

## Artigo

### **Jogo digital: compreensões discentes da trajetória de partículas representadas na Teoria Cinética dos Gases**

**Digital game: students' understanding of the trajectory of particles represented in the Kinetic Theory of Gases**

**Juego digital: comprensión por parte de los estudiantes de la trayectoria de las partículas representadas en la Teoría Cinética de los Gases**

**Márcia Camilo Figueiredo<sup>1</sup>, Aguinaldo Robinson de Souza<sup>2</sup>**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina-PR, Brasil<sup>1</sup>.  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Bauru-SP, Brasil<sup>2</sup>.

#### **Resumo**

O objetivo desta pesquisa foi aplicar um jogo digital com licenciandos em Química, para investigar se os conceitos e contextos construídos em cada nível do jogo oportunizam compreenderem a imprevisibilidade de trajetórias das partículas, representadas na Teoria Cinética dos Gases. Participaram da pesquisa qualitativa, sete acadêmicos de licenciatura em Química de uma Universidade Tecnológica Federal do Paraná, os quais jogaram o jogo digital, responderam um questionário e participaram de uma entrevista semiestruturada. Nos resultados estruturados com os princípios da análise de conteúdo, emergiu na subcategoria mais expressiva - discurso elucidativo ao jogo, doze unidades de registro, indicando que os contextos de cada nível de dificuldade, as regras, vencer o jogo, foram satisfatórios, envolventes e prazerosos. No entanto, emergiu a subcategoria - discurso de senso, mesmo após os licenciandos terem estudado os conhecimentos da Teoria Cinética dos Gases, o que corrobora com o potencial do jogo para o professor averiguar conhecimentos prévios que ainda persistem e precisam ser reelaborados de acordo com os conceitos científicos. Portanto, sugere-se como alternativa a construção e o desenvolvimento de propostas didático-pedagógicas que integrem conteúdo educacional e jogos digitais no processo de ensino e de aprendizagem de conceitos que representam fenômenos físicos de difícil compreensão.

#### **Abstract**

The objective of this research was to apply a digital game with Chemistry undergraduates, to investigate whether the concepts and contexts constructed at each level of the game provide an opportunity to understand the unpredictability of particle trajectories, represented in the Kinetic Theory of Gases. Seven undergraduate Chemistry students from a Federal Technological University of Paraná participated in the qualitative research, who played the digital game, answered a questionnaire and participated in a semi-structured interview. In the results structured with the principles

---

<sup>1</sup> Docente Associada do Departamento Acadêmico de Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Londrina, PR. Doutora em Educação para a Ciência. Lider do grupo de pesquisa Neurociência na aprendizagem e ensino. ORCID id: [orcid.org/0000-0001-5651-5984](https://orcid.org/0000-0001-5651-5984) E-mail: [marciafigueired@utfpr.edu.br](mailto:marciafigueired@utfpr.edu.br)

<sup>2</sup> Docente Associado Sênior da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Bauru, SP. Doutor em Química (Físico-Química) pela Universidade de São Paulo, USP. ORCID id: [orcid.org/0000-0003-2373-267X](https://orcid.org/0000-0003-2373-267X). E-mail: [aguinaldo.robinson@unesp.br](mailto:aguinaldo.robinson@unesp.br)



of content analysis, twelve recording units emerged in the most expressive subcategory - discourse explaining the game, indicating that the contexts of each level of difficulty, the rules, winning the game, were satisfactory, engaging and pleasurable. However, the subcategory - sense discourse emerged, even after the students had studied the knowledge of the Kinetic Theory of Gases, which corroborates the potential of the game for the teacher to investigate previous knowledge that persists and needs to be re-elaborated according to the scientific concepts. Therefore, the construction and development of didactic-pedagogical proposals that integrate educational content and digital games in the process of teaching and learning concepts that represent physical phenomena that are difficult to understand is suggested as an alternative.

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue aplicar un juego digital con estudiantes de Química, para investigar si los conceptos y contextos construidos en cada nivel del juego brindan una oportunidad para comprender la imprevisibilidad de las trayectorias de las partículas, representadas en la Teoría Cinética de los Gases. De la investigación cualitativa participaron siete estudiantes de la carrera de Química de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná, que jugaron al juego digital, respondieron un cuestionario y participaron de una entrevista semiestructurada. En los resultados estructurados con los principios del análisis de contenido, surgieron doce unidades de grabación en la subcategoría más expresiva: el discurso que explica el juego, indicando que los contextos de cada nivel de dificultad, las reglas y la victoria en el juego fueron satisfactorios, atractivos y placenteros. Sin embargo, la subcategoría - discurso sensorial surgió, incluso después de que los estudiantes hubieran estudiado los conocimientos de la Teoría Cinética de los Gases, lo que corrobora el potencial del juego para que el docente investigue conocimientos previos que aún persisten y necesitan ser reelaborados de acuerdo con Los conceptos científicos. Por lo que se sugiere como alternativa la construcción y desarrollo de propuestas didáctico-pedagógicas que integren contenidos educativos y juegos digitales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos que representen fenómenos físicos de difícil comprensión.

**Palavras-chave:** Formação docente, Ensino, Química, Recurso digital.

**Keywords:** Teacher training, Teaching, Chemistry, Digital resource.

**Palabras clave:** Formación docente, Docencia, Química, Recurso digital.

## 1. Introdução

A compreensão e a aprendizagem de muitos fenômenos abordados em áreas das Ciências da Natureza requerem do sujeito um pensamento mais elaborado e de raciocínio abstrato, como conhecimentos em Química relacionados à Teoria Cinética dos Gases. Por exemplo, para o aluno aprender a constituição da matéria ao nível submicroscópico é preciso que o professor utilize recursos didáticos que o auxilie durante o ensino.

Para o indivíduo entender conceitos científicos no nível submicroscópico, é necessário ter completado o último estágio do desenvolvimento das estruturas da inteligência, denominada de operatório formal. Neste estágio é possível estabelecer as relações lógicas na busca de

soluções a partir da formulação de hipóteses, e não apenas pela observação da realidade (Piaget, 1973, 1987, 2012).

Alguns fenômenos como as mudanças de estado físico da matéria - fusão, vaporização, solidificação, combustão, oxidação, formação de misturas, entre outros, podem ser interpretados à luz das estruturas macroscópicas, ou seja, podem ser vistas a olho nu. Destarte, compreender conceitos no nível submicroscópico, como os da Teoria Cinética dos Gases, se torna mais difícil, porque exige que o aluno estabeleça relações adequadas entre os dois níveis, portanto, utilizar recursos didáticos como um jogo digital pode ser uma alternativa viável na busca de oportunizar a aprendizagem.

Outros conceitos relacionados ao estado gasoso da matéria exigem do estudante um pensar abstrato para responder questões, como: Quais as razões que levam um gás a se expandir quando aquecido à pressão constante? Por que a pressão exercida por um gás aumenta quando ele é comprimido a uma temperatura constante? Por que na água quente um balão de festa/bexiga, cheio de ar, enche e na água fria ele murcha? Os conhecimentos da Teoria Cinética dos Gases (TCG) respondem essas questões e propicia entender o que acontece com as partículas de um gás em nível molecular (Brush, 1974, 2004).

A TCG teve a sua origem a partir da hipótese de que a matéria consiste em minúsculas partículas difíceis de serem observadas sem o auxílio de um instrumento científico e executam rápidos movimentos. No século XVII, essa ideia foi retomada e empregada para explicar as propriedades dos gases, como também de outros fenômenos (Brush, 2004).

Vários cientistas contribuíram para a constituição da TCG, por exemplo, sabe-se que “[...] que o número de partículas (moléculas ou átomos) em um volume de gás é enorme e seria impraticável descrever o estado do gás especificando-se a posição e a velocidade de cada uma de suas partículas [...]” (Caruso; Oguri, 2006, p. 66). Os gases apresentam também a propriedade de que as suas trajetórias, dentro de um recipiente, são retilíneas, e completamente aleatórias (Caruso; Oguri, 2006).

Para ensinar conceitos da TCG, o professor precisa estar atento, pois alguns estudantes mesmo tendo alcançado o estágio formal de aprendizagem, podem ainda apresentar dificuldades na compreensão de conteúdos no nível submicroscópico. Com o avanço das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), recursos tem auxiliado a prática pedagógica do professor, como é o caso de jogos digitais, que colaboram e oportunizam ao estudante a visualizar, pensar, refletir, levantar hipóteses e, conseqüentemente, aprender.

A partir deste contexto, a questão problema foi elaborada: os conceitos e contextos construídos em cada nível de um jogo digital oportunizam a licenciandos em Química compreenderem a imprevisibilidade de trajetórias das partículas, representadas por um modelo de uma amostra gasosa? Em busca de respostas, o objetivo foi aplicar um jogo digital com licenciandos em Química, para investigar se os conceitos e contextos construídos em cada nível do jogo oportunizam compreenderem a imprevisibilidade de trajetórias das partículas, representadas na Teoria Cinética dos Gases.

## 2. A epistemologia genética de Piaget



Piaget dedicou seus estudos na busca de entender como o sujeito pensa, qual a razão de algumas pessoas serem lógicas (analisam condições ou ambientes, são objetivas, resolvem problema, gostam de aprender, apreciam a autonomia) e outras não. Por que uma criança não apresenta um raciocínio similar ao de um adulto? (Lima, 1980). Piaget ainda questionava, “[...] por quais processos uma ciência passa de um conhecimento determinado, julgado depois insuficiente, a outro conhecimento determinado julgado depois superior pela consciência comum dos adeptos desta disciplina?” (Piaget, 1973, p. 33). Para compreender e responder essas questões, Piaget desenvolveu uma teoria cognitiva - a Epistemologia Genética: “[...] estudo da passagem dos estados inferiores do conhecimento aos estados mais complexos ou rigorosos” (Piaget, 1974, p. 48). Ou seja, é um estudo das origens da construção do conhecimento.

Piaget propôs que o conhecimento não vem de dentro nem de fora, mas é construído pelo indivíduo em suas relações com o meio em que vive: “[...] o comportamento para ele é construído numa interação (cibernética) entre o organismo e o meio: quanto mais complexa é esta interação, mais “inteligente” é o animal (homem)” (Lima, 1980, p. 13). Portanto, a epistemologia genética busca “[...] distinguir as raízes das diversas variedades de conhecimento a partir de suas formas mais elementares, e acompanhar seu desenvolvimento nos níveis ulteriores até, inclusive o pensamento científico” (Piaget, 2012, p. 2). Para o autor, o conhecimento procede de interações produzidas a meio caminho entre o sujeito e o objeto, uma dependência mútua simultânea, em benefício de um discernimento completo e não apenas de trocas entre formas diferentes.

Outra característica da epistemologia genética é a sua natureza interdisciplinar, pois envolve as áreas da biologia, filosofia e psicologia. Piaget (2012) ainda complementa que o problema específico da epistemologia genética é o da passagem de um conhecimento menos elaborado para um saber mais rico, tanto em compreensão como em extensão. Nas próprias palavras do autor, como toda ciência é um processo em transformação que jamais considera sua posição como definitiva, em sentido amplo o problema genético também engloba o do progresso de todo o conhecimento científico, comportando duas dimensões: a primeira, que depende “[...] de questões de fato (estado dos conhecimentos num determinado nível e passagem de um nível ao seguinte); e outra, de questões de validade (avaliação dos conhecimentos em termos de avanço ou de retrocesso, estrutura formal dos conhecimentos)” (Piaget, 2012, p. 4).

A teoria epistemológica de Piaget fornece subsídios para esta pesquisa, uma vez que o sujeito ao longo de sua vida vai construindo vários saberes, distintos esquemas cognitivos para entender e explicar o conceito de aleatoriedade presente no seu dia a dia, por exemplo:

[...] em todos os empreendimentos da vida real, a não ser pelo mais simples, não temos como evitar certas forças inesperadas ou imprevisíveis; além disso, essas forças aleatórias e nossas reações a elas são responsáveis por muito do que constitui o trajeto particular que seguimos na vida (Mlodinow, 2011, p. 252).

Piaget explica que a inteligência humana é sempre a melhor maneira possível de superar uma dificuldade em se adaptar ao mundo exterior, de tal modo, nos acontecimentos do cotidiano o sujeito vai construindo saberes em sua mente para tentar entender e resolver questões, problemas e tomar decisões. Na busca por compreender essas informações, Piaget estudou, organizou e dividiu em estágios o comportamento intelectual do sujeito desde o seu nascimento até a adolescência.

## 2.1 Piaget: estágios do desenvolvimento das estruturas da inteligência

Piaget (2012) elencou quatro estágios (sensório-motor, pré-operatório, operações concretas e as operações formais) que tratam sobre o estudo do desenvolvimento da inteligência, em cada um deles encontram-se também os subestágios. O autor estruturou cada estágio em função das idades, salientando da importância de entender que as idades de ocorrência deles são extremamente variáveis de um sujeito a outro. Portanto, cada estágio é, ao mesmo tempo, o resultado das possibilidades abertas pelo estágio anterior e a condição necessária ao estágio posterior.

O primeiro estágio, o sensório-motor, abrange o período de nascimento da criança até aproximadamente os dois anos de idade (0-24 meses), portanto desde antes da formação da linguagem. Os esquemas neste período são as primeiras configurações de pensamento e expressão, sendo os reflexos hereditários os primeiros esquemas do bebê, esse momento é caracterizado por um tempo desprovido de linguagem, de função simbólica, de representação, de conceitos e de espaço: a criança ignora a si mesma (Piaget, 2012).

O estágio pré-operatório ocorre aproximadamente entre dois e sete anos de idade, fase em que se realiza a transição entre a inteligência sensório-motora e a inteligência representativa. Desde os primórdios desse período, apreciáveis progressos podem ser observados: “[...] o sujeito torna-se rapidamente capaz de inferências elementares, de classificações de configurações espaciais, correspondências [...]” (Piaget, 2012, p.19).

O estágio das operações concretas compreende dois subestágios: o primeiro entre 07-08 anos e o segundo entre 09-10 anos. Na idade entre os 07-08 anos as ações interiorizadas ou conceitualizadas adquirem a categoria de operações concretas por meio da aquisição da reversibilidade lógica (Piaget, 2012). Na literatura científica, também é conhecido como período operatório ou operacional e, identificado como concreto, porque se refere aos objetos.

A partir do 11-12 anos de idade se inicia o estágio formal, processo que levará as operações a se libertarem progressivamente do contexto psicológico das ações do sujeito para atingir o caráter próprio das ligações lógico-matemáticas. Surge neste estágio a primeira característica desse período: o sujeito tem a habilidade de chegar a conclusões a partir de hipóteses e não somente por meio de contato com objetos, sem a necessidade de realizar observações e manipulações reais. O pensamento ganha o espaço das possibilidades, e a construção de esquemas operatórios formais permitirá a

resolução de problemas que até então não se conseguia resolver (Piaget, 2012).

Na finalização do estágio formal, os sujeitos iniciam um pensamento mais elaborado por meio de raciocínios abstratos, chega-se à “etapa final” do processo de desenvolvimento da inteligência. Portanto, se os adolescentes, por quaisquer motivos, como a falta de estimulação do meio, não puderem alcançar a operabilidade hipotético-dedutiva ou lógico-matemática, a sociedade perderá sua fonte de transformação, ficando paralisada (Lima, 1980).

Vale lembrar que não há modificações na ordem de sucessão dos estágios de desenvolvimento mental, não se passa do estágio sensório-motor ao concreto sem passar pela representação simbólica do pré-operatório, a sequência do desenvolvimento é universal, a cronologia, no entanto, difere a cada indivíduo (Piaget, 1987). Ou seja, o desenvolvimento não se encerra, esse fim não significa a conclusão da evolução dos processos de adaptação, pois a espécie humana está em constante evolução. Há, sim, uma continuidade para a construção de conhecimentos pelo sujeito por toda a sua vida.

Com relação ao desenvolvimento das estruturas da inteligência, os participantes desta pesquisa, teoricamente chegaram ao estágio formal delineado por Piaget. Entretanto, podem existir dificuldades em apreender conceitos abstratos, portanto os jogos digitais podem auxiliar o sujeito a buscar em suas estruturas cognitivas ideias a respeito da imprevisibilidade de trajetória das partículas, representadas na Teoria Cinética dos Gases.

## 2.2 Jogos Digitais no ensino de química

O sujeito percorre vários estágios até completar o pensamento abstrato, no qual será capaz de pensar por si só, sem o auxílio de um objeto concreto, mas, ainda assim, pode apresentar dificuldades para aprender, principalmente conteúdos em nível submicroscópico. Para isso, recursos didáticos dos tipos analógicos e digitais tem sido utilizado tanto por profissionais docentes em suas práticas pedagógica como em pesquisas, por exemplo, Soares (2013), Saturnino, Luduvico e Santos (2013), Santos e Eichler (2016), Zapateiro *et al.*, (2017), Jacinto, Rocha e Figueiredo (2018), Conceição e Vasconcelos (2018), Ernesto Neto (2020), Cruz (2022), Lopes e Alves (2023), Zapateiro, Figueiredo e Rocha (2023), entre outros.

Nos processos de ensino e de aprendizagem de conteúdos abstratos, o trabalho se torna mais complexo. Para solucionar esse problema, o professor pode utilizar jogos digitais, uma vez que apresentam mais reações, costumam ser mais rápidos, divertidos e podem gerar e permitir um maior número de opções e cenários (Prensky, 2012).

Para Gee (2003, 2005, tradução nossa), no jogo digital há interação entre uma pessoa e o computador, recorrendo ao uso, de tecnologia. A interatividade proporciona ao jogador fazer as coisas acontecerem, não esgotando o que o autor ou o “*designer*” de jogos concebeu, por exemplo, o jogador realiza um ato e o jogo responde algo que o encoraja a agir novamente. Essa característica proporciona ao jogador o prazer, o encantamento em jogar.

Nesta pesquisa, aplicou-se um jogo digital construído por Almeida (2015, p. 81, grifo nosso), o qual “[...] pode ser usado especialmente como

conceito análogo em uma abordagem sobre o **modelo cinético dos gases**". Para isso, o jogo "[...] foi elaborado seguindo não apenas os conceitos abordados na físico-química, mas também pensando na forma como os seus elementos podem se relacionar com a teoria" (Almeida, 2015, p. 81).

Almeida (2015, p. 81) ressalta que o jogador ao jogar, pode "[...] experimentar e interagir com seus elementos antes mesmo de terem estudados sobre eles e adquirirem a competência para tomarem as ações e chegarem a conclusões corretas". Ou seja, "[...] O jogador tem a oportunidade de interagir com um sistema que representa partículas de um gás, sem necessariamente ter estudado seus conceitos teóricos anteriormente" (Almeida, 2015, p. 81).

Essa maneira de pensar e construir um jogo digital precisa acompanhar as ações didático-pedagógica do professor, desde o planejar até as mediações de seu trabalho junto aos alunos. Portanto, é preciso definir, escolher o melhor momento de ensinar os conceitos contidos no recurso didático, decidir o tempo de jogo durante a aula, entre outros.

Outro fator importante priorizado no jogo digital segundo Almeida (2015), é que "[...] ao contrário do que ocorre no ambiente escolar, onde frequentemente primeiro os alunos devem estudar um determinado tema para só depois se sentirem seguros para partir à parte prática". Deste modo, o professor tem a oportunidade de iniciar o trabalho com a aplicação do jogo, e ir mediando a aprendizagem dos conceitos que objetivou ensinar.

Para isso, quando for utilizar este tipo de recurso didático, reflita e indague: **"O que é que tem de diferente em jogar um jogo no computador? Por que é que tantas outras pessoas, incluindo a geração dos jovens e muitos adultos, acham a combinação tão atraente e agradável?"** (Prensky, 2012, p. 184, grifo nosso). O uso de jogos digitais minimiza o tempo das atividades na aula, quando comparado com jogos analógicos, porque "[...] o computador cumpre o papel de explicar as regras dos jogos mais rapidamente do que nos jogos físicos, proporcionando mais tempo para o jogador aproveitar a experiência de jogar" (Prensky, 2012, p. 184).

Segundo Mattar (2010), as regras não são esclarecidas totalmente para o jogador no mundo dos jogos digitais, geralmente o que se obtém no início do jogo é algum objetivo imediato, a noção básica de como manipular objetos ou personagens na tela. Portanto, "você literalmente aprende jogando. Você precisa descobrir sozinho o que deve fazer" (Mattar, 2010, p. 30).

No jogo digital intitulado "Cinética Química" elaborado por Almeida (2015, p. 82), o que ocorre é realmente essa situação: "O jogador tem a oportunidade de interagir com um sistema que representa partículas de um gás, sem necessariamente ter estudado seus conceitos teóricos anteriormente".

A aprendizagem baseada em bons jogos digitais proporciona ao jogador atitudes e sensações que Piaget descreveu para sujeitos em estágio formal: analisar hipóteses, autonomia, fantasia, riscos, engajamento, desafios, consequências de escolhas, pensamento centrado, resolução de problemas, adrenalina, tempo disponível, entre outros (Gee, 2003, 2005, tradução nossa). Estas atitudes são desejadas pelo professor para que o aluno se desenvolva e aprenda Ciências. A seguir, apresenta-se a metodologia desenvolvida na pesquisa.

### 3. Metodologia

A pesquisa qualitativa foi descritiva, e quanto aos procedimentos, desenvolveu-se a de campo, que consistiu em levar para a prática empírica a construção teórica (Lüdke; André, 1986). Na coleta de dados, aplicou-se um jogo digital, um questionário e entrevistas semiestruturadas.

Participaram da pesquisa sete licenciandos de um curso de Licenciatura em Química de uma Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O local da coleta ocorreu nas dependências da referida instituição. Todos os participantes foram mantidos no anonimato e identificados por códigos. A letra L se refere ao licenciando, e o número para sequenciar: L1, L2, L3, L4, L5, L6 e L7.

Os resultados apresentados fazem parte do doutoramento da autora Figueiredo (2016); a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, conforme normas regidas pelo parecer de aprovação nº 430.923 da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru. Todos os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

#### 3.1 O jogo digital - Cinética dos Gases

O jogo digital, denominado “Cinética dos Gases”, foi desenvolvido por Almeida (2015). Para isso, utilizou um “software” de código aberto e gratuito denominado “Game Editor”, o qual “[...] 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 foi desenvolvido a partir de conceitos da Físico-Química, especificamente o modelo da Teoria Cinética dos Gases, e representa um análogo para o conceito do movimento das partículas num gás, simulando um recipiente fechado contendo moléculas de gases reais.

Para construir o jogo digital, levou -se em consideração o seguinte: “num sistema fechado onde partículas de um ou mais gases se movimentam, é difícil imaginar como o jogador poderia interferir sem que a simulação perdesse sua semelhança com a realidade” (Almeida, 2015, p. 53). Destarte, “[...] não é necessário que ele seja fiel à realidade em todos os aspectos (na verdade nenhuma simulação é), ou seja, nós temos a liberdade de introduzir elementos fictícios nele” (Almeida, 2015, p. 53). Por exemplo, as cores das esferas contidas no jogo digital (Figura 1), são representações, não existem na realidade.

No quadro 1, seguem as diferenças que podem ser observadas na analogia entre o jogo digital e alguns conceitos da teoria cinética dos gases.

**Quadro 1** - Diferenças entre o que ocorre no jogo e o que ocorre segundo a teoria

No jogo	Na teoria
Formato esférico das partículas	Moléculas podem ter qualquer formato
Esfera vermelha pode se mover em qualquer tipo de trajetória	Partículas se movem de maneira retilínea
Esferas macroscópicas	Partículas submicroscópicas
Movimento bidimensional	Movimento tridimensional
Colisões frequentes	Colisões não são frequentes



Fonte: Os autores

O jogo digital “[...] foi feito de maneira que possa ser usado em uma analogia no estudo de conceitos de Química [...]” (Almeida, 2015, p. 78). Conforme o quadro 1, “[...] os elementos e fenômenos inseridos no jogo fazem o papel de conceitos análogos, enquanto os conteúdos teóricos de cinética química fazem o papel de conceitos alvos” (Almeida, 2015, p. 74).

Por isso, o emprego de recursos didáticos precisa da mediação do professor para abordar as diferenças entre conceito análogo e conceito alvo. Ou seja, “[...] para que a analogia tenha sentido é preciso primeiramente que cada esfera presente no jogo seja relacionada com uma partícula de um gás, do contrário as demais relações de semelhança não podem ser construídas” (Almeida, 2015, p. 75). Assim, na figura 1, “[...] esferas sempre se movimentam de maneira retilínea pela tela, nunca fazendo trajetórias curvas assim como teoricamente se movimentam as partículas de um gás” (Almeida, 2015, p. 75).

**Figura 1 – Nível 5 do jogo digital**



Fonte: Almeida (2015, p. 58)

Somado a isso, na construção de cada nível do jogo digital, as esferas:

[...] apesar de se encontrarem inicialmente em uma disposição organizada, se movimentam de forma aleatória e conseqüentemente adquirem configurações diferentes e aleatórias a cada momento, constituindo assim mais um conceito análogo da maneira como devem se movimentar partículas de um gás (Almeida, 2015, p. 75).

A figura 1, retrata o nível 5 do jogo, na sua elaboração, Almeida (2015) construiu cinco níveis de dificuldades, e para o jogador ter sucesso na atividade, que é ganhar o jogo, deve alcançar o nível 5 (o último) - Figura 1. Sendo assim, a dificuldade é crescente a cada nível, porque os números de bolinhas aumentam, o que torna o jogo mais difícil.

A figura 2, representa o primeiro nível do jogo digital – Nível 1.

**Figura 2 – Nível 1 do jogo digital**



Fonte: Almeida (2015, p. 57)

Na representação proposta na figura 2, a esfera vermelha não segue o padrão estabelecido para uma molécula de um gás (Almeida, 2015), assim:

No primeiro nível há uma esfera vermelha no centro da tela, cinco esferas azuis ordenadas na região esquerda e cinco laranjas na região direita. A princípio, todos esses elementos não se movimentam. Porém, quando o jogador clica sobre a esfera vermelha, seu movimento passa a ser controlado pelo jogador através do mouse e todas as demais esferas começam a se mover aleatoriamente pelo espaço (Almeida, 2015, p. 57).

O jogador ao clicar na esfera vermelha (Figura 2), precisa ficar atento ao jogo, porque “se uma **esfera laranja colidir com a vermelha**, a última será destruída e **o jogo acaba**” (Almeida, 2015, p. 57, grifo nosso), portanto, terá de retornar para o nível 1 do jogo, independentemente do nível que se encontra. Essas são algumas regras do jogo, como essas outras: “[...] se a **esfera vermelha colidir com uma azul**, a última **muda sua cor para cinza**, sinalizando que ela foi transformada, e o jogador **recebe um ponto**, que é somado à pontuação indicada no menu à direita” (Almeida, 2015, p. 57) – veja Figura 1.

Ainda na figura 1, há a representação do processo de *game over* - ocorre quando o jogador colide com a esfera vermelha com a laranja, portanto, tem que voltar ao início do jogo – nível 1. Os elementos em cada nível do jogo e o tempo disponível para o jogador estão organizados na tabela 1.

**Tabela 1** - Número de esferas e tempo total em cada nível do jogo digital

	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Número de Esferas Azuis	5	10	15	20	25
Número de Esferas Laranjas	5	10	15	20	25
Tempo total (s)	15	20	25	40	60

Fonte: Almeida (2015)

Em cada nível do jogo, a quantidade de partículas nas cores azul e laranja aumentam, elas são apresentadas na tela com o tempo da contagem que também aumentam respectivamente (Tabela 1). Portanto, o jogador que conseguir colidir com a partícula vermelha com mais números de partículas de cor azul, obtém a maior pontuação, podendo ou não chegar ao final do jogo.

### 3.2 Coleta de dados

No quadro 2, seguem as datas de encontros e as ações desenvolvidas com os participantes da pesquisa, para coletar os dados.

**Quadro 2** - Encontros e ações desenvolvidas na coleta de dados

Encontros	Ações desenvolvidas
29/08/2013	Leitura e assinaturas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE. Apresentação do projeto de pesquisa; aulas - tipos de planejamento, aplicação de um questionário dissertativo (dados acadêmicos, profissionais e levantar concepções prévias sobre os três estados físicos da matéria).
05/09/2013	Formação de grupos entre os participantes para elaboração de planejamento de aula e apresentação em forma de seminários sobre os três estados físicos da matéria. Continuação do estudo iniciado no encontro anterior.
12/09/2013	Apresentações de seminários. Conteúdos: os Estados Físicos da Matéria e suas Propriedades, sólido amorfo, forças intermoleculares, misturas azeotrópicas e eutéticas, tensão superficial, Lei de Boyle, gráficos da energia potencial e a energia cinética e variação de Entalpia ( $\Delta H$ ).
19/09/2013	A pesquisadora retomou os conceitos: matéria, transformações da matéria, energia, trabalho, força, aceleração, massa, peso, velocidade, gravidade, energia potencial gravitacional, energia cinética, forças eletrostáticas de atração e repulsão entre partículas carregadas, as forças intermoleculares, tensão superficial. Aplicação e correções de atividades com questões dissertativas a respeito dos estados da matéria.
10/10/2013	Estudo dos conteúdos de “Gases” – leitura dialógica em sala de aula do capítulo 6: “Gases” do livro de “Química geral: fundamentos” (Maia; Bianchi, 2007). Aplicação e início da resolução de uma lista de exercícios contida no livro de Maia e Bianchi (2007, p. 168-171).
17/10/2013	Continuação de correções da lista com a participação dos licenciandos. Para isso, foi feito um revezamento entre os participantes.
24/10/2013	Continuação e finalização da correção da lista. Estudo do capítulo 4 - “Propriedades dos Gases” do livro de “Físico-química: volume 1” (Atkins; Paula, 2012). Os licenciandos fizeram uma leitura dialógica em voz alta, explicando o que entendiam, sempre com a mediação da pesquisadora.
31/10/2013	Retomada dos conceitos: os pontos fundamentais para as leis dos gases ideais, a equação de estado, os desvios do comportamento ideal, os conceitos para os gases reais, a equação de van der Waals e os coeficientes de van der Waals. Livros utilizados: Atkins e Paula (2012) e Castellan (2001).
07/11/2013	Laboratório de informática: pesquisas da evolução histórica da Teoria Cinética dos Gases; revisão de conceitos de estrutura dos gases. Estudos da Teoria Cinética dos Gases, sua estrutura e propriedades (Castellan, 2001).
21/11/2013	Retomada de estudos da Teoria Cinética dos Gases - capítulo 4 (quatro): a estrutura dos Gases (Castellan, 2001).
Outubro, novembro e	Aplicação Jogo digital; realização de entrevistas semiestruturadas.

dezembro de 2014	
------------------	--

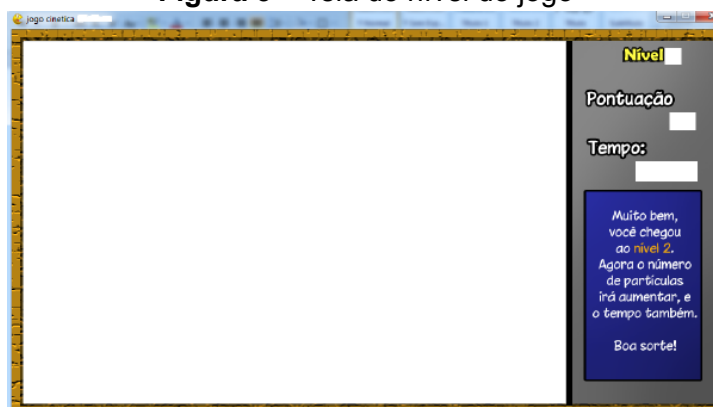
Fonte: Os autores

Os conhecimentos da Teoria Cinética dos Gases foram estudados antes de aplicar o jogo digital; outubro, novembro e dezembro de 2014, quase 01 ano após os estudos teóricos, as entrevistas semiestruturadas foram realizadas com os participantes enquanto jogavam o jogo, o tempo de jogo ficou livre, ou seja, o jogador quem decidiu o momento de parar de jogar (Quadro 2).

Antes de iniciar as entrevistas semiestruturadas, ou seja, dos participantes começarem a jogar, explicações e dúvidas eram sanadas, desde o funcionamento até as regras do jogo. Finalizado essa parte, o licenciando recebia uma folha sulfite impressa, a qual representava o nível do jogo, podendo ser o nível 1, 2, 3, 4 ou 5, dependendo do seu desempenho no jogo (Figura 3).

Em seguida, o licenciando era posicionado em frente do “notebook”, que exibia os níveis do jogo. Assim, com a folha em mãos (Figura 3) e de frente com o nível 1 (Figura 2) do jogo no notebook, era solicitado ao jogador: *De acordo com o apresentado na tela do computador, faça um desenho de uma possível trajetória entre as partículas para obter os pontos e passar para o nível seguinte*. Portanto, neste momento, o licenciando ainda não tinha jogado nenhum nível do jogo digital.

**Figura 3** – Tela do nível do jogo



Fonte: Almeida (2015)

Após os participantes representarem e entregarem as possíveis trajetórias das partículas nas folhas disponibilizadas (imagem da figura 3), a filmagem e gravação da atuação deles jogando era iniciada até passarem para o próximo nível, nesse caso o nível 2, ou até ocorrer o *game over* - quando o jogador colide com a esfera vermelha com a laranja, precisando voltar ao nível 1. Após uma dessas ocorrências, a entrevista seguia com o questionamento: *“Vamos ver como foi a sua previsão/desenho das trajetórias com relação às trajetórias ocorridas durante o nível 1 do jogo. Foi como você imaginava?”*.

Nesse momento, o jogador além de experienciar a cada início dos níveis do jogo digital, após mais ou menos uns cinco segundos, a movimentação aleatória das partículas, ele podia perceber que suas trajetórias de partículas representadas no desenho são imprevisíveis, porque após os

choques entre si e com as paredes do recipiente, adquirem direções diferentes, conforme o modelo da TCG (Almeida, 2015).

A entrevista ocorreu somente na primeira vez que os jogadores tiveram contato com cada nível do jogo, pois, alguns tiveram vários *game over*, por exemplo, no nível 3, podiam jogar 3, 4 ou mais vezes até passar para o nível seguinte. Portanto, ficou livre para os jogadores decidirem e escolherem o momento de finalizar ou interromper o jogo.

Os dados coletados foram organizados, analisados e discutidos a partir da análise de conteúdo (AC), na qual consiste em “[...] um conjunto de técnicas de análises das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens” (Bardin, 2011, p. 44). Assim, ao utilizar a AC, o pesquisador precisa elucidar tanto o tipo de “fala” que investiga, como a interpretação pretendida como objetivo, ou seja, procurar “[...] conhecer aquilo que está por trás das palavras sobre as quais se debruça. [...] é uma busca de outras realidades por meio das mensagens” (Bardin, 2011, p. 50).

No tratamento das informações, obtidas nas entrevistas semiestruturadas, realizou-se a inferência a partir de categorias definidas “a priori”, ou seja, investigando a presença ou a ausência de palavras emitidas que pudessem descrever o conhecimento científico. Para isso, critério utilizado para recortar, codificar e organizar as subcategorias foi a do tipo “[...] léxico (classificação das palavras segundo o seu sentido, com emparelhamento dos sinônimos e dos sentidos próximos) [...]” (Bardin, 2011, p. 147).

Os recortes e agrupamentos das subcategorias: falas/respostas dos participantes – “corpus”, foram selecionados de acordo com as Unidades de Registro que “é a unidade de significação codificada e corresponde ao segmento de conteúdo considerado unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial” (Bardin, 2011, p. 134). No quadro 3, segue a categoria, as subcategorias e as unidades de registro.

**Quadro 3 - Categoria, subcategorias e unidades de registro**

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	UNIDADES DE REGISTRO				
		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
CONCEITO DE ALEATORIEDADE: imprevisibilidade de trajetórias de partículas	Discurso de gênero científico	00	01	01	02	00
	Discurso próximo do gênero científico	02	01	01	00	01
	Discurso de senso comum	03	03	03	01	00
	Discurso elucidativo ao jogo digital	02	02	02	04	02

Fonte: elaborado pelos autores

No Quadro 3, a primeira coluna refere-se à categoria definida a priori - identifica o conceito investigado, na segunda - as subcategorias emergidas nos discursos dos participantes e, na terceira - o número de Unidades de Registro.

De acordo com o referencial teórico da Teoria Cinética dos Gases, a subcategoria: discurso de gênero científico, refere-se as respostas de

participantes que elucidaram o conceito de aleatoriedade, imprevisibilidade das trajetórias das partículas, quando utilizaram as seguintes palavras: “imprevisíveis, são imprevisíveis devido ao movimento aleatório, é aleatório não tem como prever”.

Na subcategoria - discurso próximo do gênero científico, as respostas se aproximaram do conceito científico investigado, quando explicaram e descreveram a imprevisibilidade das trajetórias das partículas, no entanto, precisam ser reelaboradas. Por exemplo: “não tem como saber ao certo, prever, ninguém saber ao certo prever, você nunca vai saber ao certo aonde vai, batem sem ordem, é meio relativo falar onde (*sic*) vai, não tem previsão, por causa da movimentação que é incerta, não tem uma ordem específica de movimento, não tem como prever”.

Na subcategoria - discurso de senso comum, verificou-se nas respostas palavras de senso comum para explicar e descrever o conceito de aleatoriedade, ou seja, aquelas que podem ser proferidas em situações do dia a dia ou também para explicar outros saberes, como: “misturado, dispersas, comprimir, espalhadas, separar, ordenado, bagunçado, movimento, perdidias, loucas”.

A subcategoria - discurso elucidativo ao jogo digital, emergiu de respostas focadas somente ao jogo digital aplicado (focado para a esquerda, colidir mais para a esquerda, levar a partícula para longe, buscando a partícula), o que não explica a imprevisibilidade das trajetórias, não evidencia se o aluno compreendeu ou aprendeu conhecimentos da Teoria Cinética dos Gases.

#### 4. Análise e discussão dos resultados

Dentre os participantes, quatro cursavam o 4º período de Licenciatura em Química (L1, L3, L5, L6) e três o 5º período (L2, L4 e L7). Todos haviam concluído a disciplina de Química-Geral no curso. E, somente L2 e L4 estavam fazendo as disciplinas de Físico-química 1, Probabilidade e Estatística. Neste universo, ao responderem quando haviam estudado conteúdo da Teoria Cinética dos Gases, somente L2 e L4 descreveram ter estudado gases ideais e reais na disciplina de Físico-química 1 no curso; L4 e L7 estudaram conceitos sobre o estado gasoso na disciplina de Química Geral, também no curso.

No Ensino Médio, a maioria dos participantes (L1, L2, L3, L4, L6) relataram não ter sido abordado o conteúdo da Teoria Cinética dos Gases; L1 e L6 informaram não ter tido contato com o referido assunto em nenhum momento da vida estudantil, mesmo tendo estudado durante a pesquisa, não se lembraram. Caso contrário, foi verificado com L3, L4 e L5, pois citaram ter estudado o conteúdo durante a pesquisa, sendo que L3 teve contato com os conceitos somente durante a coleta de dados da pesquisa.

Dentre as subcategorias emergidas, verificou-se que a mais evidente foi a - Discurso elucidativo ao jogo digital. Esse fato pode estar relacionado ao que preconiza Prensky (2012), os participantes se envolveram, ficaram satisfeitos e sentiram prazer de estar no contexto de jogo. Esse resultado condiz com o total de tempo que cada jogador ficou jogando até decidir parar, encerrar o jogo (L1 - 45 minutos; L2 - 1h40min.; L3 - 1h06 min.; L4 - 1h07 min.; L5 - 1h50 min.; L6 - 1h58min.; L7 - 1h54min).

Verifica-se que os contextos propostos no jogo propiciaram a L1 refletir, pensar em torno do que foi experienciando, pois ao avançar no jogo reelaborou as suas ideias para um discurso próximo ao do gênero científico, atribuindo a imprevisibilidade das trajetórias aos choques entre as partículas que mudam sua direção, conforme a sua resposta:

*Sim. Foi um pouco parecida, sim. Elas (falando das partículas azuis e laranjas), geralmente, tiveram a tendência de ficarem mais no meio assim, devido aos choques. Foi um pouco previsto. Lógico que não tem como saber ao certo prever os movimentos (falando das partículas), principalmente por causa dos choques que mudam a direção. Só que, lógico, os choques entre elas, azul-azul ou azul e laranja, né (sic), que não se juntam. L1 - Nível 2.*

Esse resultado indica uma evolução de L1 no jogo e em suas ideias, pois conseguiu cumprir o nível 3 e chegar no nível 4 do jogo, proferindo um discurso de gênero científico, quando afirmou que as suas previsões para as trajetórias das partículas em seus desenhos não foram como havia imaginado antes de atingir esses níveis e, nas suas palavras, “porque elas são imprevisíveis”:

*Não. São imprevisíveis, né (falando das trajetórias). Eu já previ que seriam imprevisíveis. L1 - Nível 3.*

*Não. Igual ao outro nível, são imprevisíveis, né. L1 - Nível 4.*

Os resultados apresentados por L1 indicam que os estudos efetivados durante a coleta de dados na pesquisa (Quadro 1), pode ter lhe proporcionado compreender e relembrar, durante os contextos propostos em cada nível do jogo digital, a sua correta percepção da imprevisibilidade na trajetória das partículas em acordo com os postulados do modelo mecânico de um gás ideal. Pois, no questionário, L1 descreveu não ter tido contato com o assunto em sua vida estudantil, somente durante a coleta de dados na pesquisa.

Nas falas de L3, percebe-se que os contextos propostos nos níveis do jogo lhe propiciaram a buscar em suas ideias, informações para tentar entender e explicar o que falava quando era questionada a respeito de suas previsões das trajetórias efetuadas no desenho, pois antes de jogar cada nível, como nos três primeiros níveis (1, 2 e 3), os seus discursos foram de senso comum. No quarto nível do jogo, apresentou um discurso de gênero científico:

*Ah, mais ou menos, né, porque aqui (mostrando no desenho) você imagina uma coisa estática e, na verdade, não está estática, está em movimento, né. L3 - Nível 1.*

*Não. Porque aqui no desenho eu as imaginei estáticas. E, aqui no jogo, não! Elas estão em movimento! Então, como é aleatório, não tem como você prever, né. Eles (gases) estão em movimento assim e, conforme bate, volta, bate e volta. Então, não tem uma trajetória definida, é bastante difícil! Tem que ter bastante habilidade para conseguir acertar o desenho e o jogo! L3 - Nível 4.*

Os resultados de L3 corroboram que os contextos propostos nos níveis do jogo digital oportunizaram a L3 pensar, questionar, analisar, refletir, e reelaborar discursos de senso comum para um discurso de gênero científico.

Foi verificado que o jogador L6, mudou as suas compreensões quando ia se deparando com as dificuldades encontradas durante o jogo, conseguindo proferir discurso próximo do gênero científico ao jogar os níveis 1 e 3 do jogo. Assim, ao voltar no início do jogo novamente, quando chegou no nível 2, emergiu um discurso de gênero científico. No entanto, com o aumento de bolinhas nos níveis do jogo, fez L6 se atentar mais para questões elucidativas ao jogo (nível 4 e 5), como revelam suas respostas:

*Não! Ah, isso aí (falando das partículas do jogo) nunca vai estar igual, você nunca vai saber onde ele (falando do gás) vai estar. L6 - Nível 1.*

*É, as trajetórias, como eu já disse, não tem como a gente prever para onde ela vai parar e tudo mais. Mas, pela previsão de dispersão, eu acho que ficou dentro. L6 - Nível 2.*

*Ah, eu não sei, não tem explicação! Cada hora bate de um jeito, as moléculas, se chocam de uma forma diferente, acaba fazendo um movimento, sei lá! Estranho. Um caos. L6 - Nível 3.*

*Ah ohhhh (risos e espanto). Dá para imaginar muito essas trajetórias loucas! (Risos e espanto). L6 - Nível 4.*

*Não, (risos e gargalhadas). É muita bolinha (risos). Muita bolinha, (risos). L6 - Nível 5.*

L6 conseguiu atingir o nível 05, e em suas falas constata-se uma apreensão voltada a questões do jogo, principalmente em relação ao aumento de “bolinhas” a cada nível. Esses resultados condizem com alguns apontamentos feitos por Prensky (2012), ou seja, o motivo pelo qual as pessoas são atraídas e se envolvem nos jogos sem mesmo elas perceberem, primeiramente estão a diversão e a brincadeira, e logo em seguida os seis elementos estruturais: regras, metas/objetivos, resultados e “feedback”, conflito/competição/desafio/oposição, interação, representação ou enredo.

L7 também conseguiu chegar ao nível 5 do jogo, reportando discursos elucidativos ao jogo digital nos níveis 1, 2, 3 e 4. No nível 5, avançou e proferiu um discurso próximo do gênero científico ao responder sobre o que experienciou durante o jogo e o que retratou no desenho: “L7: Foi mais ou menos como eu imaginava: uma superlotação e um movimento totalmente desordenados e uma dificuldade danada. (Nível 5)”. Os resultados indicam que os contextos propostos nos níveis do jogo digital oportunizaram a L7 vivenciar a imprevisibilidade de trajetória das partículas, pensar, refletir e reordenar as suas ideias, pois de um discurso elucidativo ao jogo foi para um próximo do gênero científico. Esse fato indica que o jogo instigou L7 a buscar em seus esquemas cognitivos, conceitos que podem ter sido abordados na disciplina de Química Geral ou durante a coleta de dados na pesquisa.

Um resultado analisado foi que L2 e L4 citaram ter estudado o conteúdo de Gases ideais e reais na disciplina de Físico-química no curso e durante a coleta de dados na pesquisa. No entanto, L2 proferiu somente discursos de senso comum, L4 (chegou ao nível 5 do jogo), ora proferiu concepções de senso comum, ora elucidativo ao jogo. Esse fato foi confirmado em algumas de suas respostas de senso comum quando justificaram se as



suas previsões de trajetórias/colisões feitas no desenho foram como haviam previsto em relação as suas experiências durante o jogo:

*Não, rrsrrs (risos) [...] a última colisão que eu achei que fosse mais em cima, ela acabou se dispersando no meio, e, eu tive que sair procurando-a. Então, ela foi mais difícil. L2 - Nível 1.*

*Não, não foi (pensando)! Porque enquanto eu estou colidindo com uma partícula (mostrando no desenho a 1ª colisão) a outra partícula tanto azul com laranja vai se dispersando e indo lá para o meio se misturar. L2 - Nível 2.*

*Não, não foi! (Risos)! [...], enquanto eu estou tentando colidir com uma partícula as outras já estão se misturando e, as laranjas vão vindo perto de mim e vai ficando mais difícil de eu colidir com todas as azuis. L2 - Nível 3.*

*Não, aconteceu igual no nível 3, como tem mais bolinhas, elas se misturam mais rápido (risos). Então, fica muito rápido e eu não consigo colidir muito (risos) porque as bolinhas laranja chegam perto de mim. L2 - Nível 4.*

*Não né!? Nossa (risos), nada a ver (risos), porque não segue uma ordem assim, um caminho (risos). L4 - Nível 1.*

*Ah, mais ou menos igual eu imaginei porque está tudo bagunçado, tudo misturado. Mas, eu achei que, que as partículas azuis quando eu soltasse, elas iam mais rápidas para o outro lado direito (mostrando no desenho), por isso eu desenhei bastante no lado esquerdo. L4 - Nível 3.*

Esses resultados revelam que esses discursos de senso comum podem ser reelaborados por meio da mediação do professor durante os contextos de aplicação do jogo digital para compreenderem que “[...] a direção em que uma molécula se move é *aleatória*, ou seja, *não* há direção privilegiada para seus deslocamentos; [...] (Caruso; Oguri, 2006, p. 67, grifo do autor)”.

Outra hipótese para esses resultados pode estar atrelada a dificuldade de compreender conteúdos em nível submicroscópico da matéria, já que L2 e L4 tiveram contato com o referido assunto. Ou ainda, por exemplo, no caso de L4 que ao conseguir avançar no jogo, a sua atenção tenha se voltado somente ao contexto do jogo para vencer e não o levar ao *game over* - perder, pois quando comparou e respondeu se as suas previsões foram como as vivenciadas durante o jogo, permaneceu com discursos elucidativos ao jogo nos níveis 2, 4 e 5, como indicam suas falas:

*Nossa foi nada a ver do que eu pensei (risos)! L4 - Nível 2.*

*Não, porque eu nem consegui ir tanto para o lado esquerdo do jogo, eu fiquei mais do lado direito tentando não colidir com as laranjinhas e não perder de novo (risos). L4 - Nível 4.*

*Acho que não (risos). É muito difícil esse nível. Muita confusão (falando das partículas do jogo). L4 - Nível 5.*

Esses discursos revelam que os contextos propostos oportunizaram a L4 alguns elementos descritos por Prensky (2012), como conflito, competição e

a procura para resolver um problema, naquele momento era colidir com as esferas de cor azul e não com as de cor laranja para evitar o *game over* – perder e voltar ao nível 1 do jogo digital. Além disso, o jogo permitiu a L4 vivenciar e perceber a imprevisibilidade da trajetória das partículas, pois as suas falas indicam que as suas previsões feitas inicialmente nos desenhos não coincidiram com as trajetórias realizadas pelas partículas durante cada nível.

Em relação L5, foi verificado três tipos de subcategorias quando justificou as suas previsões de trajetórias de partículas, no nível 1 - o próximo do gênero científico, no nível 2 - de senso comum, nível 3 e 4 - elucidativo ao jogo, como indicam algumas de suas falas:

*Foi né (risos). Mas, ninguém sabe ao certo como elas vão ficar (risos). L5 - Nível 1.*

*Mais ou menos, porque elas dispersaram bastante, tanto foram para a esquerda quanto para a direita, centralizou. Agora esse momento de matar as azuis no início porque elas estavam todas juntas, é mais fácil de tentar matar toda ela de uma vez e, depois tentar se livrar das laranjas sem colidir com elas. L5 - Nível 2.*

*Não! Ahhh, devido à movimentação que é muito rápido. O movimento é muito rápido. Daí, além de você ter que prestar atenção com os olhos, tem o seu dedo ali jogando. L5 - Nível 3.*

Nos discursos de L5, percebe-se que durante o jogo, foi interpretando as suas experiências, buscando explicações para os seus erros e possíveis falhas. Esse incentivo funcionou no contexto do jogo digital, o qual tem o aumento dos graus de dificuldade que um jogador enfrenta ao avançar no jogo, como a quantidade de bolinhas em cada nível. Portanto, o professor pode se beneficiar desses momentos, para mediar e ensinar conceitos abstratos que são de difíceis compreensões por parte dos alunos.

## 5. Considerações finais

Os discursos elucidativos ao jogo culminaram em doze unidades de registro, emergidas nas explicações da maioria dos jogadores - seis. Somente dois chegaram ao último nível do jogo digital, o que indica que os contextos vivenciados em cada nível de dificuldade, como as regras, o objetivo proposto, chegar no nível cinco para vencer o jogo, podem ter sido satisfatórios, envolventes e prazerosos.

Os discursos de senso comum foram as unidades que apareceram em segundo lugar, entre os participantes durante os níveis do jogo, o que totalizaram dez unidades de registro, esses resultados indicam que esse recurso pode ser utilizado pelo professor para o levantamento de conhecimentos prévios, pois, apesar de terem estudado o conteúdo inerente a TCG, ainda assim precisam reelaborar algumas de suas ideias aproximando-as dos conceitos científicos.

A subcategoria discurso de gênero científico, com quatro unidades de registro, evidenciam que os contextos propostos em cada nível do jogo digital proporcionaram e oportunizaram que três jogadores expressassem as suas corretas compreensões a respeito da imprevisibilidade da trajetória das partículas, representadas por um modelo de uma amostra gasosa. Portanto, o

jogo pode contribuir para que o aluno experiencie, reflita, pense e reveja os seus saberes e os reelabore de acordo com o conhecimento científico.

Os resultados indicam que os contextos presentes no jogo digital têm potencial para auxiliar os docentes durante os processos de ensino, porque os jogadores podem aprender, com a mediação do professor, conteúdos abstratos como os presentes na Teoria Cinética dos Gases, por exemplo, o conceito de aleatoriedade, imprevisibilidade na trajetória das partículas. Isso é possível, porque todas as vezes que o jogador inicia um nível do jogo, experiencia após, mais ou menos uns cinco segundos, a movimentação aleatória entre as partículas, a imprevisibilidades de suas trajetórias, os choques entre as esferas e com a parede do “recipiente” que causa posições diferentes.

Para pesquisas futuras, é importante pensar em propostas didático-pedagógicas que integrem o conteúdo educacional e jogos digitais em processos de ensino e de aprendizagem de conceitos abstratos e de difícil compreensão e visualização por parte do aluno.

## Referências

ALMEIDA, Gustavo Martins Alves de. **Jogo digital e analogias**: uma proposta para o ensino de Cinética. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2015.

ATKINS, Pedro William; PAULA, Julio de. **Físico-química**: volume 1. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

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

BRUSH, Stephen G. History of the Kinetic Theory of Gases. **Storia della Scienza**, v, 7, p. 1-31, 2004. Disponível em: <https://www.coursehero.com/file/8245915/ITALENC/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

BRUSH, Stephen G. The Development of the Kinetic Theory of Gases: VIII: Randomness and Irreversibility. **Arch. Hist. Exact Sci**, vol. 12, p. 1-88, 1974.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física moderna**: Origens clássicas e fundamentos quânticos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CASTELLAN, Gilbert W. **Fundamentos de físico-química**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2001.

CONCEIÇÃO, Jefferson Herlan Corrêa da; VASCONCELOS, Sinaida Maria. Jogos digitais no ensino de ciências: contribuição da ferramenta de programação Scratch. **Areté**, Manaus, v.11, n.24, ago-dez, 2018.

CRUZ, Tarcisio Lima da. Jogos de Modelagem Computacional no Ensino de Física. 2022. 86 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto de Física/ Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2022.

ERNESTO NETO, Fortunato. **Jogo digital adaptado ao tema água no ensino de ciências para alunos de uma escola pública da região metropolitana de Belém-Pa**. 2020. 92 f. Dissertação (Mestrado em Rede Nacional para o Ensino das

Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 2020.

GEE, James Paul. **What video games have to teach us about learning and literacy**. Nova York: Palgrave Macmillan, 2003.

GEE, James Paul. Learning by Design: good video games as learning machines. **E-Learning**, v. 2, n. 1, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/253367747>. Acesso em: 19 jun. 2024.

FIGUEIREDO, Márcia Camilo. **Aplicação de um jogo digital e análise de conceitos da teoria cinética dos gases**. 2016. 321 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.

JACINTO, Samila; ROCHA, Zenaide de Fátima Dante Correia; FIGUEIREDO, Márcia Camilo. Usabilidade de uma WebQuest para o ensino de propriedades coligativas. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 8, n.1, p. 90-104, 2018.

LIMA, Lauro de Oliveira. **Piaget para principiantes**. São Paulo: Summus, 1980.

LOPES, David Santana; ALVES, Lynn Rosalina Gama. Do analógico ao digital: o jogo pandemic como potencial pedagógico para o ensino de ciências em meio à pandemia. **HOLOS**, Ano 39, v. 7, e 10843, 2023.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MAIA, Daltamir Justino; BIANCHI, José Carlos de Azambuja. **Química geral: fundamentos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MATTAR, João. **Games em educação: como os nativos digitais aprendem**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

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

PIAGET, Jean. **Psicologia e Epistemologia: Por uma Teoria do Conhecimento**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1973.

PIAGET, Jean. Autobiografia. In: FURTH, Hans G. **Piaget e o conhecimento: fundamentos teóricos**. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1974.

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

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

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

SANTOS, Ana Calorina; EICHLER, Marcelo Leandro. Acerca da adaptação de um jogo eletrônico sobre tabela periódica para as redes sociais. **REDEQUIM**, v. 2, n. 1, p. 107-114, 2016.



SATURNINO, Joyce Cristine S. F; LUDUVICO, Inácio; SANTOS, Leandro José. Pôquer dos Elementos dos Blocos s e p. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 3, p. 174-181, 2013.

SOARES, Márton Herbert Flora Barbosa. **Jogos e Atividades lúdicas para o ensino de Química**. Goiânia: Kelps, 2013.

ZAPATEIRO, Gean Aparecido; FIGUEIREDO, Márcia Camilo; BELTRAME, Ariane Carolina Ferreira; STEVANATO, Alessandra. Material didático como estratégia de ensino e de aprendizagem das ligações químicas. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 211-233, jul./set. 2017.

ZAPATEIRO, Gean Aparecido; FIGUEIREDO, Márcia Camilo; ROCHA, Zenaide de Fátima Dante Correia. Jogo didático Cidade Radioativa: aplicação e análise na visão de licenciandos em química. **Ensino & Multidisciplinaridade**, São Luis, v. 9, n. 1, e1323, 2023.

### **Agradecimentos**

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

Enviado em: 31/07/2020 | Aprovado em: 22/06/2022

