

Em direção a um ecossistema de software para apoio ao ensino de Química por meio de jogos digitais

João Gabriel de Matos Dairel
Faculdade de Computação
Universidade Federal de Uberlândia
Monte Carmelo, MG, Brasil
jgmdairel@gmail.com

Yan Gustavo Pegyn Silva
Faculdade de Computação
Universidade Federal de Uberlândia
Monte Carmelo, MG, Brasil
yanpegyn@gmail.com

Roberto Costa Tupinambá
Faculdade de Computação
Universidade Federal de Uberlândia
Monte Carmelo, MG, Brasil
robertotupinamba@gmail.com

Rafael Dias Araújo
Faculdade de Computação
Universidade Federal de Uberlândia
Monte Carmelo, MG, Brasil
rafael.araujo@ufu.br

Resumo—Diversas ferramentas digitais para apoio ao ensino têm sido criadas para os estudantes, em especial jogos digitais e aplicativos para celular, que atuam como aliados no contexto escolar e tem o potencial de mudar a realidade da falta de recursos didáticos das escolas. No entanto, também é importante prover mecanismos para que os professores consigam acompanhar as atividades dos estudantes com o intuito de monitorar a aprendizagem e identificar potenciais dificuldades. Assim, este trabalho apresenta uma proposta de um ecossistema de software para apoio ao ensino de Química por meio de jogos digitais.

Palavras-chave—jogos digitais educacionais, química, ecossistema de software

I. INTRODUÇÃO

Disciplinas do núcleo das Ciências da Natureza, como a Química, costumam apresentar muita dificuldade de aprendizagem e ainda são vistas como desinteressantes por muitos estudantes [1]. A cada dia o professor é desafiado, em sua prática pedagógica, a encontrar meios para tornar as aulas mais dinâmicas e atraentes aos seus estudantes. Estratégias que vão além das metodologias tradicionais de ensino estimulam e motivam o aprendizado da Química [2].

Uma das várias possíveis alternativas é a utilização de jogos digitais educacionais, que têm se mostrado promissores e engajadores no processo de ensino e aprendizagem de diversas áreas do conhecimento em diversas idades [3] [4]. Nesse contexto, a tecnologia tem atuado como uma aliada no contexto escolar e tem o potencial de mudar a realidade da falta de recursos didáticos das escolas e mudar o paradigma educacional [5].

Entretanto, jogos digitais que focam apenas em praticar tarefas repetitivas, como aqueles criados na primeira geração desse tipo de jogo, ou que são mal projetados, se tornam obsoletos rapidamente ou não são tão efetivos na educação

[6] [7]. Assim, torna-se importante criar mecanismos mais dinâmicos, bem como envolver os usuários no processo de criação da proposta tecnológica, e não somente os profissionais especializados, a fim de tornar esse processo mais empático e melhorar sua adoção [8].

Existem várias propostas de jogos digitais que visam o apoio ao ensino de Química e que abordam diferentes conteúdos, como distribuição eletrônica [9], balanceamento de equações [10] e Tabela Periódica [11]. No entanto, observa-se que são iniciativas com foco nos jogos e que não fornecem um ambiente que permita que o professor defina, com mais liberdade, jogos para cada turma e consiga acompanhar o processo de aprendizagem.

Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é projetar um ecossistema de software que permita que professores atuem como produtores diretos de versões de cenários de jogos digitais como apoio ao ensino contextualizado da disciplina de Química e, ainda, permitir que os estudantes possam utilizar esses jogos durante seu processo de aprendizagem, gerando dados de volta ao professor para monitoramento do aprendizado. Um ecossistema de software pode ser entendido como um conjunto de soluções de software que se comunicam de forma a possibilitar, apoiar e automatizar atividades e transações entre os atores [12].

É importante pontuar que a proposta visa criar um ambiente integrador desses artefatos, de forma a permitir que as histórias de jogo possam ser adaptadas pelos professores para a criação de novas versões específicas para cada turma. Em um primeiro momento, as histórias de jogos criadas focam no ensino da Tabela Periódica para posterior avaliação em estudos de casos para estudantes do 1º ano do Ensino Médio.

II. METODOLOGIA

A pesquisa apresentada neste trabalho fundamentada na abordagem *Design Science Research* (DSR) e guiada pelo *framework* conceitual no contexto de Sistemas de Informação [13], que combina princípios das ciências do comportamento e do design. Houve, então, o entendimento da importância do problema abordado do ponto de vista das pessoas, organizações e tecnologias, para ser capaz de propor artefatos que atendam às necessidades do problema prático identificado, a partir de um ciclo de avaliação e refinamento desses artefatos com a aplicação de conhecimentos conhecidos e geração de novos conhecimentos. Neste trabalho, a instancição do *framework* DSR para SI contempla:

- Ambiente: as *pessoas* envolvidas são professores de Química e estudantes do Ensino Médio; a *organização* é representada por escolas do ensino médio; e a *tecnologia* são os jogos digitais educacionais.
- Pesquisa: a proposta é criar um ecossistema de software para auxiliar no ensino da disciplina de Química do Ensino Médio, instanciado sob a perspectiva do ensino dos elementos da Tabela Periódica utilizando jogos digitais. O processo da busca da solução envolve os usuários finais e incluiu uma sessão de *design* participativo para a concepção do jogo [14]. Os cenários jogo foram criados com o auxílio de estudantes do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Uberlândia/MG e darão origem a diferentes fases de jogo. A avaliação consistirá em uma abordagem mista (qualitativa e quantitativa) com a realização de estudos analíticos acerca da estrutura, características e interações realizadas dos artefatos propostos e estudos observacionais por meio de estudos de caso em salas de aula (projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Uberlândia¹) com jogos que exploram grupos de elementos químicos.
- Base de conhecimento: fundamentada nos jogos digitais educacionais [6], tetrade elementar de Schell [15], ecossistemas de software [12], ensino da Tabela Periódica [16] e design participativo [17].

A construção dos artefatos segue uma metodologia ágil de desenvolvimento de software, com um planejamento incremental e iterativo, auxiliado pela ferramenta Kanban [18]. Os jogos estão sendo construídos com o uso do *framework* Phaser.js² [19], que é um motor de jogos (*game engine*), gratuito e de código aberto, que permite criar jogos HTML5 e pode ser executado tanto em computadores *desktop* quanto em dispositivos móveis. Além disso, também está sendo construído um gerenciador Web para permitir que o professor crie suas turmas de estudantes, vincule os jogos desejados e, ainda, monitore o aprendizado de seus estudantes por meio de interações realizadas ao jogar as fases do jogo. Para integrar os artefatos, está sendo projetada uma API (*Application Programming Interface*) Web que se encarregará de armazenar,

analisar e fornecer dados às aplicações de forma desacoplada, bem como prover uma camada de segurança e compatibilidade dos dados, permitindo a construção em paralelo dos artefatos. Assim, o gerenciador Web, a API e os jogos digitais formam o ecossistema de software proposto.

III. RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÕES

Como mencionado, foi realizada uma sessão de *design* participativo para a concepção do jogo com estudantes do ensino médio de uma escola pública, que resultou em três ideias de jogo idealizadas e que foram consolidadas em uma proposta de jogo digital. Além disso, dois estudantes da mesma escola participaram de um projeto de Iniciação Científica para o Ensino Médio e foram responsáveis por criar histórias de jogo para quatro fases, sendo duas para explorar os elementos químicos classificados como Gases Nobres e duas outras para explorar os Metais.

O sistema responsável pelo jogo é um sistema Web e contempla fases com cenários que são relacionados diretamente com propriedades dos elementos da Tabela Periódica. A Fig. 1 apresenta um recorte de uma fase que explora os elementos químicos classificados como “Gases Nobres”. Na imagem, é possível ver balões representados pelos gases Neônio (Ne), Argônio (Ar) e Hélio (He), que ao serem tocados, apresentam o comportamento de acordo com a sua densidade em relação ao ar atmosférico (cenário da fase), ou seja, no caso Argônio, o balão desce.

Dados da interação são enviados para a API para futuras análises e monitoramento de comportamento de jogo por meio de *Game Learning Analytics* [20]. Ao final de cada fase, há uma pergunta de múltipla escolha (*quiz*) elaborada pelo professor sobre o contexto explorado e associada à fase em questão. Cada questão possui quatro alternativas associadas, sendo apenas uma indicada como correta. Tanto a questão quanto as alternativas são apresentadas de forma aleatória entre aquelas cadastradas para a fase em questão. As tentativas de respostas também são enviadas para uma API (*Application Programming Interface*) Web, que retorna uma mensagem de *feedback* para o usuário, também cadastrada pelo professor para cada uma das alternativas.

A API Web segue os padrões REST (*Representational State Transfer*), *Controller*, DTO (*Data Transfer Object*) e POPO (*Plain Old PHP Objects*), com uma arquitetura baseada nos princípios do padrão *Model-View-Controller* (MVC). Além disso, a arquitetura utiliza o padrão *JSON Web Token* (JWT) para tráfego de informações de forma segura, utilizando a biblioteca JWT.IO³. Atualmente, a API conta com 34 *end-points* que são responsáveis por lidar com dados de usuários, *quizzes*, elementos da Tabela Periódica e toda a interação realizada com o jogo. As estruturas relacionadas com a Tabela Periódica e os *logs* de interação foram modeladas de forma não relacional, utilizando o formato JSON, enquanto a estrutura gerencial da plataforma foi modelada de forma relacional, utilizando o Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL.

¹CAAE: 12075519.3.0000.5152

²<https://phaser.io/>

³<https://jwt.io/>

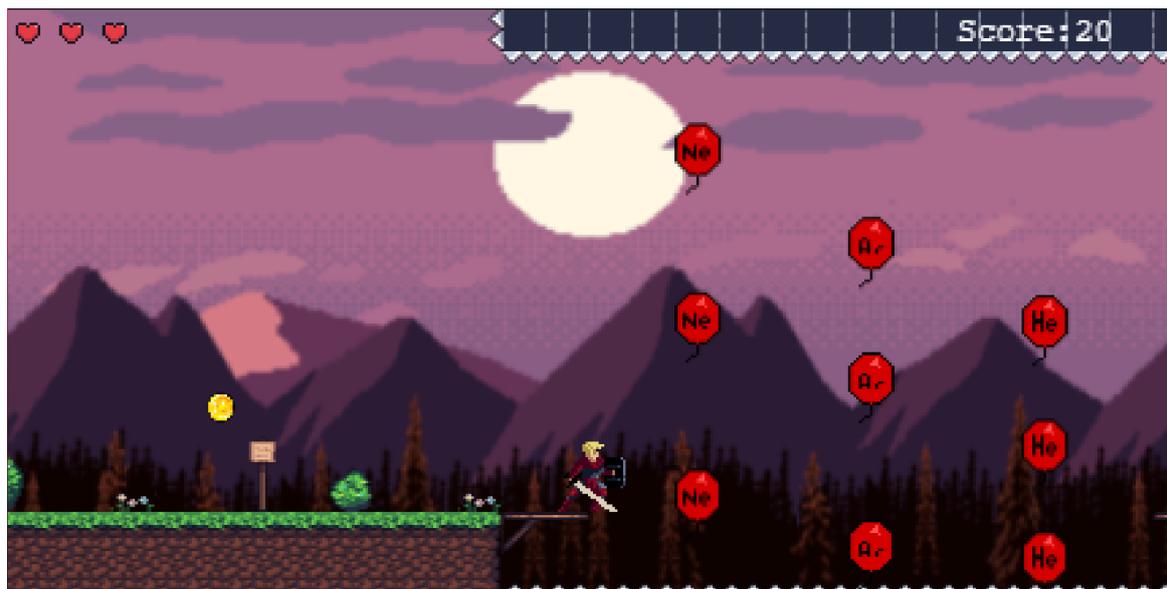


Fig. 1. Captura de tela de um trecho de uma das fases criadas que explora elementos químicos classificados como Gases Nobres.

A Fig. 2 apresenta um trecho do código JSON que representa o elemento químico Hélio e suas características. Todas as características de todos os elementos foram representadas, porém, somente algumas são utilizadas atualmente, como o grupo, o período, a classificação e o subgrupo.

```
{
  "Simbolo": "He",
  "Nome": "Hélio",
  "Tipo": "Natural",
  "Grupo": {
    "Coluna": 18,
    "Nome": "Gases nobres"
  },
  "Período": 1,
  "Classificação": "Gases nobres",
  "Subgrupo": "Representativo",
  "Número atômico": 2,
  "Distribuição eletrônica": {
    "Composição do átomo": {
      "Massa atômica relativa": {
        "Raio atômico calculado": {
          "Densidade": {
            "Ponto de Fusão": {
              "Ponto de Ebulição": {
                "Eletronegatividade": {

```

Fig. 2. JSON de representação do elemento químico Hélio (He).

No Gerenciador Web, três perfis são utilizados: estudantes, professores e administradores. Os estudantes conseguem acessar o gerenciador para se matricular em turmas (com códigos cadastrados pelos professores), visualizar as turmas em que se encontram matriculados e acessar as fases de jogo associadas a elas. Os professores podem cadastrar suas turmas, vincular fases de jogo relacionadas com elementos químicos da Tabela Periódica e suas características, bem como criar questões de

múltipla escolha (*quizzes*) associadas às fases de jogo como forma de avaliação de seus estudantes.

Quantitativos de tentativas, acertos e erros por questão e de forma consolidada por fases são apresentados para o professor, como mostrado na Fig. 3, que também consegue visualizar as estatísticas de cada estudante individualmente. Ressalta-se que os gráficos apresentados são interativos e exibem os dados ao passar o mouse sobre cada item apresentado. Do ponto de vista técnico, diversas bibliotecas de apoio ao desenvolvimento de *front-end* são utilizadas, como jQuery⁴, Bootstrap⁵, DataTables⁶, Slim Select⁷ e Chart.js⁸.

A associação das fases do jogo com elementos químicos explorados abre a possibilidade de criar ferramentas detalhadas de Análises de Aprendizagem tanto para o professor quanto para o estudante. No contexto aqui apresentado, é possível identificar, por exemplo, os grupos de elementos que apresentam menor índice de aproveitamento nas questões respondidas ou onde um determinado estudante tem se esforçado mais ou encontrado maiores dificuldades. Para avaliação da proposta, serão realizados estudos de casos com estudantes e professores de Química de uma escola pública. A ideia é que os resultados sejam utilizados para aperfeiçoamento e refinamento da interface no próximo ciclo de desenvolvimento.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma proposta de ecossistema de software para apoio ao ensino de Química por meio de jogos digitais. Três softwares estão foram projetados e implementados para criar um ambiente de aprendizagem contextualizada.

⁴<https://jquery.com/>

⁵<https://getbootstrap.com/>

⁶<https://datatables.net/>

⁷<https://slimselectjs.com/>

⁸<https://www.chartjs.org/>



Fig. 3. Captura de tela das estatísticas da fase e das questões apresentadas ao professor.

Em um primeiro momento, foram criados cenários de apoio ao ensino da Tabela Periódica para explorar os elementos químicos classificados como Gases Nobres e Metais. Questões de múltipla-escolha são criadas pelos professores e associadas às fases para exercitar características dos elementos explorados em cada fase. O professor consegue monitorar o desempenho da turma e de cada estudante individualmente por meio de gráficos apresentados pelo Gerenciador Web. As próximas etapas envolvem a realização de estudos de caso em sala de aula em uma escola pública estadual, a criação de novas fases, métricas de análises de aprendizagem em jogos e ferramentas para permitir professores e estudantes a explorarem mecânicas, estética, narrativa e tecnologia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CNPq, da FACOM/UFU e do PET/UFU/CLAA para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] J. S. Rocha and T. C. Vasconcelos, "Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões," in *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*, Florianópolis, SC, 2016.
- [2] L. R. Leite and J. O. G. d. Lima, "O aprendizado da química na concepção de professores e alunos do ensino médio: um estudo de caso," *Rev. Bras. Estud. Pedagog.*, vol. 96, no. 243, pp. 380–398, 2015.
- [3] F. M. Oliveira and H. R. Hildebrand, "Ludicidade, ensino e aprendizagem nos jogos digitais educacionais," *Informática na Educação: Teoria & Prática*, vol. 21, no. 1, pp. 106–120, 2018.
- [4] C. A. Paiva and R. Tori, "Jogos digitais no ensino: Processos cognitivos, benefícios e desafios," in *Proceedings of SBGames 2017*, pp. 1052–1055.
- [5] J. A. Valente, "Por que o computador na educação?" in *Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação*, J. A. Valente, Ed. Campinas: Unicamp/Nied, 1993, ch. 2.
- [6] B. Gros, "Digital games in education," *Journal of Research on Technology in Education*, vol. 40, no. 1, pp. 23–38, 2007.
- [7] C. A. Pimentel, M. L. Bergamo, and P. de Freitas Melo, "Levantamento de requisitos para jogos educativos infantis," in *Proceedings of SBGames 2019*, Rio de Janeiro, RJ, 2019, pp. 995–1004.
- [8] K. Battarbee, J. F. Suri, and S. G. Howard, "Empathy on the edge: Scaling and sustaining a human-centered approach in the evolving practice of design," *IDEO*, pp. 1–14, 2014, disponível em: <https://www.ideo.com/news/empathy-on-the-edge>.
- [9] F. R. e Diego Rocha e Nayana Monção e Ranulfo Neto e João Costa e Karoline Farias e Bruno Lima e Andre Santana, "AbaQuim - um jogo educativo para auxílio na aprendizagem de distribuição eletrônica química," in *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2017, pp. 907–916.
- [10] J. A. e Arthur Almeida e Marcos Vieira e Adriano Carvalho e Maria Leite, "IFQuimical: uma proposta de mediação no processo ensino-aprendizagem de química," in *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2018, pp. 61–70.
- [11] A. J. Franco-Mariscal and M. J. Cano-Iglesias, "Soletrando o Br-As-I-L com símbolos químicos," *Química Nova na Escola*, vol. 31, no. 1, pp. 31–33, 2009.
- [12] J. Bosch, "From software product lines to software ecosystems," in *Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference, USA*, 2009, pp. 111–119.
- [13] A. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, "Design science in information systems research," *MIS Quarterly*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004.
- [14] R. Araújo, I. Nunes, and H. Rezende, "Concepção de um jogo digital educativo usando design participativo para ensino contextualizado da tabela periódica," *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, p. 524, 2019.
- [15] J. Schell, *The Art of Game Design: A Book of Lenses*, 2nd ed. USA: CRC Press, 2015.
- [16] M. Tolentino, R. C. Rocha-Filho, and A. P. Chagas, "Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos," *Química Nova*, vol. 20, no. 1, pp. 103–117, 1997.
- [17] C. Spinuzzi, "The methodology of participatory design," *Technical Communication*, pp. 163–174, 2005.
- [18] D. J. Anderson, *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. Blue Hole Press, 2010.
- [19] T. Faas, *An Introduction to HTML5 Game Development with Phaser.js*, 1st ed. USA: A. K. Peters, Ltd., 2016.
- [20] M. Freire, Á. Serrano-Laguna, B. M. Iglesias, I. Martínez-Ortiz, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, "Game learning analytics: Learning analytics for serious games," in *Learning, Design, and Technology: An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy*, M. J. Spector, B. B. Lockee, and M. D. Childress, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 1–29.