e diferenciar gamificação e jogo sério. **Revista Conexão na Amazônia**, v. 3, n. Edição especial VII CONC&T 2022, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ifac.edu.br/index.php/revistarca/article/view/133>. Acesso em: 16 abr. 2025.

EUGENIO, T. **Aula em jogo**: descomplicando a gamificação para educadores. São Paulo: Évora, 2020.

HORNINK, G. G. (org). **Tecnologias digitais mediando o ensino-aprendizagem de Ciências**. Alfenas: UNIFAL-MG, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325972376_Tecnologias_digitaes_mediando_o_ensino-aprendizagem_de_Ciencias. Acesso em: 16 abr. 2025.

SUMÁRIO

HORNINK, G. G. protVirt: simulação da dosagem de proteínas por espectrometria auxiliando as aulas práticas de Bioquímica. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 14, n. 1, 2016. Disponível em: <https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/641>. Acesso em: 16 abr. 2025.

HORNINK, G. G. **Dosagem de proteínas**. Biblioteca Digital de Ciências, 2011. Disponível em: <https://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/visualizarMaterial.php?idMaterial=1342>. Acesso em: 16 abr. 2025.

KHOSRAVI, H; DENNY, P; MOORE, S.; STAMPER, J. Learnersourcing in the age of AI: Student, educator and machine partnerships for content creation. **Computer and Education: Artificial Intelligence**, v. 5, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000309>. Acesso em: 16 abr. 2025.

PAPERT, S.; HAREL, I. **Construcionism**. New Jersey, Norwood: Ablex, 1991.

PEREIRA, A. V.; GEONMONOND, R. S.; VELOSO, G. A.; HORNINK, G. G. **LudoKrebs**: aprendendo bioquímica de um modo divertido. Educapes, 2018. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/206102>. Acesso em: 16 abr. 2025.

RIBOSA, J.; DURAM, D. Do students learn what they teach when generating teaching materials for others? A meta-analysis through the lens of learning by teaching. **Educational Research Review**, v. 37, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X22000446?via%3Dihub>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SEVERO, C. E. P. Aprendizagem baseada em projetos: uma experiência educativa na educação profissional e tecnológica. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 2, n. 19, 2020. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/6717>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SOUZA, T. H. F.; PELOSO, E. F.; HORNINK, G. G. E! Canastra: energizando a formação de ATP [Jogo de cartas]. EduCapes, 2020. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/563908>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SOUZA, T. H. F.; PELOSO, E. F.; HORNINK, G. G. E!Canasta: A card game to teach ATP synthesis and metabolic regulation in biochemistry classes. **Biochem Mol Biol Educ**, v. 53, n. 1, 2025. Disponível em: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.21864>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SØLVBERG, A.; RISMARK, M. Student Collaboration in Student Active Learning. *In*: International Conference on Future of Teaching and Education, 7, 2023, Vienna. **Proceedings** [...]. Vienna: GlobalKS, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33422/icfte.v2i1.73>. Disponível em: <https://www.dpublication.com/conference-proceedings/index.php/icfte/article/view/73>. Acesso em: 16 abr. 2025.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

YANG, Y. T.C.; CHANG, C. H. Empowering students through digital game authorship: Enhancing concentration, critical thinking, and academic achievement. **Computer & Education**, v. 68, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131513001516>. Acesso em: 16 abr. 2025.



SUMÁRIO

SOBRE OS AUTORES E A AUTORA

Cátia Regina de Oliveira Quilles Queiroz

Docente do Programa de Mestrado em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT/UNIFAL-MG).

Gabriel Gerber Hornink

Docente do Programa de Mestrado em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT/UNIFAL-MG).

José Maurício Schneedorf Ferreira da Silva

Depto. de Bioquímica, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG.

Luiz Gustavo Alves Silva

Mestre em Matemática pela Universidade Federal de Alfenas/MG.

Saymon da S. Siqueira

Discente do Programa de Pós-Graduação em História (PPGH) da Universidade Federal de Goiás (UFG).

ÍNDICE REMISSIVO

A

aplicativo 9, 54, 55, 56, 58, 72, 77, 78, 80, 81, 83, 86

B

Bioquímica 12, 58, 78, 92, 95, 98, 102, 105, 106, 107, 109

BNCC 11, 12, 15, 23, 28, 33

C

código 22, 47, 48, 49, 52, 53, 57, 58, 61, 68, 78, 79, 80, 86

Conquista de Córdoba 9, 11, 14, 15, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31

D

democratização 15, 25, 94, 106

digital 11, 26, 27, 29, 66, 67, 73, 87, 106, 108

E

educação 18, 66, 67, 87, 88, 89, 90, 105, 106, 107

ensino 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 47, 48, 51, 56, 58, 70, 72, 74, 77, 78, 80, 87, 90, 92, 93, 105, 106

ensino-aprendizagem 11, 12, 19, 48, 70, 78, 80, 87, 90, 93, 106

Ensino Fundamental 9, 12, 14, 15, 23, 33, 42

experiência 23, 24, 29, 94, 107

G

ggplot2 9, 12, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 64, 65, 68, 70, 71, 78

gráficos 9, 12, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 64, 65, 68, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

I

interativos 12, 19, 22, 23, 24, 25, 28, 79, 81, 83, 84, 86

J

jogo 9, 11, 32, 33, 34, 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106

JSPlotly 9, 12, 58, 72, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 86, 87

L

livros 18, 48, 74, 78

M

Matemática 12, 33, 43, 45, 58, 78, 109

mouse 52, 54, 56, 57, 75, 80, 82, 83, 84, 85

R

REA 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 28, 92

recursos 10, 11, 16, 18, 19, 22, 23, 26, 28, 48, 51, 57, 67, 86, 91, 96

RStudio 48, 49, 50, 57, 58, 68, 88

S

script 9, 12, 46, 57, 61, 65, 82

ScriptRplot 9, 12, 46, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 78

T

tabuleiro 9, 11, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 95, 96, 97

tecnologias 13, 26, 28, 67, 73, 87, 88, 92

SUMÁRIO



WWW.PIMENTACULTURAL.com

RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS

compartilhando experiências
na Universidade Federal
de Alfenas (UNIFAL-MG)

