

Jogos de tabuleiro modernos e a divulgação científica: as potencialidades do jogo *Cytosis* para alinhar diversão e conhecimento

Mariana Sayde de A. S. Ribeiro
*Grupo de pesquisa Ciência e Educação
 Lúdica (CEL)*
*Universidade Federal Fluminense
 (UFF)*
 Niterói, Brasil
 marianasayde@gmail.com

Thaís Sanches Santos
*Pós-Graduação em Ensino em
 Biociências e Saúde*
IOC/FIOCRUZ
 Maringá, Brasil
 thaissanchessantos@gmail.com

Carolina Nascimento Spiegel
*Depto Biologia Celular e Molecular
 Universidade Federal Fluminense
 (UFF)*
 Rio de Janeiro, Brasil
 carolinaspiegel@id.uff.br

Resumo—Especialmente após a pandemia do novo coronavírus, conteúdos de biologia celular e molecular têm cada vez se destacado mais nos meios de comunicação e, esses conhecimentos científicos são fundamentais para incluir a população leiga no debate sobre temas que podem impactar sua vida. Para tanto, analisamos o potencial do jogo de tabuleiro comercial *Cytosis: A Cell Biology Game* na divulgação científica de biologia celular e molecular a partir das diferentes perspectivas do modelo MDA (*Mechanics, Dynamics and Aesthetics*). Chegamos à conclusão de que o jogo analisado tem o potencial de proporcionar ao jogador experienciar processos celulares a partir de um modelo simplificado do funcionamento de uma célula humana, possibilitando a difusão desse conhecimento científico para o público leigo de forma lúdica. Embora ainda não lançado no Brasil, pode ser jogado de forma online. Pode ainda ser utilizado em espaços não-formais de educação, como museus e ludotecas.

Palavras-chave—jogos de tabuleiro, board game, divulgação científica, cytosis, célula, biologia molecular, MDA

I. INTRODUÇÃO

Ciência e tecnologia estão cada vez mais se destacando nos meios de comunicação em massa [1]. Temas como manipulação genética, saúde pública, biotecnologia, impacto de novas técnicas médicas, etc., têm cobertura regular da mídia devido a crescente importância política desses assuntos, em especial durante a pandemia do novo coronavírus, que propiciou a apresentação de vários conceitos biológicos para a população em geral. Contudo, estas informações são recebidas pela população muitas vezes de forma incompleta, descontextualizada, incorreta ou de difícil entendimento [2] [3] [4].

Os principais meios de comunicação dessas notícias acontecem em jornais, revistas, rádio e televisão. Entretanto, com o avanço da internet, as redes sociais (Instagram, Facebook, Tiktok), YouTube, podcasts científicos e séries de TV americana também potencializaram a difusão desses temas [5] [6]. Os saberes científicos que tradicionalmente circulavam apenas dentro das comunidades científicas, por meio dos veículos de comunicação em massa, acabam por abranger não apenas os

especialistas, mas também o público leigo. Dessa forma, os cidadãos são incluídos no debate sobre temas especializados que podem impactar sua vida [2] [4].

Desse modo, torna-se essencial o esforço de reformular o discurso especializado em um discurso compreensível ao público leigo, e é isso que constitui a principal intenção das propostas de divulgação científica [7]. É importante notar que mesmo que tenhamos uma ascensão da divulgação científica nos meios de comunicação, no caso do Brasil, o hábito da leitura entre a população sobre assuntos científicos ainda é bastante limitado [8].

Com o crescente avanço tecnológico na área de biologia molecular, Leite [9] ressalta que temas como genética e biotecnologia têm um lugar central na representação social da ciência no século XXI e reforça ainda que três níveis de desafio precisam ser enfrentados pela divulgação científica, são eles **a)** esclarecer conceitos básicos como células e cromossomos; **b)** cobrir os temas com critério, noticiando assuntos de relevância; **c)** investigar e expor as consequências éticas, sociais e jurídicas em relação à biotecnologia. A partir do exposto, podemos concluir que a compreensão dos principais conceitos relacionados ao mecanismo celular é de fundamental importância para que assuntos biotecnológicos sejam compreendidos pela população em geral.

Como compreendemos, a educação formal, promovida por escolas na educação básica, tem papel fundamental no ensino e esclarecimento desses conceitos biológicos, assim como também a educação não-formal promovida por museus a partir de exposições permanentes ou itinerantes. Ademais, existem outras ferramentas que podem ser utilizadas também como divulgadores desses conceitos, como é o caso de vários tipos de jogos [10] [11], como jogos de tabuleiros educativos e/ou comerciais [12].

Os jogos de tabuleiro modernos (também conhecidos como *board games*) referem-se aos jogos de tabuleiro comerciais que apareceram nos últimos vinte anos e inclui títulos como Catan (1995), Carcassonne (2000) e Ticket to Ride (2004). Esta nova geração de jogos se baseia em regras que visam deixar o jogo balanceado e divertido.

Diferentemente dos jogos de tabuleiro educativos, jogos de tabuleiro comerciais não são criados para fins exclusivamente pedagógicos, ainda assim, podem ser explorados pela educação formal e não-formal, como é o caso do jogo *Cytosis: A Cell Biology Game*. *Cytosis* é um jogo de tabuleiro comercial desenvolvido pelo designer John K. Coveyou e ilustrado pelo Tomasz Boguz [13]. O jogo é comercializado pela editora Genius Game, que é especializada em produzir jogos apenas com teor científico, como *Peptide*, *Virulence* e *Covalence*.

Encontramos no website da editora Genius a seguinte descrição (tradução livre): “*Acreditamos que a ciência é inspiradora, hipnotizante e bela. Também acreditamos que a ciência pode tornar nosso mundo um lugar melhor. Por meio das ferramentas fornecidas pela ciência, podemos lidar com os tipos de escassez de recursos, aliviar doenças que estão na raiz de muito sofrimento humano e inovar para simplesmente tornar nossa estadia na Terra uma experiência mais agradável. Essa é a nossa missão e porque existimos.*” [14].

A principal mecânica do jogo *Cytosis* (Figura 1) é a de alocação de trabalhadores que ocorre em um tabuleiro com uma representação gráfica de uma célula humana. Entende-se por mecânica a forma como você deve jogar o jogo, no caso da mecânica de *Cytosis*, o jogador utiliza suas peças de "trabalhadores" para marcar qual ação irá realizar (como comprar uma carta ou trocar peças), geralmente limitando que outro jogador utilize aquela ação na mesma rodada.

Os jogadores começam com um número de frascos (que se refere aos seus “trabalhadores”) e na sua vez, eles colocam um de seus frascos em qualquer local disponível dentro daquela célula. Alguns locais fornecem aos jogadores recursos (por exemplo, mRNA, ATP) e alguns apresentam ações (por exemplo, converter recursos, cartões de compra). Os recursos são usados para construir enzimas, hormônios e/ou receptores, que pontuam “pontos de saúde”. O jogador com mais “pontos de saúde” no final do jogo vence.



Fig. 1. Componentes do Board game *Cytosis: A Cell Biology Game* (fonte: <https://www.geniusgames.org/products/cytosis-a-cell-biology-game>)

Esse trabalho tem como objetivo analisar as potencialidades do jogo de tabuleiro *Cytosis: A Cell Biology Game* como forma de divulgação científica sobre os conceitos celulares.

II. METODOLOGIA

A principal abordagem formal utilizada para a análise de jogos, e que foi utilizada para estudar o jogo *Cytosis: A Cell Biology Game* neste trabalho, é o modelo MDA difundido por Hunicke *et al.* [15]. Essa metodologia propõe que o jogo seja composto por três elementos: Mecânica, Dinâmica e Estética (*Mechanics, Dynamics and Aesthetics*). O modelo MDA (Tabela I) parte do princípio de que o jogo é uma totalidade complexa que não pode ser reduzida a cada um desses aspectos [16]. Todos eles impactam a experiência do jogador e a proposta da metodologia MDA é olhar, sem desassociar, essas dimensões. Assim, seremos capazes de decompor melhor essa experiência e analisá-la. Para a avaliação desses três aspectos foram analisadas as regras, manual, tabuleiro e outros componentes do jogo *Cytosis*. A partir dessas análises, foram estimadas a dinâmica entre jogadores e jogo e as sensações proporcionadas por ele, para buscar identificar elementos que promovam a divulgação científica relacionando ao tema de biologia celular.

Dessa forma, cada componente do modelo MDA pode ser considerado como uma “lente” que enfatiza aspectos diferentes do jogo, mas que estão diretamente interligados entre si [17]. Uma pequena mudança em um dos componentes causa uma mudança geral no sistema [16] (por exemplo, a mudança da quantidade de “As” de um jogo de baralho pode alterar a dinâmica e, conseqüentemente, a estética percebida ao jogar).

TABELA I. MODELO MDA

Componentes	Descrição
MECÂNICA	Descreve os componentes específicos do jogo, no nível de representação de dados e algoritmos.
DINÂMICA	Descreve o comportamento da mecânica quando ela é executada pelas ações do jogador e cada um dos resultados ao longo do tempo.
ESTÉTICA	Descreve as respostas emocionais desejáveis evocadas no jogador, quando ele interage com o sistema de jogo.

Fonte: Adaptado de [14].

A. Mecânica

As mecânicas são as várias ações, regras e mecanismos de controle oferecidos ao jogador dentro do jogo. Juntamente com o conteúdo do jogo a mecânica suporta a dinâmica geral da jogabilidade [15]. Por exemplo: as mecânicas dos jogos de cartas incluem embaralhar, fazer rodadas e apostar – de onde dinâmicas como o blefe podem emergir, por exemplo.

B. Dinâmica

O jogador intervém no jogo dentro das possibilidades limitadas pelas regras. A dinâmica é o que acontece quando o sistema do jogo é operado, ou seja, quando é jogado pelo usuário. A dinâmica do sistema se caracteriza pela reação do jogo à ação do jogador e a resposta do jogador à mudança do jogo, caracterizando um sistema de *feedback*.

C. Estética

A estética de um jogo é o conjunto de sensações, não só visuais, mas também físicas, mentais, e sentimentos como “descoberta”, os quais contribuem para deixar o jogo mais atraente e divertido. Não existe uma fórmula exata para tal, mas o jogo precisa propiciar, através do equilíbrio entre os elementos que o compõem, sensações que sejam agradáveis para o público-alvo. Podemos enumerar alguns dos tipos de impressões estéticas que o jogo pode nos passar, como: Sensação, Fantasia, Narrativa, Desafio, Companheirismo, Descoberta, Expressão e Obediência (Tabela II).

TABELA II. LISTA DE ALGUMAS IMPRESSÕES QUE A ESTÉTICA DO JOGO PODE PROVOCAR

<i>Sensação</i>	jogo como prazer dos sentidos
<i>Fantasia</i>	jogo como faz de conta
<i>Narrativa</i>	jogo como drama
<i>Desafio</i>	jogo como obstáculos a ser superado
<i>Companheirismo</i>	jogo como ambiente social
<i>Descoberta</i>	jogo como conquista de um novo território
<i>Expressão</i>	jogo como autodescoberta
<i>Obediência</i>	jogo como passatempo

Fonte: Adaptado de [14].

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após analisar o jogo *Cytosis: A Cell Biology Game*, suas regras, componentes e jogabilidade, pode-se identificar vários temas ligados à biologia celular e molecular presentes no jogo, como a presença de algumas moléculas orgânicas (Tabela III), processos celulares (Tabela IV) e organelas e locais celulares (Tabela V).

TABELA III. LISTA MOLÉCULAS ORGÂNICAS IDENTIFICADAS NO CONTEÚDO DO JOGO *CYTOSIS: A CELL BIOLOGY GAME*

<i>Moléculas orgânicas</i>
Carboidratos / Glicose
RNA mensageiro
Proteínas / Enzimas
Lipídios / Esteroides
ATP

TABELA IV. LISTA DE PROCESSOS CELULARES IDENTIFICADOS NO CONTEÚDO DO JOGO *CYTOSIS: A CELL BIOLOGY GAME*

<i>Processos celulares</i>
Respiração Celular
Transporte através da membrana
Expressão gênica
Produção e Secreção de substâncias (hormônios e receptores)
Metabolismo da Glicose
Desintoxicação de drogas (álcool)
Produção de Enzimas

TABELA V. LISTA DE ORGANELAS/LOCAIS CELULARES IDENTIFICADOS NO CONTEÚDO DO JOGO *CYTOSIS: A CELL BIOLOGY GAME*

<i>Organelas e locais celulares</i>
Ribossomos
Núcleo
Membrana plasmática
Mitocôndria
Citoplasma
Complexo golgiense
Retículo Endoplasmático Granuloso
Retículo Endoplasmático Não Granuloso

Além dos processos identificados, os conhecimentos abordados no jogo também são a base de outros temas pertinentes à sociedade como diabetes, edição de DNA, colesterol, fagocitose, sistema imune e outros.

Como já citado, os três aspectos do modelo MDA são uma totalidade complexa que, por fim, culmina na experiência de jogar. Da perspectiva de quem desenvolve o jogo, as mecânicas são a base para o comportamento dinâmico do sistema, e que, por sua vez, leva a experiências estéticas particulares. Já do ponto de vista do jogador, a experiência estética se dá no primeiro momento de interação com o jogo, que nasce da dinâmica observável (as interações jogador x jogador e jogador x jogo) e, eventualmente, na mecânica empregada (Figura 2) [15]. Portanto, vamos começar nossas análises pelo olhar de quem joga.



Fig. 2. Esquema que mostra as diferentes perspectivas do jogador e desenvolvedor de acordo com o modelo MDA. Adaptado [14].

A. Análise da Estética

Jorge Larrosa Bondía [17] propõe que o aprendizado significativo se concretiza através da experiência/sentido, ou seja, daquilo que nos acontece, daquilo que nos toca, e que ganha sentido em nossa existência, para além da mera recepção de informação e imediata emissão de uma opinião sobre essa informação recebida. Quanto maior o envolvimento emocional em um assunto maior será a aprendizagem e o acúmulo de memórias mais profundas [18]. Portanto, a estética que se dá na relação com o jogo, ou seja, a experiência vivida pelo jogador ao jogar, tem grande potencial de influenciar no aprendizado e aumentar seu conhecimento sobre determinado assunto em comparação com uma recepção passiva de informações.

De acordo com de Lyra [12] os jogos educativos, em sua maioria, são desenvolvidos por pesquisadores, professores e alunos que não possuem conhecimento técnico na área de game design, design gráfico e divulgação científica, e, por conta disso, priorizam a transmissão do conhecimento nos formatos tradicionais da educação formal, colocando os aspectos estéticos em segundo plano, o que pode levar a um

menor interesse e motivação dos jogadores. Já em jogos comerciais, o aspecto estético geralmente é a prioridade para os desenvolvedores.

Como demonstrado anteriormente, a estética proposta pelo jogo pode ser descrita de maneiras diferentes de acordo com as possíveis reações emocionais. Em *Cytosis*, há o “desafio” gerado pela pressão da competição contra o adversário e pela apreensão ao sortear a carta correta. Outro componente estético presente nesse jogo é a “sensação”, proporcionada por diversas formas de prazer, como por exemplo, conseguir concluir a produção de determinada secreção e arrastar a ficha (*token*) de vesícula para fora da célula, conquistando pontos dessa forma; manipular de forma tátil os componentes do jogo físico; pela apreciação visual, dentre outras formas. Pode-se encontrar também o fator “fantasia”, uma vez que, embora o jogo seja baseado em conceitos biológicos, o jogador simula ter o controle de uma célula, podendo tomar decisões por ela, além da escala da representação da célula, coloração e material, obviamente não corresponderem a uma célula real.

A experiência conhecida como “*hands on*”, em tradução livre “aprender fazendo” (ou “mão na massa”) é considerada como o principal aspecto de interação para conhecer, vivenciar e explicar conceitos científicos [19] [20]. Essa forma de experimentar na prática a célula pode ser útil para o aprendizado sobre tema, pois aproxima o jogador deste conceito abstrato e de difícil entendimento por não poder ser visto ou manuseado diretamente [21].

B. Análise da dinâmica

A dinâmica trabalha para criar experiências estéticas. O jogo, diferente de outros produtos de entretenimento (como livros, músicas, filmes ou peças de teatro), possui um consumo bastante imprevisível, pois a sequência de eventos que ocorre durante o jogo e o resultado desses eventos são desconhecidos antes de iniciada a partida [22]. De acordo com Hunicke *et al.*, [15], os jogos são considerados mais um artefato do que um tipo de mídia, já que o conteúdo de um jogo é seu comportamento, ou seja, como sistema de jogo e seus jogadores funcionam juntos nesse encontro.

Como o jogo só funciona a partir da interação, o usuário é também protagonista da formação de conteúdo nesse processo. Em *Cytosis*, por exemplo, o jogador é quem vai ser responsável por sintetizar hormônios e receptores, gastar e produzir energia, realizar endocitose, exocitose, desintoxicação de álcool, transcrição, tradução etc. O conteúdo não está dado, o jogador precisa se apropriar dele ao longo da partida (mesmo que “sem querer”). Caso surja maior interesse pelo assunto ele poderá se aprofundar utilizando um caderno que acompanha o jogo chamado “*Cytosis - A ciência por trás do jogo*” (*Cytosis - The Science Behind the Game*), o qual explica, para além do jogo, as funções de cada organela de forma acessível e didática para o público em geral.

E a partir desse contexto é que a divulgação científica se incorpora no jogo, pois os jogadores precisarão realizar ações que simulam reações biológicas que acontecem à nível celular. Mesmo que os jogadores não compreendam exatamente a função de um hormônio no corpo, por exemplo, ele irá compreender que, para a síntese dessa substância, é necessário o gasto de lipídios (hormônios esteroides) ou proteínas (hormônios proteicos).

C. Análise da mecânica

A mecânica proporciona uma dinâmica de jogo que dialoga com a forma de funcionamento dos processos celulares, fazendo com que o jogador seja capaz de sentir/perceber que esses processos ocorrem através de vias e cascatas, e que estão conectados uns com os outros.

A Tabela VI lista algumas ações possíveis dos jogadores no jogo *Cytosis* delimitadas pelas regras do jogo e o local em que ocorrem no tabuleiro.

TABELA VI. LISTA DE ORGANELAS/LOCAIS CELULARES E SUAS RESPECTIVAS AÇÕES NO JOGO *CYTOSIS: A CELL BIOLOGY GAME*

Organelas/locais celulares	Ação no jogo
Membrana plasmática	A) Transporte de glicose B) Exocitose (hormônios e receptores)
Núcleo	Produção do RNA mensageiro
Citoplasma	Síntese de enzimas
Ribossomos livres	Produção de proteínas - troca de RNA mensageiro por proteínas
Mitocôndria	Produção de ATP à partir de carboidratos
Retículo Endoplasmático Granuloso	Síntese de receptores e de hormônios proteicos
Retículo Endoplasmático Não Granuloso	A) Síntese de lipídeos B) Síntese de hormônio esteróide C) Desintoxicação de álcool
Complexo golgiense	A) Mover as vesículas dos retículos endoplasmático liso e rugoso; B) Acrescentar carboidratos e lipídeos nas vesículas;

D. O encontro da mecânica celular com a mecânica do jogo

Elencamos alguns conceitos celulares para mostrar como a mecânica do jogo se intercala com o funcionamento celular, gerando a experiência de controlar uma célula para o usuário final.

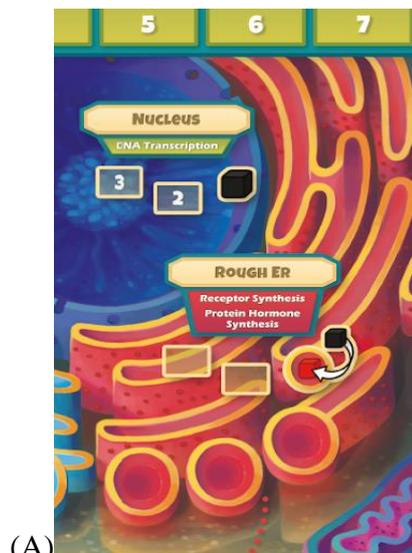
1) *Metabolismo da glicose e Respiração Celular*: Para a célula humana adquirir glicose, é necessário absorvê-la do meio extracelular através, principalmente, de transporte ativo na membrana plasmática. Uma vez dentro da célula, a glicose pode ser utilizada em várias vias metabólicas, como, por exemplo, na produção de energia pela respiração celular que ocorre majoritariamente dentro das mitocôndrias. O jogo representa esses processos através de dois passos: **a)** a troca de uma peça de ATP com uma peça de glicose no local do tabuleiro que simboliza a “Membrana Plasmática”; **b)** troca de uma peça de glicose por 6 peças de ATP no local do tabuleiro que representa a “Mitocôndria” (Figura 3). Embora as proporções das trocas no jogo não sejam equivalentes aos valores conhecidos, o jogo não deixa de transmitir a mensagem de que a glicose é convertida em uma quantidade de energia que compensa o custo inicial para adquiri-la, além de demonstrar uma das funções da membrana plasmática e das mitocôndrias. Uma problemática que pode ser levantada a respeito desse processo no jogo, é a ênfase da glicose como única fonte de energia para a célula, uma vez que outras moléculas, como peptídeos e ácidos graxos, podem também entrar na

via metabólica da respiração celular, o que pode levar a uma compreensão incompleta do processo [23]. Além disso, os pequenos cubos (*tokens*) que representam o monossacarídeo glicose, também representam os carboidratos no jogo, o que pode gerar certa confusão.



Fig. 3. Ilustração dos locais do tabuleiro onde ocorre a entrada de glicose na membrana plasmática (*plasma membrane*) e a respiração celular na mitocôndria (*mitochondria*).

2) *Expressão gênica*: A expressão gênica das células de todos os seres vivos ocorre por dois principais passos conhecidos como o “dogma central da biologia”: Transcrição e Tradução. O jogo representa esse processo por meio de duas ações: **a)** Receber peças de RNA mensageiro no local que simboliza o “Núcleo” no tabuleiro; **b)** Trocar peças de RNA mensageiro por peças de Proteína no local do jogo que simboliza “Ribossomos livres” ou no local que simboliza o “Retículo Endoplasmático Granuloso” (Figura 4). Dessa forma, o jogo consegue representar através da mecânica a separação espacial e temporal desses dois processos na célula eucariótica. Além disso, demonstra os diferentes locais em que ocorre a tradução de proteínas: em ribossomos livres no citoplasma ou associados ao retículo endoplasmático. As proteínas produzidas em cada um desses locais apresentam diferentes destinos no jogo, assim como na célula. Uma outra questão a ser discutida é que o jogo optou – talvez para não poluir o cenário do tabuleiro – por ocultar a presença de ribossomos no retículo endoplasmático granuloso. Dessa forma a mensagem passada a respeito da função dos ribossomos e retículo endoplasmático granuloso pode ficar incompleta.



(A)



(B)

Fig. 4. Ilustração dos locais do tabuleiro onde ocorre a transcrição do DNA e a tradução do RNA mensageiro. A: núcleo (*nucleus*) e retículo endoplasmático granuloso (*rough ER*); B: ribossomos livres (*free ribosome*).

3) *Secreção de substâncias*: Proteínas secretadas são produzidas no retículo endoplasmático granuloso da célula e enviadas dentro de vesículas para o complexo golgiense, assim como substâncias lipídicas produzidas a partir do retículo endoplasmático não granuloso. Após possíveis edições no complexo golgiense, as substâncias são enviadas por vesículas para fora da célula num processo conhecido como exocitose. O jogo representa esse processo através das ações: **a)** Proteínas produzidas no espaço do tabuleiro que simboliza o “Retículo Endoplasmático Granuloso” são colocadas em cima de fichas (*tokens*) que representam vesículas membranosas (Figura 5), as quais carregam hormônios proteicos ou receptores de membrana. **b)** No espaço do tabuleiro que representa o “Retículo Endoplasmático Não Granuloso” pode-se escolher a ação de produzir hormônios esteróides a partir de lipídios, os quais são alocados dentro de vesículas membranosas também. **c)** Ao escolher a ação disponível no local que simboliza “Complexo Golgiense”, as vesículas são encaminhadas até esse espaço e pode-se acrescentar nelas carboidratos e lipídios, formando: glicoproteínas ou glicolipídeos. **d)** Ao escolher a ação disponível chamada exocitose no local do tabuleiro que simboliza a “Membrana Plasmática”, as vesículas são liberadas da célula (atribuindo pontos ao jogador que concluiu a tarefa).



Fig. 5. Representação das vesículas membranosas (ficha roxa) no tabuleiro carregando duas moléculas de proteína (cubos vermelhos) e uma de carboidrato (cubo verde) formando receptores de hormônio (indicado pela carta à esquerda).

IV. CONCLUSÃO

Após análises concluímos que o jogo *Cytosis* é um material que pode ser utilizado como um meio de comunicação científica dos processos biológicos através dos mecanismos presentes no jogo que simulam o funcionamento de uma célula eucariótica. O jogo analisado é vendido comercialmente e destinado ao público em geral, ou seja, não está atrelado ao uso apenas na educação formal, evidenciando assim que qualquer indivíduo que utilizar o jogo, mesmo não compreendendo o funcionamento de uma célula, de certa forma, poderá adquirir conhecimentos sobre a estrutura celular, substâncias produzidas pela célula, produção de energia, dentre outros. Os conceitos abordados no jogo são conteúdos fundamentais para entender a base de muitos temas importantes para a sociedade, como saúde, tecnologia, agricultura, pecuária, alimentos, meio ambiente, dentre outros, suscitando discussões de ordem política, ética, econômica e social [24].

Um dos obstáculos da utilização desse jogo é sua acessibilidade em relação ao uso da língua inglesa, visto que ele ainda não foi lançado no Brasil. Contudo, o jogo é pouco dependente de idioma, as cartas e legendas do tabuleiro não são complexas de compreensão e podem ser facilmente traduzidas por um tradutor online. Além disso, existe um fórum brasileiro de jogadores de board games brasileiros denominado de Ludopedia, o qual disponibiliza o manual traduzido para português [25].

Apesar do custo do jogo não ser muito acessível (por volta de R\$220,00), ele pode ser jogado gratuitamente no site <https://tabletopia.com/> de forma online com outros jogadores. Embora essa possibilidade aumente a acessibilidade para quem possui disponível um celular, computador ou tablet, há uma perda no atributo de interação física com os componentes do jogo, além de um contato presencial com os outros jogadores, o que pode afetar a experiência estética do consumidor.

Espaços não formais de ensino, como museus e ludotecas, inseridos no contexto de divulgadores científicos podem ter um papel fundamental na disseminação de jogos como o *Cytosis*, pois ao disponibilizar o jogo em uma exposição e/ou empréstimo estariam assim contribuindo para que os visitantes entrassem em contato com o universo microscópico das células de forma lúdica e divertida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a pós-graduação de Ensino em Biociências e Saúde (IOC/FIOCRUZ), e Universidade Federal Fluminense. Agradecemos também a todos do grupo de pesquisa do CNPq Ciência e Educação Lúdica (CEL) pelos aprendizados e companheirismo.

REFERÊNCIAS

- [1] J. B. Dantas, "Tecnificação da Vida: Uma discussão sobre o discurso da medicalização da sociedade," *Fractal: Revista de Psicologia*, vol. 21, no. 3, pp. 563–580, 2009.
- [2] S. de S. Santos, "Ciência, discurso e mídia: a divulgação científica em revistas especializadas," dissertation, 2007.
- [3] J. H. de S. Júnior, L. V. H. A. de S. Ribeiro, J. C. Soares, and M. Raasch, "Da Desinformação ao Caos: uma análise das Fake News frente à pandemia do Coronavírus (COVID-19) no Brasil," *Cadernos de Prospecção*, vol. 13, no. 2 COVID-19, pp. 331, 2020.
- [4] W. C. Bueno, "Comunicação Científica e Divulgação Científica: Aproximações e rupturas conceituais," *Informação & Informação*, vol. 15, no. 1esp, p. 1, 2010.
- [5] W. G. Schmiedeck and P. A. Porto, "A história da ciência e a divulgação científica na TV: subsídios teóricos para uma abordagem crítica dessa aproximação no ensino de ciências," *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 15, no. 3, pp. 627–643, 2015.
- [6] L. Navarro Zamora, "Comunicación de la Ciencia en la pandemia por covid-19 y sus divulgadores," *Emerging Trends in Education*, vol. 4, no. 7, 2021.
- [7] J. Authier-Revuz, *Palavras incertas: as não-coincidências do dizer*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1998, pp. 53–74.
- [8] G. B. da Silva and D. S. Freitas, "Quando a genética vira notícia: o uso de textos de divulgação científica (TDC) em aulas de biologia," *Revista Didática Sistêmica*, vol. 3, pp. 41–56, 2006.
- [9] M. Leite, "Biotecnologias, Clones e Quimeras sob controle social: Missão Urgente para a Divulgação Científica," *São Paulo em Perspectiva*, vol. 14, no. 3, pp. 40–46, 2000.
- [10] M. L. Bianconi and F. Caruso, "Francisco. Educação não-formal," *Ciência e cultura*, vol. 57, no. 4, pp. 20, 2005.
- [11] V. Codá, E. R. Da Silva, and M. S. De Vasconcellos, "O chamado do Curupira," *Acta Scientiae et Technicae*, vol. 8, no. 2, 2021.
- [12] S. S. de Lyra, "O potencial dos jogos educativos com temática científica 'Batalha de Micróbios', 'Imune-Série Vírus' e 'Microvilões em Ação' no processo de Alfabetização Científica," thesis, 2020.
- [13] J. Coveyou, "Cytosis: A Cell Biology Board Game," *Board game by Genius Games*, 2017.
- [14] "Genius Games." About Us - Genius Games. <https://www.geniushgames.org/pages/about-us-1> (accessed Ago. 10, 2021).
- [15] A. Järvinen, "Games without frontiers: Theories and methods for game studies and design," dissertation, 2008.
- [16] R. Hunnicke, M. LeBlanc, and R. Zubek, "MDA: A formal approach to game design and game research." *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*. vol. 4. no. 1, 2004.
- [17] J. L. Bondia, "Notas sobre a experiência e o saber de experiência," *Revista Brasileira de Educação*, no. 19, pp. 20–28, 2002.
- [18] V. da Fonseca "Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica," *Revista Psicopedagogia*, vol. 33, no. 102, pp. 365–384, 2016.
- [19] J. Wagensberg, "A favor del Conocimiento Científico (Los Nuevos Museos)," *ENDOXIA*, no. 14, pp. 341–356, 2001.
- [20] M. Marandino, J. Norberto Rocha, T. M. Cerati, G. Scalfi, D. De Oliveira, and M. Fernandes Lourenço, "Ferramenta Teórico- Metodológica para o Estudo dos Processos de alfabetização científica em ações de educação não formal e Comunicação Pública da Ciência: Resultados E discussões," *Journal of Science Communication América Latina*, vol. 01, no. 01, 2018.

- [21] A. Çimer, “What makes biology learning difficult and effective: Students’ views,” *Educational research and reviews*, vol. 7, no. 3, pp. 61-71, 2012.
- [22] E. Adams and J. Dormans, *Game mechanics: Advanced game design*. Berkeley, CA: New Riders, 2012.
- [23] G. A. Oliveira, C. R. Sousa, A. T. Da Poian, and M. R. Luz, “Students’ misconception about energy-yielding metabolism: Glucose as the sole metabolic fuel,” *Advances in Physiology Education*, vol. 27, no. 3, pp. 97–101, 2003.
- [24] C. A. Monerat and M. B. Rocha, “Biologia Celular em revista: Análise de Textos de Divulgação Científica,” *Ensino, Saúde e Ambiente*, vol. 10, no. 3, 2018.
- [25] “Ludopedia.” Cytosis: A Cell Biology Board Game - Manual de regras em PT-BR. <https://www.ludopedia.com.br/jogo/cytosis-a-cell-biology-board-game/anexos/130306> (accessed Ago. 02, 2021).