

Jogo Digital e o conceito de aleatoriedade: aplicação e potencialidades para o ensino e a aprendizagem

Marcia C. Figueiredo e Aguinaldo R. de Souza

O trabalho objetiva apresentar a aplicação de um jogo digital para investigar as percepções de licenciandos em Química sobre o conceito de aleatoriedade presente na teoria cinética dos gases e o seu potencial para o ensino e a aprendizagem. A pesquisa foi qualitativa do tipo descritiva e, na coleta de dados foram aplicados o jogo digital e as entrevistas semiestruturadas para oito licenciandos de uma universidade pública do Estado do Paraná. Os dados foram estruturados segundo a análise de conteúdo, e os resultados indicam que as percepções de senso comum ou não elucidativas apresentadas pelos licenciandos podem ser reproduzidas por meio da mediação do professor quando se fazem presentes na plataforma do jogo digital. Assim, esta ferramenta tem potencial para auxiliar o professor na proposição de atividades de pensamento e de reflexão, além de proporcionar aos alunos a reelaboração de concepções prévias, no momento em que se depara com situações presentes no jogo.

► recurso didático, ensino, aprendizado ◀

Recebido em 28/04/2020, aceito em 25/11/2020

O aprendizado de alguns conteúdos da Química requer do estudante um pensar mais elaborado e certa abstração, como diante da apresentação ou descrição de eventos ao nível submicroscópico da matéria, como átomos e moléculas. Por exemplo, no ensino de termodinâmica, apesar de ser apresentada como uma ciência que está na mesma direção dos sentidos humanos, como a sensação de calor, em alguns casos, acaba levando os alunos a se apropriarem de ideias de senso comum. Caso semelhante ocorre em relação aos conceitos de irreversibilidade e a aleatoriedade, uma vez que também necessitam de alguma preparação prévia, tanto por parte dos docentes como dos estudantes, para que sejam entendidos e incorporados aos conceitos que expliquem o mundo e os fenômenos envolvidos.

Para Piaget (2012), quando o sujeito consegue aprender conteúdos abstratos sem o auxílio de um material concreto, este alcança o último nível de desenvolvimento das estruturas da inteligência, denominado de estágio operatório formal. O indivíduo então será capaz de pensar sobre os fatos do cotidiano e sobre todas as relações lógicas possíveis em busca de soluções a partir da elaboração de hipóteses, e não mais apenas pela observação da realidade (Piaget, 1987, 2012).

No entanto, muitas pessoas, mesmo após terem alcançado o estágio formal, ainda apresentam obstáculos para entender

ou explicar certos fenômenos, como aqueles associados à aleatoriedade. Os estudos de Mendes (2007), Farinaccio (2006), Ortiz (2002) e Silva (2014) comprovam algumas dificuldades de pessoas em operar com conhecimentos abstratos. Por exemplo, a pesquisa de Silva (2014, p. 153), tendo como referência a teoria de Piaget “[...] investigou a construção de modelos de significação na mobilização das noções de combinação, probabilidade e acaso [...] e seu papel na compreensão de suas inter-relações [...]”. Para a autora, como alguns fenômenos “[...] são aleatórios é impossível sua explicação causal, atribuindo os resultados à sorte ou a intuições que não necessariamente precisam ser lógicas” (Silva, 2014, p. 153).

Assim, como o conceito de aleatoriedade não nasce com o sujeito, a sua constituição pode ocorrer em relações com o meio, de tal modo que o conhecimento proceda das interações produzidas ao longo do caminho entre o sujeito e objeto, nas quais um dependerá do outro ao mesmo tempo, mas em benefício de um discernimento completo e não apenas de trocas entre formas diferentes (Piaget, 2012).

O professor precisa desenvolver estratégias no sentido de que seus estudantes possam refletir e perceber a sua importância na explicação de eventos que ocorram ao seu redor e em atividades em sala de aula. Por exemplo, no ensino de



conteúdos pertinentes à Teoria Cinética dos Gases, o docente se depara frequentemente com conceitos associados aos eventos aleatórios, os quais podem ser de difícil entendimento para os alunos. A teoria epistemológica de Piaget contribuiu para investigarmos o objetivo da pesquisa e responder as perguntas problemas, porque o sujeito pode, ao longo da vida, construir distintos esquemas cognitivos para entender e explicar o conceito de aleatoriedade. E, como cita Mlodinow (2011, p. 9-10), “os processos aleatórios são fundamentais na natureza, e onipresentes em nossa vida cotidiana; ainda assim, a maioria das pessoas não os compreende nem pensa muito a seu respeito”.

A inclusão de um jogo digital como uma atividade didática é um recurso alternativo para ensinar o conceito de aleatoriedade aos estudantes. Com o intuito de avançar sobre tal assunto, o objetivo do presente trabalho foi aplicar um jogo digital para investigar as percepções de licenciandos em Química sobre o conceito de aleatoriedade presente na teoria cinética dos gases e o seu potencial para o ensino e a aprendizagem. Em razão dessa finalidade, buscamos responder a duas questões: 1) Quais concepções os licenciandos em química apresentam acerca da aleatoriedade presente na Teoria Cinética dos Gases nos contextos propostos em um jogo digital? 2) Que potencial tem um jogo digital para o ensino e a aprendizagem do conceito de aleatoriedade presente na Teoria Cinética dos Gases? 3) O que acontece quando os licenciandos avançam nos níveis do jogo digital?

Teoria Cinética dos Gases

A Teoria Cinética dos Gases teve a sua origem a partir da ideia de que a matéria consiste em minúsculos átomos invisíveis que se movimentam com muita rapidez. No século XVII, o conceito foi utilizado na explicação de propriedades da matéria no estado gasoso, como também de outros fenômenos (Brush, 2004). No decorrer da história da Ciência, vários cientistas, como Robert Boyle (1627-1691), Daniel Bernoulli (1700-1782), Jacques Alexandre Cesar Charles (1746-1823), Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850), Rudolf Clausius (1822-1888), William Thomson (1824-1907), Sadi Carnot (1796-1832), James Prescott Joule (1818-1889), James Clerk Maxwell (1831-1879) e Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906) contribuíram para o desenvolvimento desta área da ciência, culminando então nos postulados básicos da Teoria Cinética dos Gases (Brush, 1974, 2004), os quais são apresentados a seguir:

- Um gás é formado por um grande número de partículas eletricamente neutras – as *moléculas*, em constante movimento;
- A direção em que uma molécula se move é *aleató-*

ria, ou seja, *não* há direção privilegiada para seus deslocamentos;

- Tanto o choque de moléculas contra moléculas quanto o de moléculas contra as paredes do recipiente que contém o gás são considerados perfeitamente *elásticos* e obedecem às leis de Newton;
- Os efeitos das forças intermoleculares são desprezados, de modo que, entre as colisões, as moléculas se movem livremente em linhas retas;
- O diâmetro de uma molécula é desprezível em relação às distâncias percorridas entre colisões;
- A duração dos choques é muito pequena em relação ao tempo que as moléculas se movem livremente (Caruso e Oguri, 2006, p. 67, grifos dos autores).

A partir destes postulados, o professor pode ensinar para que os alunos possam aprender que a matéria no estado gasoso é constituída por um grande número de diminutas partículas (moléculas ou átomos), as quais, no interior de um recipiente, possuem suas trajetórias retilíneas, obedecendo a um movimento aleatório (Maia e Bianchi, 2007).

No entanto, tal compreensão não é facilmente ensinada ao estudante devido ao comportamento da matéria ser em nível submicroscópico e de difícil visualização. O movimento browniano, isto é, a movimentação de partículas de pólen observadas no microscópio óptico, é uma aproximação a este fenômeno. Para tanto, o professor pode utilizar do fenômeno em sala de aula e dedicar algum tempo em sua explicação para esclarecer ao aluno que o movimento observado no microscópio é uma manifestação do fenômeno de aleatoriedade no estado líquido da matéria, o qual pode ser compreendido com o auxílio, por exemplo, de um jogo digital, referindo-se ao estado gasoso.

A epistemologia genética de Jean Piaget e a aprendizagem baseada em jogos digitais

De acordo com Piaget (2012), o conhecimento é construído gradualmente e evolui ao longo da vida por meio de diferentes estágios (sensório-motor, pré-operatório, operações concretas e operações formais) antes de atingir as características do nível adulto. Cada estágio é, ao mesmo tempo, o resultado das possibilidades abertas pelo estágio anterior e a condição necessária para o estágio posterior. A partir dos 11-12 anos de idade, se inicia o estágio formal, período em que o pleno desenvolvimento da inteligência se torna possível, porque os demais estágios foram contemplados anteriormente. Apresenta-se, neste estágio, o pensamento abstrato, o qual proporcionará ao indivíduo a formalização de hipóteses e a busca por generalizações (Piaget, 2012; Lima, 1980).

Piaget (2012) salientou que é importante entender que as idades de ocorrência dos estágios são variáveis de um sujeito para outro, portanto, podem alcançar o estágio formal e ainda apresentar dificuldades em compreender conteúdos abstratos. Para colaborar com esta situação, a aprendizagem baseada em jogos digitais tem sido incorporada cada vez mais no ensino, a qual consiste na interação entre uma pessoa e um computador por meio da tecnologia digital (Gee, 2003). Ou seja, os jogos digitais ou computacionais são aqueles baseados em uma linguagem de programação de alto nível mediados por plataformas eletrônicas digitais, tais como computadores, consoles, fliperamas e dispositivos móveis (Ranhel, 2009).

Na literatura brasileira, os jogos digitais para o ensino de química ainda são encontrados em pequenas quantidades quando comparados aos jogos analógicos, como os jogos de tabuleiros, jogos de mesa, os quais usam movimentos físicos e espaços físicos reais. Por exemplo, em recursos didáticos analógicos, têm-se as pesquisas de Soares, Okumura e Cavalheiro (2003), Godoi, Oliveira e Codognoto (2010), Oliveira, Silva e Ferreira (2011), Passoni *et al.* (2012), Soares (2013), Silva, Lacerda e Cleophas (2017), Sales *et al.* (2018), Benedetti Filho, Cavagis e Benedetti (2020), entre outros. E, nos jogos digitais, estudos de Almeida (2015), Faustino, Vieira e Santiago (2019), Lima e Moita (2011), Silva Filho (2015), Diniz e Santos (2019), Pereira *et al.* (2020).

Pereira *et al.* (2020) em suas experiências, citam que a criação de recursos tecnológicos minimiza as dificuldades que podem ser encontradas durante o ensino, pois tornam as aulas mais dinâmicas e acessíveis aos alunos. Para Faustino, Vieira e Santiago (2019, p. 1), os jogos digitais “[...] são ótimos instrumentos didáticos para o ensino de química [...]”, porque facilitam o ato de ensinar do professor e o aprender do aluno.

A aprendizagem baseada em jogos digitais pode se inter-relacionar como uma atividade lúdica, e aquela compromissada, ou seja, a união da aprendizagem pode ser efetivada com entretenimento interativo em um meio emergente e altamente excitante (Prensky, 2007). Para isso, três motivos são necessários para ocorrer a aprendizagem por meio de jogos digitais. O primeiro: “[...] envolvimento acrescentado vem do fato de a aprendizagem ser colocada em um contexto de jogo. Isso pode ser considerável, principalmente para as pessoas que odeiam aprender” (Prensky, 2012, p. 209). O segundo diz respeito ao “[...] processo interativo de aprendizagem empregada. Isso pode, e deveria assumir muitas formas diferentes dependendo dos objetivos de aprendizagem” (Prensky, 2012, p. 209). Por fim, o terceiro compreende a “[...] maneira como os dois são unidos no pacote total. Há muitos modos de fazê-lo e a melhor solução é altamente contextual” (Prensky, 2012, p. 209).

Muitos jogos ainda incentivam os jogadores a interpretar as suas experiências e a buscar explicações para os seus erros

e expectativas falhas. Esse incentivo funciona por meio dos recursos do jogo, como o aumento dos graus de dificuldades ou níveis de um avanço de jogo que um jogador enfrenta (Gee, 2005). Logo, bons jogos digitais devem proporcionar ao jogador atitudes e sensações, como analisar hipóteses, autonomia, fantasia, riscos, engajamento, desafios, consequências de escolhas, pensamento centrado, resolução de problemas, aumento da adrenalina, tempo disponível, entre outros (Gee, 2003).

Os jogos digitais podem motivar os alunos a querer aprender conteúdos de eventos difíceis ou mesmo impossíveis de serem vistos a olho nu durante o ensino, por exemplo, a matéria no estado gasoso. Portanto, a construção de ferramentas digitais é necessária para auxiliar o trabalho didático-pedagógico do professor.

Metodologia

A pesquisa foi de caráter qualitativo e do tipo descritiva. Na coleta de dados, aplicamos um jogo digital e realizamos entrevistas do tipo semiestruturadas (Bogdan e Biklen, 1994), as quais foram fundamentadas em estudos realizados por Piaget e Inhelder (1951).

O jogo digital foi construído por Almeida (2015), produto de sua dissertação de mestrado, a qual foi validada por três professores de nível superior. E, durante o seu desenvolvimento, também foi empregado na pesquisa de Figueiredo (2016).

Neste artigo, os resultados decorrem da participação de 08 (oito) licenciandos em Química de uma universidade pública localizada na região sul do Brasil. Todos os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os códigos foram elaborados para preservar as suas identidades, por exemplo: em P_1 , a letra P se refere ao participante, e o número subscrito (1) foi atribuído para manter a organização na análise dos dados.

Jogo Digital: Cinética dos Gases

O jogo digital intitulado “Cinética dos Gases” foi desenvolvido por Almeida (2015), o qual utilizou um *software* de código aberto e gratuito denominado *Game Editor* que “[...] possibilita o desenvolvimento de jogos bidimensionais para computadores e dispositivos móveis. O programa pode funcionar em diversos sistemas operacionais, e seus jogos podem ser executados nos mesmos sistemas” (Almeida, 2015, p. 56).

O jogo contém cinco níveis de dificuldade crescentes, os quais abordam conceitos presentes na área de Físico-Química, especificamente o modelo da Teoria Cinética dos Gases, que é apresentado como um análogo ao conceito do movimento das partículas constituintes de um gás, simulando um recipiente fechado contendo moléculas de um gás de

Piaget (2012) salientou que é importante entender que as idades de ocorrência dos estágios são variáveis de um sujeito para outro, portanto, podem alcançar o estágio formal e ainda apresentar dificuldades em compreender conteúdos abstratos.

comportamento ideal (Almeida, 2015). Nessa condição, as partículas obedecem aos postulados apresentados no trabalho.

A Figura 1 representa o primeiro nível de dificuldade do jogo (nível 1). As partículas de cores diferentes encontram-se posicionadas em cada lado da tela (direito e esquerdo) e imóveis, e uma partícula de cor vermelha, no centro da tela. “O restante da tela é ocupado por um retângulo de cor cinza que representa um espaço fechado. É nesse espaço que as diferentes esferas representando partículas de gases se movimentam durante o jogo” (Almeida, 2015, p. 56).



Figura 1. Primeiro nível do jogo. Fonte: Almeida (2015, p. 57).

4

O jogo tem início quando o jogador realiza um *click* sobre a esfera vermelha e, a partir desse evento, o jogador terá o controle sobre a movimentação dessa partícula por meio do *mouse* do computador ou do *touchpad* de *tablets* ou de *notebooks* (Figura 1). As demais esferas, nas cores azul e laranja, irão iniciar a sua movimentação de uma maneira aleatória em todo o espaço cinza disponível (Almeida, 2015). O diferencial, do ponto de vista de movimentação das partículas, é que o jogador se coloca “no interior” da caixa através da movimentação não aleatória da partícula de cor vermelha, que é controlada pelo jogador. Para isso, Almeida (2015) utilizou as leis de Newton para simular o movimento das partículas e escolher as suas direções. A colisão com outra partícula foi obtida da geração de movimentos aleatórios a partir da interface de construção do jogo.

As regras estabelecidas para o jogo digital foram: o jogador deve fazer colidir máximo possível a partícula vermelha com as partículas azuis, para que assim estas mudem para a cor branca, indicando que o jogador fez um ponto. Caso o jogador não colida com todas as partículas azuis no tempo determinado, prosseguirá do mesmo modo para o próximo nível. Se o jogador colidir com todas as partículas azuis antes do tempo previsto no nível, ele permanecerá no jogo e, para passar para o próximo nível, terá de desviar das partículas de cor laranja, as quais também apresentam um movimento aleatório. O jogador não pode colidir a partícula vermelha com uma das partículas de cor laranja, pois ocorrerá o *game over*, voltando para o início do jogo. Em cada nível de dificuldade do jogo, o tempo e o número de partículas de cores azul e laranja aumentam. A pontuação é feita a partir do número de partículas de cor azul que o jogador conseguir

“transformar” em cor branca. O desafio proposto ao jogador é alcançar o nível cinco com a maior pontuação no tempo de cada nível do jogo digital.

No Quadro 1, apontamos as informações relativas aos cinco níveis do jogo e suas características. Observa-se que a dificuldade aumenta à medida que o jogador avança no jogo. Por exemplo, no nível 1, há 5 partículas de cor azul, 5 partículas laranja e o tempo é de 15 segundos. No nível 5, há 25 partículas de cor azul, 25 de cor laranja e o tempo é de 1 minuto.

Quadro 1: Características dos níveis do jogo “Cinética Química”.

Cor das partículas	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Azul	5	10	15	20	25
Laranja	5	10	15	20	25
Tempo (s)	15	20	25	40	60

Fonte: Almeida (2015).

Vale lembrar que, ao estudante/jogador é oferecida a escolha de “transformar” ou não todas as partículas de cor azul para cor branca. A estratégia para atingir o final do jogo, isto é, o nível 5, dependerá de escolhas individuais: uma estratégia de desvio das partículas de cor laranja e colidir com um número pequeno de partículas de cor azul poderá levar o estudante/jogador ao nível 5, no entanto, sua pontuação será baixa. A estratégia ideal, ou aquela que levará ao nível 5 com uma alta pontuação, é a de desviar-se das partículas de cor laranja e colidir com todas as partículas de cor azul no tempo estipulado em cada nível.

Os cinco níveis do jogo simulam o movimento aleatório das partículas e, segundo Almeida (2015, p. 58), “[...] o intuito dessas simulações é que o jogador observe o tipo de movimento das partículas e a maneira como arranjos inicialmente ordenados se tornam desordenados e aleatórios, sem interagir diretamente com elas”.

Na Figura 2, exibimos o exemplo do fenômeno de colisão de uma partícula de cor azul com uma de cor laranja. Nela, foi adicionado um elemento gráfico que atua como uma explosão, acompanhado de um característico efeito sonoro



Figura 2. Tela do jogo com a finalização incompleta do nível 1. Fonte: Almeida (2015, p. 71).

e os dizeres “Game Over”, ou seja, o estudante/jogador não passou esse nível de dificuldade e, por consequência, terá que retornar ao início do jogo. Optamos pela volta ao início do jogo para oferecer ao estudante mais oportunidades de “treinar” nos níveis anteriores.

Em relação ao tempo disponível em cada nível, Almeida (2015, p. 58) explica que: “Se o jogador for capaz de evitar colisões com partículas na cor laranja até a contagem chegar a zero, uma mensagem aparecerá na tela e ele terá acesso ao próximo nível independentemente do número de pontos que acumulou”, como representado na Figura 3. Essa é uma das estratégias que pode ser utilizada pelo estudante/jogador para alcançar os níveis mais elevados do jogo.



Figura 3. Mensagem de texto “Vitória” quando o nível 4 foi superado. Fonte: Almeida (2015, p. 58).

Aplicação do Jogo em sala de aula e coleta de dados

No início das entrevistas com os estudantes, explicamos as regras do jogo digital sem que eles visualizassem a movimentação aleatória das partículas. Em seguida, entregamos ao estudante/jogador uma folha impressa para cada nível do jogo, sem as partículas, a fim de desenharem/anteciparem as suas trajetórias antes de cada início do jogo (Figura 4).

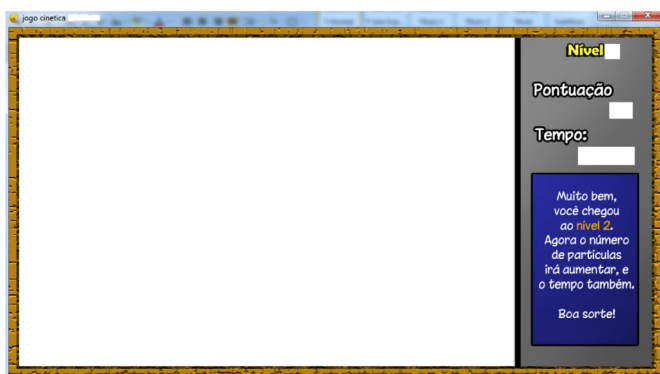


Figura 4. Folhas para fazer os desenhos do jogo (níveis 1, 2, 3, 4, 5). Fonte: Figueiredo (2016, p. 96).

Depois, solicitamos ao estudante/jogador com o material em mãos (Figura 4) a seguinte proposta/questão: *De acordo com o que é visualizado na tela do computador em relação à disposição das partículas, esboce um desenho das possíveis trajetórias das partículas para que se obtenham os pontos necessários para passar de nível e avançar no jogo.*

Após a confecção do desenho das possíveis trajetórias por parte dos alunos/jogadores, propomos outra questão: *Quais razões o (a) levaram a desenhar essas trajetórias? Por que você iniciou com essa primeira trajetória ou colisão? Qual a razão de você ter iniciado a trajetória com essa partícula e não com outra?*

Seguindo o desenvolvimento das duas atividades iniciais, os estudantes foram iniciados às regras do jogo com todas as suas possibilidades, tanto de avanço quanto também da obtenção das melhores pontuações enquanto os níveis são atingidos e finalizados.

À medida que os estudantes/jogadores evoluíam nas fases do jogo, independente de terem ou não sucesso nas suas estratégias, geramos a seguinte atividade: *Compare a sua previsão/esboço das trajetórias com aquelas observadas durante o nível “x” do jogo. Quais as diferenças e semelhanças?* A atividade foi importante para verificarmos se os estudantes/jogadores estavam ou não seguindo uma estratégia no jogo, por exemplo, se consideraram o caráter de movimento aleatório das partículas, e se essa estratégia estava sendo ou não efetiva para alcançarem o objetivo do jogo.

Após a comparação dos esboços apresentados, seguimos buscando elucidar as estratégias adotadas pelos estudantes/jogadores. Para isso propomos a seguinte pergunta: *A trajetória das partículas observadas durante o jogo foi semelhante àquela que você esboçou ou como você imaginou anteriormente ao início do jogo? Qual foi a sua preocupação nesse nível do jogo? Qual foi a estratégia utilizada para conseguir avançar pelos níveis do jogo?* A atividade foi desenvolvida à medida que os estudantes/jogadores alcançavam os diferentes níveis do jogo. Ela foi desenvolvida sem um tempo fixo de conclusão, visto que diferentes estudantes tiveram desempenhos distintos durante o jogo. A cada um foi dada a oportunidade de decidir o momento de encerrar a atividade, pois alguns persistiram até conseguir chegar ao nível 5 com a maior pontuação possível. Logo, o tempo total para coletarmos os dados com cada um dos participantes teve uma duração mínima e máxima de 1 e 2 horas, respectivamente.

Procedimentos de tratamento dos dados para análise

A estruturação dos dados foi feita de acordo com a análise de conteúdo de Bardin. Com esse objetivo, empregamos as seguintes fases: a pré-análise; a exploração do material; o tratamento dos resultados; a inferência e a interpretação (Bardin, 2011). Utilizamos o método da categoria definida *a priori*, ou seja, a partir do conceito de aleatoriedade (categoria).

Podemos observar, após análise do Quadro 2, que a subcategoria *percepção de senso comum* emergiu de respostas de alguns participantes que tentaram explicar o conceito de aleatoriedade, ou seja, expressaram palavras que podem ser utilizadas em situações observadas no cotidiano. Também consideramos, na mesma subcategoria, as palavras: “deslocar, pegar, bater, acertar”, porque se referem às trajetórias da partícula vermelha indo em direção à partícula azul, provocando o evento de colisão. Salientamos que, neste artigo, não

Quadro 2: Subcategorias emergidas a partir das falas dos participantes.

Subcategorias de percepções	Gênero Científico	Próximo do gênero científico	Senso comum	Não elucidativa
Palavras emitidas por licenciandos durante o contexto de aplicação do jogo digital.	Movimento aleatório; Movimento retilíneo; Movimento desordenado; Aleatório; Choque elástico; Colisão elástica; Desordem; Desordenado.	Meio aleatório; Sem ordem; Sem distribuição; Homogênea.	Espalhar; Misturar; Bagunça; Colisões; Colidir; Dispersa; Batendo.	Palavras que não condizem com o conceito científico de aleatoriedade.

Fonte: Dados da pesquisa

foram relatadas as análises dos desenhos dos participantes, mas a comparação entre os esboços que ilustraram à medida que iam avançando nos níveis do jogo digital.

Estruturação e análise dos resultados

No Quadro 3, mostramos, na primeira coluna, a categoria que identifica o conceito investigado; na segunda coluna, as subcategorias emergidas das falas dos participantes durante as entrevistas semiestruturadas e, na terceira coluna, o número de unidades de registro que corresponde às aplicações dos níveis 1, 2, 3, 4 e 5 do jogo. Podemos ver que, dentre os oito participantes, somente um deles teve a experiência de jogar e ter êxito em todos os níveis.

No quadro 3, verificamos também que, durante os contextos de aplicação dos níveis do jogo digital, alguns participantes chegaram, em algum momento de atuação, a apresentar em suas falas a subcategoria relacionada à *percepção de gênero científico*, enquanto que a subcategoria pertencente a *percepção de senso comum* predominou nas respostas da maioria dos indivíduos nos diferentes níveis que conseguiram alcançar no jogo digital.

Análise e discussão dos resultados

Dos oito participantes, três são do gênero masculino, e cinco, do feminino, na faixa etária entre 19 e 23 anos. No Quadro 4, apresentamos os momentos em que os licenciandos tiveram contato com os conteúdos da Teoria Cinética dos Gases, o período no curso de Licenciatura em Química, as disciplinas cursadas e quais estavam cursando.

A partir da análise do quadro 3, compreendemos que somente P₁ e P₃ apresentaram em algum nível do jogo digital noções de gênero científico e de próximo do gênero científico. P₁ se manteve na subcategoria de percepção próxima do gênero científico nos níveis 1, 2, 3, como conferimos em algumas repostas quando explicou as razões de ter ilustrado as partículas:

Foi observando o primeiro jogo, porque antes eu nem tinha reparado que elas (falando das partículas do jogo) batiam na parede. Nessa aí, eu já as desenhei com elas batendo na parede, e aí elas mudam a trajetória. E antes eu não tinha considerado isso. (P1, Nível 2).

Oh, está ficando cada vez mais bagunçado, mais desenhado (falando do seu desenho), porque tem mais bolinhas e elas se chocam mais. E então continuo sem saber as trajetórias delas, mas eu sei que vai ficar mais bagunçado cada vez. Igual aqui no desenho, eu aumento as trajetórias a cada nível que passa. (P1, Nível 3).

Logo, verificamos que P₁ revelou ter compreendido a impossibilidade de prever as trajetórias das partículas e, conforme Piaget (1987, 2012), nota-se também que levou em consideração o que vivenciou no contexto do jogo, criando esquemas e os assimilando em seu aparato cognitivo para repensar seus desenhos, entender e explicar as suas repostas.

Quadro 3: Categoria, subcategorias e unidades de registro dos participantes.

Categoria	Subcategorias	Número de Unidades de registro				
		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Conceito de aleatoriedade	Gênero científico	--	--	P ₃	P ₃	P ₁
	Próximo do gênero científico	P ₁	P ₁	P ₁	--	--
	Percepção de senso comum	P ₂ , P ₄ , P ₅ , P ₈	P ₄ , P ₅ , P ₆ , P ₇ , P ₈	P ₂ , P ₄ , P ₅ , P ₆	P ₁ , P ₂ , P ₄ , P ₅ , P ₆ , P ₇ , P ₈	--
	Não elucidativa	P ₃ , P ₆ , P ₇	P ₂ , P ₃	P ₇ , P ₈	--	--

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 4: Período de estudo da Teoria Cinética dos Gases

Participante	Período no curso	Quando você estudou os conteúdos da Teoria Cinética dos Gases? Cite-os.	Disciplinas cursadas/cursando na graduação que podem ter na ementa o conteúdo de gases, Teoria Cinética dos Gases (TCG).
P ₁	5º	Ensino médio: os choques entre os gases. Físico-química 1: gases.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1 e 2, química geral, física 1, 2 e 3. Cursando: físico-química 1, probabilidade e estatística.
P ₂	3º	Ensino médio e em química geral: gases PV= nRT. Curso pré-vestibular: gases.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1, química geral. Cursando: física 2, cálculo diferencial e integral 2.
P ₃	5º	Físico-química 1: gases, processos isotérmicos, isobárico, fração em mol.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1 e 2, química geral, física 1, 2 e 3. Cursando: físico-química 1 e probabilidade e estatística.
P ₄	4º	Não estudou o conteúdo.	Cursadas: química geral, física 2. Cursando: cálculo diferencial e integral 1.
P ₅	4º	Física 3: máquina de Carnot, os choques entre os gases, as moléculas, máquina que aumenta a pressão.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1, química geral, física 1. Cursando: física 3 (fez anteriormente, mas reprovou).
P ₆	3º	Física 2: PV= nRT. Cálculo diferencial e integral 2: PV= nRT, derivar, variação dos gases.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1, química geral. Cursando: física 2, cálculo diferencial e integral 2.
P ₇	3º	Não estudou o conteúdo.	Cursada: química geral. Cursando: física 1 e 2.
P ₈	5º	Não estudou o conteúdo.	Cursadas: química geral e física 1. Cursando: cálculo diferencial e integral 1, probabilidade e estatística.

Fonte: Dados da pesquisa

No Quadro 3, entendemos que os contextos propostos nos níveis do jogo digital proporcionaram investigar a correta concepção de P₁ em relação ao conceito de aleatoriedade, pois ao chegar ao nível 5, ele conseguiu responder de modo correto as suas razões em ter ilustrado as trajetórias das partículas:

[...] eu só estou deixando desordenado, porque é assim que eu acho que ficam as partículas dos gases, as moléculas. Então, não sigo nenhum padrão, só as distribuo de maneira aleatória, porque o movimento das partículas nunca é organizado. [...] tento deixar bem desorganizado. (P1, Nível 5).

Segundo a Teoria Cinética dos Gases, “as moléculas têm trajetórias retilíneas e colidem entre si e com as paredes do recipiente em que estão. [...]. O movimento molecular dentro do recipiente que contém a amostra é completamente aleatório, e todas as direções da velocidade são igualmente prováveis” (Maia e Bianchi, 2007). Assim, P₁, ao revelar essa compreensão durante o jogo, respondeu as questões problemas de pesquisa, ou seja, quando avançou nos contextos

propostos no jogo digital, o estudante/jogador pôde imaginar, pensar e considerar as experiências vivenciadas em níveis anteriores do jogo para refletir sobre suas percepções prévias, construir novas ideias e as assimilar para explicar a aleatoriedade de trajetórias das partículas no jogo.

Também compreendemos essa mesma situação na fala de P₃, pois, de acordo com os dados do Quadro 3, no início do nível 1 e 2 do jogo, ele não elucidou o conceito investigado, mas, quando avançou aos níveis 3 e 4, proferiu percepções de gênero científico:

Nossa, já foi imprevisível no nível 2, já atrapalhou um monte as laranjas! Imagino no nível três, eu vou colocar eu morrendo já! [...]. Aqui eu já coloquei aleatório, porque eu desisti de prever alguma coisa, a minha trajetória, porque não dá. (P3, Nível 3).

Agora eu já estou colocando (falando do desenho das suas trajetórias) aleatório mesmo, porque é muito aleatório, não tem como saber. Mas, no começo pelo menos, as azuis tendem a ficar perto, é que depende qual altura do jogo eu estou desenhando, entendeu?

Até certo momento, elas ficam perto, depois elas se espalham. (P3, Nível 4).

Ainda de acordo com os dados do Quadro 3, P₁ relatou ter estudado no Ensino Médio os choques entre os gases, e tanto P₁ como P₃ estavam cursando a disciplina de Físico-Química 1 na Graduação, na qual citaram ter estudado o conteúdo de gases. Esse fato pode ter contribuído para os estudantes/jogadores terem apresentado as referidas percepções.

No Quadro 4, constatamos os períodos em que os participantes estudaram os conteúdos relacionados à Teoria Cinética dos Gases, e verificamos que a maioria (P₃, P₄, P₅, P₆, P₇ e P₈) não teve contato com o assunto no Ensino Médio. P₃, P₅ e P₆ apontaram ter visto o conteúdo apenas na Graduação. Somente P₁ e P₂ descreveram ter estudado o conteúdo relativo ao estado gasoso no Ensino Médio e na Graduação. P₄, P₇ e P₈ não se lembraram de haver estudado esse assunto.

No Quadro 3, vemos que os participantes P₄ e P₅ falaram durante todo o jogo em termos de percepções de senso comum para explicar suas razões para ilustrar as trajetórias das partículas, proferindo assim termos como colidir, acertar, variar e bater, em acordo com as regras. Verificamos ainda que os estudos de P₅ na disciplina de Física 3, máquina de Carnot, os choques entre os gases, as moléculas (Quadro 4) e os contextos do jogo não foram suficientes para o estudante/jogador elucidar cientificamente o conceito de aleatoriedade. A maioria (P₂, P₆, P₇ e P₈) apresentou percepções de senso comum e não elucidativas. Os resultados evidenciam que a aplicação do jogo digital instigou os participantes a pensarem e a buscarem, em suas estruturas cognitivas, saberes que vão sendo construídos ao longo da vida, os quais podem ou não ser coerentes e aceitos pela comunidade científica.

Conclusões

Os resultados obtidos na pesquisa podem estar ligados à ausência de estudos dos participantes em relação ao conteúdo

investigado, ou ainda, por terem se atentado e preocupado mais em passar os níveis do jogo para chegar ao final e vencê-lo.

Os estudantes/jogadores que não levaram em consideração os contextos vivenciados durante os níveis do jogo digital para enunciar o conceito de aleatoriedade podem buscar a intervenção ou a mediação do professor quando estiverem na plataforma do jogo digital para aprender cientificamente. Tendo em vista esses aspectos, compreende-se que o jogo digital retrata a simulação do movimento aleatório das partículas no sistema, e tem potencial para auxiliar o professor em sua prática pedagógica para identificar as concepções prévias de senso comum ou errôneas dos alunos, podendo assim efetivar a aprendizagem científica de assuntos relacionados à Teoria Cinética dos Gases.

Verifica-se também outra perspectiva. A inter-relação entre a função lúdica do jogo digital e o seu caráter educativo pode ser uma estratégia para os processos de ensino e de aprendizagem de conceitos relacionados a um aspecto da matéria de difícil compreensão e visualização por parte dos nossos estudantes: o movimento aleatório de partículas no estado gasoso. Desse modo, sugere-se como alternativa para efetivar a construção científica de conhecimentos científicos a construção e o desenvolvimento de propostas didático-pedagógicas que integrem conteúdo educacional e jogos digitais.

Agradecimentos

Ao CNPq (processo número: 305541/2017-0).

Marcia Camilo Figueiredo (marciafigueired@utfpr.edu.br), licenciada em Química, doutora em Educação para a Ciência pela UNESP. Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Londrina. Londrina, PR – BR. **Aguinaldo Robinson de Souza** (aguinaldo.robinson@unesp.br), bacharel em Química pela UNESP, mestre e doutor em química (físico-química) pela Universidade de São Paulo, e pós-doutorado pela Universidade da Califórnia em San Diego. Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual Paulista, campus Bauru. Bauru, SP – BR.

Referências

ALMEIDA, G. M. A. *Jogo digital e analogias: uma proposta para o ensino de Cinética*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2015.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BENEDETTI FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M. e BENEDETTI, L. P. S. Revisão de Conceitos Químicos e Normas de Segurança em Laboratórios de Química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 1, p. 37-44, 2020.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994.

BRUSH, S. G. The Development of the Kinetic Theory of Gases: VIII: Randomness and Irreversibility. *Archive for History of Exact Sciences*, v. 12, n. 1, 1-88, 1974.

_____. History of the Kinetic Theory of Gases. Original

text of article published in Italian in *Storia della Scienza*, S. Petruccioli (Ed.), v. 7, L'Ottocento, Chapter 44 (with omissions and additional material). Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, 2004. Disponível em: <https://www.coursehero.com/file/8245915/ITALENC/>, acesso em set. 2019.

DINIZ, F. V. S. e SANTOS, C. A. Ensinando atomística com o jogo digital “Em busca do Prêmio Nobel”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 3, e20180268, 2019.

FAUSTINO, F. T. S.; VIEIRA, E. N. e SANTIAGO, S. B. A utilização de jogos digitais no ensino de química. In: VI Congresso Nacional de Educação – VI CONEDU, 6, 2019, Fortaleza – CE, Brasil. *Anais...* Fortaleza, CE: [s.n.], 2019.

FARINACCIO, M. Estratégias utilizadas por crianças, adolescentes e adultos na resolução de problemas cognitivos: um estudo da EJA. *Educação: Teoria e Prática*, v. 14, n. 26, p. 207-212, 2006.

FIGUEIREDO, M. C. *Aplicação de um jogo digital e análise de conceitos da teoria cinética dos gases*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.

GEE, J. P. *What video games have to teach us about learning and literacy?* Nova York:

Palgrave Macmillan, 2003. Disponível em: http://books.google.com.br/books?id=BZiY7TGKySsC&pg=PA1&hl=ptBR&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false, acesso em set. 2019.

_____. Learning by Design: good video games as learning machines. *E-Learning*, v. 2, n. 1, 2005. Disponível em: <http://ldm.sagepub.com/content/2/1/5.full.pdf+html>, acesso em abr. 2015.

GODOI, T. A. F.; OLIVEIRA, H. P. M. e CODOGNOTO, L. Tabela Periódica - um super trunfo para alunos do ensino fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 22-25, 2010.

LIMA, É. R. P. O. e MOITA, F. M. G. S. C. A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica. In: SOUSA, R. P.; MOITA, F. M. C. S. C. e CARVALHO, A. B. G. (Orgs.). *Tecnologias digitais na educação*. Campina Grande: EDUEPB, 2011, p. 131-154.

LIMA, L. O. *Piaget para principiantes*. São Paulo: Summus, 1980.

MAIA, D. J. e BIANCHI, J. C. A. *Química geral: fundamentos*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MENDES, T. S. Dificuldades de aprendizagem em adultos: teoria das defasagens cognitivas. *Aprender, caderno de filosofia e psicologia da educação*, n. 9, p. 217-142, 2007.

MLODINOW, L. *O andar do bêbado: como o acaso determina nossas vidas*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

OLIVEIRA, L. M. S.; SILVA, O. G. e FERREIRA, U. V. S. Desenvolvendo jogos didáticos para o ensino de química. *Holos*, ano 26, v. 5, p. 166-175, 2011.

ORTIZ, M. F. A. *Educação de Jovens e adultos: um estudo do nível operatório dos alunos*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2002.

PASSONI, L. C.; Vega, M. R. G.; GIACOMINI, R.; BARRETO, A. M. P.; SOARES, J. S. C.; CRESPO, L. C. e NEY, M. R. G. Relatos de experiências do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência no curso de licenciatura em Química da Universidade Estadual do Norte Fluminense. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 201-209, 2012.

PEREIRA, C. F.; LUZ, P. T. S.; CORRÊA, S. M. V. e NEGRÃO NETO, R. O uso do SCRATCH como ferramenta para o ensino de química orgânica. *Educação Profissional e Tecnológica em Revista*, v. 4, n° especial, 2020.

PIAGET, J. e INHELDER, B. *A origem da ideia do acaso na criança*. Rio de Janeiro: Record, 1951.

PIAGET, J. *O Nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.

_____. *Epistemologia genética*. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2012.

PRENSKY, M. *Digital game-based learning: practical ideas for the application of digital gamebased learning*. St. Paul: Paragon House, 2007.

_____. *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. São Paulo: Editora Senac, 2012.

RANHEL, J. O Conceito de jogo e os jogos computacionais. In: SANTAELLA, L. e FEITOZA, M. (Eds.). *Mapa do Jogo: A diversidade cultural dos games*. São Paulo: Cengage Learning, 2009, p. 3- 22.

SALES, M. F.; SOUZA, G. A. P.; SILVA, A. A. e SILVA, K. L. Um jogo didático para o ensino de química: uma proposta alternativa para o conteúdo de equilíbrio químico. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, v. 5, n. 2, 9 out. 2018.

SILVA, S. T. *Sorte? Lógica? Modelos de significação e a noção de acaso de adultos alunos do Projeja*. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2014.

SILVA, A. C. R.; LACERDA, P. L. L. e CLEOPHAS, M. G. Jogar e compreender a Química: ressignificando um jogo tradicional em didático. *Amazônia, Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 13, n. 28, p. 132-150, 2017.

SILVA FILHO, S. M. *Desenvolvimento de jogos digitais por alunos do ensino médio para o desenvolvimento de conceitos químicos*. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2015.

SOARES, M. H. F. B.; OKUMURA, F. e CAVALHEIRO, E. T. G. Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 13-17, 2003.

SOARES, M. H. F. B. *Jogos e Atividades lúdicas para o ensino de Química*. Goiânia: Kelps, 2013.

Abstract: *Digital game and the concept of randomness: application and potentiality for teaching and learning.* The work aims to present the application of a digital game to investigate the perceptions of undergraduate Chemistry students on the concept of randomness present in the kinetic theory of gases and its potential for teaching and learning. The research was qualitative of the descriptive type and, in the data collection, the digital game and semi-structured interviews were applied to eight undergraduate students from a public university in the State of Paraná. The data were structured according to the content analysis, and the results indicate that the common sense or non-explanatory perceptions presented by the undergraduate students can be reproduced through the mediation of the teacher when they are present on the digital game platform. Thus, this tool has the potential to assist the teacher in proposing thought and reflection activities, in addition to providing students with the re-elaboration of previous conceptions, when faced with situations present in the game.

Keywords: didactic resource, teaching, learning