

Um Crime na Purdue Produtos Químicos: um jogo de RPG como propiciador da Aprendizagem em Geometria Molecular segundo a Epistemologia Genética

A Crime at Purdue Chemicals: An RPG Game as a Learning Facilitator in Molecular Geometry According to Genetic Epistemology

Cleberon Souza da Silva¹ y Eduardo Luiz Dias Cavalcanti²

Resumo

Este artigo teve como objetivo compreender como um jogo de RPG pode possibilitar a aprendizagem em Geometria Molecular segundo a Epistemologia Genética em estudantes de Licenciatura em Química. Tal teoria tem como finalidade explicar, de uma forma construtivista e epistemológica, como ocorre o processo de aprendizagem na estrutura mental do sujeito. Assim, para entender esse processo, realizamos uma pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso, em que um jogo de RPG foi elaborado para coletar os dados referentes à aprendizagem de conceitos de Geometria Molecular em estudantes da Licenciatura em Química da Universidade Federal do Piauí, localizada no Brasil. Durante a participação dos estudantes utilizamos gravador de áudio e vídeo e anotações em diário de campo para coletar os dados que foram transcritos e importados para o *software* MaxQDA e, analisados por meio da técnica de Análise de Conteúdo que nos proporcionou três categorias de análise *a posteriori*. Com essa análise, percebemos que o jogo de RPG confeccionado foi capaz de ser utilizado como possibilitador da aprendizagem de conceitos envolvendo a Geometria Molecular.

Palavras-chave : Química Geral; Ensino Universitário; Avaliação; Jogo de RPG; Geometria Molecular; Epistemologia Genética.

Abstract

This paper aimed to understand how a role-playing game can enable learning in Molecular Geometry according to the Equilibrium Theory. This theory aims to explain, in a constructivist and epistemological way, how the learning process occurs in the subject's mental structure. Thus, to understand this process, we conducted a qualitative case study, in which a role-playing game was designed to collect data regarding the learning of Molecular Geometry concepts in students of the Chemistry teacher training course at the Federal University of Piauí, located in Brazil. During the student's participation, we used an audio and video recorder and notes in a field diary to collect the data that were transcribed and imported into the MaxQDA software and analyzed through the Content Analysis technique, which provided us with three categories of *a posteriori* analysis. With this analysis, we realized that the RPG game created was able to be used as an enabler for learning concepts involving Molecular Geometry.

Keywords : General Chemistry; University Education; Assessment; RPG Game; Molecular Geometry; Genetic Epistemology.

CÓMO CITAR:

Souza da Silva, C. y Dias Cavalcanti, E. L. (2026, enero-marzo). Um Crime na Purdue Produtos Químicos: um jogo de RPG como propiciador da Aprendizagem em Geometria Molecular segundo a Epistemologia Genética. *Educación Química*, 37(1). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2026.1.91318>

¹Universidade Federal de São Carlos Brasil.

²Universidade de Brasília Brasil.

Introdução

O jogo de RPG, de acordo com Rodrigues (2004), é um jogo de produzir ficção em que uma aventura é proposta por um narrador principal, denominado mestre, e interpretada por um grupo de jogadores chamados de personagens principais e personagens coadjuvantes. De acordo com Cavalcanti e Soares (2009), o RPG vem sendo adotado como uma possibilidade para o processo de ensino e aprendizagem, mesmo que ainda de forma isolada e experimental, uma vez que todo esse incentivo para a inclusão de novos materiais didáticos na educação, desde o movimento Escola Nova, está comprovando, de forma evidente, que os jogos, além de serem uma atividade lúdica para crianças, adolescentes e até adultos, possuem, também, potencial educativo que pode propiciar uma aprendizagem eficiente, além de aulas mais empolgantes e prazerosas que as ditas tradicionais.

Corroborando com essa ideia, Zanini (2004) destaca que, em um mundo em acelerada transformação, a escola enquanto microcosmo da sociedade não pode se manter refratária ao que acontece na sociedade nem, portanto, seria possível. Desse modo, a escola, segundo o referido autor, deve atualizar seus métodos e materiais de ensino, adequando-se à transmissão de cultura acumulada pela humanidade a novas maneiras de perceber e de sentir dos nossos estudantes. Nessa perspectiva, Amaral e Bastos (2011) afirmam que, em uma sociedade em que os estudantes procuram respostas prontas e não se sentem estimuladas a pensar, o RPG atrelado à educação, ao requerer de seus jogadores um raciocínio lógico, articulado e explicitado por meio de falas dirigidas a diversos participantes, se constitui como uma atividade de grande importância para o desenvolvimento social e intelectual dos nossos educandos. Entretanto, conforme Cavalcanti (2018), para que o RPG possa ser utilizado com fins educacionais, exige-se a definição de objetivos educacionais claros e concisos que devem perpassar a missão da escola, bem como o ato pedagógico do professor.

Assim, o RPG, segundo Cook (2014), é de grande valia na Educação em Química, pois o jogo de RPG uma atividade social, na qual os elementos participantes contribuem para a construção, em comum, de uma narrativa de aventura, observamos no cotidiano dessa prática, diversos momentos de interação do saber, seja ele científico ou não. Essa interação normalmente acontece a partir da intervenção de jogadores sobre a fala ou a ação dos companheiros de jogo, podendo ser na tentativa de considerar melhor as possíveis consequências de uma fala mal colocada ou uma ação tomada sem a devida atenção pelos seus personagens, ou ainda buscando explicar o contexto de uma cena narrada pelo mestre do jogo, entre tantas outras possibilidades.

De acordo com Méndez (2023), essa atividade social do RPG possibilita um caráter inteiramente cooperativo, uma vez que os jogadores só vão atingir o objetivo de determinado jogo se permanecerem unidos e se ajudando de forma mútua. Além disso, o referido autor destaca que a potencialidade observada no jogo de RPG em atender, simultaneamente, às diferentes demandas encontradas na sala de aula de Química é grande, uma vez que é possível realizar a aventura de RPG, que pode ou não abarcar diferentes conteúdos, com vários grupos de estudantes, que se articulam para possibilitar o sucesso do jogo conduzindo-os, portanto, a uma possível aprendizagem.

O RPG na Educação em Química possibilita, também, que o estudante, de acordo com Cavalcanti e Soares (2009), discuta amplamente diversos conceitos científicos durante a realização do jogo, de modo que o conceito que, muitas vezes, não está claro para o

estudante começa a ter um significado quando ele o discute com os outros jogadores, além das várias intervenções do mestre, aprofundando as discussões e levando o estudante a um melhor aproveitamento do referido conceito e a sua consequente compreensão. Por isso, é importante de acordo com López-Fernandez, González-García e Franco-Mariscal (2021) que os mestres da aventura a ser utilizada nas aulas de Química sejam os professores de Química e que eles dominem bem o conteúdo a ser trabalhado no jogo para suprir os possíveis erros e/ou enganos conceituais durante as partidas de RPG. Dessa forma, são muitos os jogos de RPG que costumeiramente são utilizados tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior para as mais diversas finalidades, sendo o destaque, como explicitado por Silva e Soares (2022), o fortalecimento do processo de ensino e aprendizagem. Assim, este artigo tem como objetivo compreender como um jogo de RPG pode possibilitar a aprendizagem em Geometria Molecular segundo a Epistemologia Genética em estudantes de Licenciatura em Química.

Para Piaget (2024), a aprendizagem dar-se-á por assimilação e acomodação. Assim, o indivíduo constrói esquemas de assimilação mentais para abordar a realidade, pois todo esquema de assimilação é construído e toda abordagem à realidade supõe um esquema de assimilação. Piaget (2012) explica que quando a estrutura cognitiva assimila, ela incorpora a realidade a seus esquemas de ação, impondo-se ao modelo, mas no processo de assimilação a mente não se modifica, o conhecimento que se tem da realidade não é modificado. Por exemplo, quando um professor de Química ensina para seus estudantes que a geometria da molécula de Sulfeto de Hidrogênio (H_2S) é angular assim como a geometria da água (H_2O) o estudante assimilará a primeira informação no esquema: “geometria angular”, possivelmente presente em sua estrutura mental.

Segundo Piaget (2012), em alguns casos os esquemas de ação não conseguem assimilar determinada situação da realidade, o que faz com que a mente desista de assimilar ou, então, faça uma modificação. Tal modificação é o que Piaget (2024) chama de acomodação. Para o autor, é por meio das acomodações que há a construção de novos esquemas de assimilação e, portanto, ocorre o desenvolvimento cognitivo. Como fizemos no exemplo anterior, podemos esclarecer da seguinte forma: o mesmo professor de Química discute com seus estudantes que a geometria molecular do tetracloreto de carbono (CCl_4) é tetraédrica como essa é a primeira vez que os estudantes estão vendo esse tipo de geometria esse conhecimento (esquema de ação) ainda não existe na estrutura mental dos estudantes, haverá, portanto, a construção de um novo esquema denominado: geometria tetraédrica, que se difere, por sua vez, do esquema: “geometria angular”.

De acordo com Piaget (2013), não há acomodação sem assimilação, pois a acomodação é a reestruturação da assimilação e o equilíbrio entre assimilação e acomodação é a adaptação à situação. Logo, o autor explica que experiências acomodadas dão origem a novos esquemas de assimilação e um novo estado de equilíbrio é atingido, isto é, novas experiências não assimiláveis levarão a novas acomodações e a novos equilíbrios (adaptações) cognitivos. Contudo, Piaget (1976) explica que só haverá aprendizagem quando esses equilíbrios forem rompidos por experiências não-assimiláveis, fazendo com que a mente se reestruture a fim de construir novos esquemas de assimilação e acomodação para atingir um novo equilíbrio. Esse processo de reequilíbrio é chamado por Piaget (1976) de equilíbrio majorante que é o fator preponderante no desenvolvimento mental (aprendizagem) do estudante.

Procedimentos Metodológicos

O Jogo de RPG

A pesquisa que deu origem a este artigo possuía uma abordagem qualitativa do tipo estudo de caso, pois de acordo com Yin (2015) envolveu a análise de grupos de estudantes participando de uma aventura de RPG denominada: “Um Crime na Purdue Produtos Químicos”. Tal jogo de RPG foi elaborado tendo como objetivo investigar o processo de aprendizagem de conceitos relacionados à Geometria Molecular em estudantes de diversos períodos do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Piauí localizada na cidade de Teresina no nordeste brasileiro. Decidimos utilizar esse conteúdo devido à grande dificuldade que alguns dos referidos estudantes apresentavam em conteúdos como esse e em outros temas envolvendo a Química Geral.

Nesse viés, o objetivo do jogo de RPG era descobrir uma senha numérica contendo 5 dígitos para abrir uma caixa de metal onde estava confinada a gerente da Purdue Produtos Químicos para evitar que ela fosse morta por um choque elétrico. Para encontrar essa senha, os estudantes deveriam resolver 6 desafios, sendo que o primeiro consistia em os estudantes serem capazes de conhecer e construir a representação da estrutura de Lewis de fórmulas moleculares que podem comportar mais que oito elétrons em sua camada de valência. Para que isso acontecesse, os estudantes encontraram um bilhete na primeira prateleira da estante de reagentes com a seguinte orientação: *Vamos ao primeiro desafio, Caroline: Se você conseguisse desenhar a estrutura de Lewis das fórmulas moleculares presentes nos três frascos localizados dentro desta estante, qual das três fórmulas teria o menor número de pares de elétrons isolados no Xenônio, que é o átomo central?*

O segundo desafio estava disposto em um quadro branco localizado ao lado da estante de reagentes e envolvia a capacidade de os estudantes compreenderem a construção de fórmulas *Valence Shell Electron-Pair Repulsion* (VSEPR) por meio da extrapolação do conhecimento acerca da representação das estruturas de Lewis. Para encontrar o número proveniente desse desafio, os estudantes deveriam ler o seguinte enunciado que estava grafado no quadro: *A partir das estruturas de Lewis que você desenhou no 1º desafio, organize o quebra-cabeças abaixo para prever a fórmula VSEPR das mencionadas estruturas. Quantas são as fórmulas diferentes uma da outra? As peças do quebra-cabeças eram: A, A, A, X₃, X₄, X₅, E, E₂ e E₂.*

No terceiro desafio os estudantes deveriam mostrar suas habilidades em aplicar os conhecimentos relacionados à representação da estrutura de Lewis com a previsão da fórmula VSEPR de diversas fórmulas moleculares para identificar a geometria esperada de tais moléculas. Esse desafio estava localizado sob uma das bancadas do laboratório na forma de peças de um kit de modelo molecular. As peças eram: 6 bolas brancas representando o átomo de hidrogênio, 1 bola preta representando o átomo de carbono, 1 bola amarela representando o átomo de enxofre, 6 conectores representando as ligações simples e 2 nuvens representando a nuvem eletrônica. Além disso, havia um gravador com um bilhete escrito: “aperte-me”, próximo ao botão de “play”. Ao apertarem tal botão os estudantes ouviam a seguinte narração: *“Caroline, quantas representações moleculares existentes possuindo a geometria molecular do tipo trigonal piramidal é possível construir com as peças deixadas sob esta bancada?”*

O quarto desafio estava localizado em um QR-Code fixado em uma das paredes do laboratório e investigava a capacidade que os estudantes tinham para analisar diferentes estruturas moleculares para apontar seus principais ângulos de ligação. Ao ler o QR-Code com o celular apareceu um vídeo com a seguinte informação: *Considere as fórmulas moleculares representadas: CH_4 , BF_3 , GeCl_4 , NH_3 , CO_2 e CH_2O . Qual o resultado da soma da quantidade de moléculas que apresentam ângulo de ligação igual a $109,5^\circ$ com a quantidade de moléculas com ângulo de ligação de 120° ?*

No quinto desafio, que estava localizado em um caderno de anotações de laboratório, os estudantes deveriam ser capazes de sistematizar os conceitos teóricos de Geometria Molecular para prever diversas informações acerca de ângulo, estrutura de Lewis, geometria e fórmula VSEPR de diferentes compostos moleculares. Para isso, os estudantes encontraram as seguintes anotações em um caderno de laboratório: *Caroline, se você ainda não estiver morta, vamos para o último desafio: sintetizando seus conhecimentos químicos, podemos afirmar que quais das assertivas abaixo estão corretas? 1. A molécula que contém a fórmula molecular PF_3 é trigonal planar, pois, assim como BF_3 , tem fórmula VSEPR AX_3 ; 3. A estrutura de Lewis da molécula de água possui 2 pares de elétrons livres no átomo central de oxigênio, o que faz com que a molécula tenha ângulo de ligação de aproximadamente $104,5^\circ$ entre as ligações $\text{H} - \text{O} - \text{H}$; 5. A molécula de fórmula molecular CCl_4 não possui nenhum de par de elétrons livres em seu átomo central (C), o que gera a fórmula VSEPR: AX_4 , fazendo com que a molécula tenha geometria tetraédrica e provável ângulo de ligação de $109,5^\circ$ entre as ligações $\text{Cl} - \text{C} - \text{Cl}$; e 7. É possível prever que a estrutura de Lewis de PCl_3 não apresenta nenhum par de elétrons livres em seu átomo central (o átomo menos eletronegativo da fórmula molecular), o que faz com que a fórmula VSEPR dessa molécula seja AX_3 e, conseqüentemente, sua geometria seja trigonal planar com ângulos de ligação entre $\text{Cl} - \text{P} - \text{Cl}$ correspondendo a 107° . A soma dos números que corresponde às alternativas verdadeiras é o último algarismo da senha de 5 dígitos para abrir a caixa de metal onde está Caroline.*

O sexto desafio proposto na aventura de RPG englobava a habilidade de os estudantes avaliarem qual a resposta correta para o objetivo proposto desde o início do jogo de RPG, isto é, descobrir qual a senha de 5 algarismos de 1 a 9 que não se repetem entre si que abre a caixa, onde estava presa a gerente da Purdue Produtos Químicos.

Sujeitos da pesquisa, coleta e análise de dados

Os participantes dessa aventura de RPG foram 29 estudantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), em que esses estudantes participaram de forma voluntária e se dividiram por questões de afinidade entre eles em 5 grupos, os quais intitulamos de G1, G2, G3, G4 e G5 e seus componentes nomeados de E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, assim por diante, sendo que G1 foi composto de E1 a E5; G2 de E6 a E10; G3 de E11 a E17; G4 de E18 a E22 e G5 de E23 a E29. Para coletar os dados referente as participações dos grupos de estudantes, utilizamos: gravadores de áudio, tripé e telefone celular para gravar em áudio e vídeo a participação dos estudantes; diário de campo; observação não participante e entrevista não estruturada com cada jogador, dois dias após a participação no jogo. Oportunamente, os dados coletados foram transcritos para o software de edição de texto Microsoft Word 365® e depois os importamos para o software de análise MaxQDA® que, de acordo com Costa (2017), é um software de análise de dados qualitativos de pesquisa que possibilita categorizar unidades para serem analisadas em tempo real. Contudo, ele

não faz a análise dos dados sozinho, sendo necessário que o pesquisador tenha em mente o constructo metodológico que utilizará para fazer a sua análise. Assim, optamos por utilizar a Análise de Conteúdo, que, segundo Bardin (2016), é uma técnica de investigação de dados qualitativos que tem por finalidade a descrição objetiva e sistemática do conteúdo manifesto da comunicação falada e/ou escrita por meio da inferência de significados. Por meio dessa técnica de análise de dados e de sua esquematização no mencionado *software* identificamos três categorias de análise, *a posteriori*, são elas: i) entendimento; ii) avaliação; e iii) caráter lúdico. Entretanto, devido a limitações de espaço discutiremos, a seguir, apenas a primeira categoria: entendimento.

Resultados e discussão

A categoria: entendimento, está relacionada com a capacidade que o jogo tem para investigar o conhecimento dos estudantes a respeito de conceitos envolvendo, entre outras coisas, a forma e a geometria das moléculas. Para que isso aconteça, construímos o já mencionado jogo de RPG sobre seis desafios, no qual o primeiro desafio, como vimos nos Procedimentos Metodológicos, consiste em os estudantes evocarem conhecimentos específicos acerca da representação de fórmulas moleculares de determinados materiais em estruturas de Lewis, percebendo as configurações eletrônicas mais estáveis por meio dos pares de elétrons livres no átomo central que, no caso do primeiro desafio, é o xenônio (Xe), uma vez que o objeto educacional a ser avaliado nesse desafio envolve conhecer a construção e representação da estrutura de Lewis de fórmulas moleculares que, na teoria, se configura, segundo Atkins, Jones e Laverman (2018), como exceção à regra do octeto. Assim, transcrevemos, a seguir, um trecho da conversação dos participantes E3 e E5 do Grupo 1:

1. E5: *esse aqui* (apontado para a fórmula molecular presente no frasco 1) *vai sobrar só um* (se referindo a um par de elétrons).
2. E3: *é fica só um mesmo. É então é o XeOF₄.*
3. E5: *esse daqui ó* (apontando para a estrutura de Lewis do XeOF₄ que desenhou).
4. E3: *esse daqui* (apontando para a estrutura de Lewis do frasco 2) *fica com 02 e esse aqui* (apontando para a estrutura de Lewis do frasco 3) *fica com 02 também.*

Nesse trecho, podemos perceber que, pelo menos, os estudantes E3 e E5 – já que foram os únicos que verbalizaram – compreenderam o enunciado do desafio, isto é, representar a estrutura de Lewis a partir das fórmulas moleculares presentes nos frascos localizados dentro do armário. Ou seja, desenhar a estrutura de Lewis do oxitetrafluoreto de xenônio (XeOF₄ – localizado no frasco 1), tetrafluoreto de xenônio (XeF₄ – localizado no frasco 2) e oxidifluoreto de xenônio (XeOF₂ – localizado no frasco 3) e apontar a quantidade de elétrons livres e/ou desemparelhados no átomo de xenônio, que é o átomo central. Assim, percebemos, conforme nossas anotações em diário de campo, que o estudante E5 desenhou corretamente a estrutura de Lewis de XeOF₄ e verificou que nela sobriam apenas um par de elétrons livres no átomo central que, como dito no bilhete encontrado, é o xenônio. Confirmando a resposta de E5, temos o estudante E3, que também desenhou a estrutura corretamente em sua prancheta, além de representar a estrutura de Lewis de XeF₄ que estava localizada no rótulo do frasco 2 e de XeOF₂ que estava representada no frasco 3. Ao fazer essas representações, E3 constatou que a estrutura dos frascos 2 e 3 ficava com dois pares de elétrons em cada um dos átomos de xenônio da fórmula molecular.

Assim, podemos inferir que E3 e E5 têm conhecimentos específicos acerca da representação das estruturas de Lewis de fórmulas moleculares, cujos elementos químicos presentes nelas estão localizados após o segundo período da tabela periódica, o que seria para Atkins, Jones e Laverman (2018) uma exceção à regra do octeto, em termos didáticos.

Assim sendo, inferimos que os estudantes E3 e E5, nos turnos 3 e 4, demonstraram ter conhecimento específico de construir e representar a estrutura de Lewis de determinadas fórmulas moleculares. Ainda sobre o primeiro desafio, o grupo 2 manteve o seguinte diálogo:

1. E6: *então é o menor número de pares de elétrons?*
2. E8: *o menor número de pares de elétrons isolados no xenônio.*
3. E9: *esse daqui (se referindo ao XeOF_4) vai fazer uma dupla com o "O" e mais quatro ligações com o flúor, pelo que eu... o menor pares de elétrons.*
4. E6: *pares de elétrons.*
5. E9: *no xenônio.*
6. E9: *ele (se referindo ao XeOF_4) faz quatro ligações e uma dativa com o oxigênio.*
7. E6: *aqui (se referindo ao XeF_4) todos se ligam e sobrou 02 pares.*
8. E9: *e nesse daqui (se referindo ao XeOF_4) também sobrou 02.*
9. E10: *sobrou tudo 02?*
10. E9: *não. aqui (se referindo ao XeOF_4) é só um.*
11. E6: *é aqui (se referindo ao XeOF_4) é só um.*

Nesse trecho, podemos perceber que os estudantes E6 e E8 tomam consciência da ação solicitada pelo desafio, isto é, encontrar a fórmula de Lewis dentre as três fórmulas moleculares com a menor quantidade de pares de elétrons livres no átomo de xenônio. De acordo com Piaget (2012), a tomada de consciência é oriunda da escolha e da esquematização representativa, o que já implica uma conceituação. Nesse caso, podemos perceber, no turno 6, que E9 entende o desafio proposto pelo RPG conceituando uma possível resposta por meio da esquematização de que a fórmula XeOF_4 faz quatro ligações e uma ligação "dativa" com o elemento oxigênio. Assim, o autor explica que essas esquematizações para a tomada de consciência e a condensação das ações em uma totalidade representativa envolve em um único ato as sucessões temporais que conduzem à formulação de termos novos ao problema para que os esquemas presentes nas ações sejam transformados em conceitos móveis suscetíveis a serem compreendidos e representados.

Na realidade, Piaget (2012) explica que a esquematização é feita interiormente e é uma conceituação com tudo o que engloba as transformações dos esquemas em noções propriamente ditas, por mais simplistas que sejam. Desse modo, o fato de o estudante utilizar a expressão "ligação dativa", que atualmente não é mais utilizada pelos estudos sobre teoria da ligação, não impede que o estudante esquematize o enunciado do desafio, interiorize os esquemas presentes no desafio para conceituar uma possível resposta ao desafio e manifestá-la de forma verbal. É válido esclarecer que esquemas na epistemologia genética de Piaget são, segundo Piaget (2017), um organizador da ação cognitiva e faz menção ao que é possível ser generalizado por meio de uma atividade, e tem por objetivo

tornar conhecidos os resultados da experiência. Desse modo, a noção de esquema desenvolve um papel primordial na explicitação do desenvolvimento cognitivo de um determinado estudante.

Durante a participação dos estudantes nesse trecho do jogo, percebemos, por meio das nossas anotações em diário de campo, que os estudantes E6 e E9 desenharam em suas pranchetas as estruturas de Lewis de XeF_4 e XeOF_4 , respectivamente. Dessa forma, tais estudantes notaram que as duas estruturas anteriormente citadas tinham dois pares de elétrons livres, conforme podemos perceber por meio das suas falas nos turnos 7 e 8. Contudo, tal percepção por parte de E9 está incorreta, uma vez que a estrutura de Lewis de XeOF_4 terá apenas um par de elétrons livres no átomo central de xenônio. Mas, isso foi percebido no turno 10 pelo participante E9, que se autocorrigiu afirmando que tal estrutura deve ter um par de elétrons livres em seu átomo central.

Baseado nisso, inferimos que o jogo de RPG que os estudantes participaram pode possibilitar aos estudantes uma prática de autocorreção durante o seu decorrer, haja vista que, a todo momento, os estudantes precisam analisar e discutir as possibilidades de modo a não cometer um erro e errar a senha que libera a pessoa que está presa necessitando de ajuda. Essa autocorreção é entendida por Piaget (1976) como regulação. Fala-se de regulação, de acordo com esse autor, quando a retomada X' de uma ação X é diferenciada pelos resultados de X , portanto ocorre quando um efeito oposto dos resultados de X sobrepõe seu novo desenvolvimento de X' . De forma mais clara, Piaget (1976) destaca que toda regulação é uma reação a uma perturbação, a recíproca só se verifica parcialmente: não poderíamos falar de regulação quando a perturbação provoca simplesmente uma repetição da ação, sem qualquer mudança, e com a ilusória esperança de ser melhor sucedida (como ocorre tão frequentemente com a criança); ainda menos quando o obstáculo leva, ao cessar da ação, nem mesmo quando o sujeito, interessado por um aspecto imprevisto da perturbação, empenha sua atividade numa outra direção.

Baseado nisso, a regulação pode se manifestar por meio da correção de um determinado conceito proposto de forma equivocada (X') ou pelo seu reforço, contudo, neste caso, há possibilidade de aumento do equívoco. No entanto, para que haja regulação, é preciso a intervenção de um regulador que como percebemos em E9 no turno 10, que se autorregulou por meio da conferência de sua resposta. Assim, entendemos que um jogo de RPG para o ensino de Química que seja capaz de proporcionar autorregulação nos estudantes pode conduzi-los a um alto grau de desenvolvimento cognitivo, pois os estudantes, ao fazerem a autorregulação, parecem buscar em suas estruturas cognitivas relações causais entre os conceitos e significados presentes no escopo do jogo. Além disso, inferimos que o jogo de RPG que possibilita autorregulação nos estudantes está fortemente amparado na função educativa.

Apresentaremos, agora, o seguinte diálogo oriundo da participação dos estudantes do grupo 1 no segundo desafio do jogo de RPG.

1. E2: *A partir das estruturas de Lewis que você desenhou no 1º desafio, organize o quebra-cabeças abaixo para prever a fórmula VSEPR das mencionadas estruturas. Quantas fórmulas são diferentes uma da outra?*
2. E2: *acho que é tipo uma combinação com essas letras aqui (apontando para as peças do quebra-cabeça representadas no quadro). Aí combina com E com A, né não?!*

3. E3: *não porque assim, pegando as primeiras estruturas (se referindo ao 1º desafio) o que tem um par de elétrons livres é o $XeOF_4$ então tem quantos ligantes? 05! Então seria AX_5E , porque ficou um par de elétrons, o E é o par de elétrons.*
4. E5: *“pera aí”, “pera aí”... primeiro me explica isso aqui. O “A” é o que?*
5. E3: *o A é o átomo central.*
6. E5: *que no caso é o X?*
7. E3: *não, é o Xenônio.*
8. E5: *então A é o Xenônio?!*
9. E3: *exatamente.*
10. E5: *e o X é o que?*
11. E3: *o X é o número de ligantes.*
12. E5: *que no caso são os ligantes?*
13. E3: *pode ser X_3 , X_3 ou X_4 .*
14. E5: *e o E?*
15. E3: *o E é o par de elétrons livres.*
16. E4: *que no caso é só 1.*

Esse trecho nos mostra que E2, ao ler o enunciado escrito no quadro branco (turno 1), consegue interpretá-lo no turno 2 e tem sua interpretação confirmada por meio da análise da extrapolação feita por E3 no turno 3. Em seguida, percebemos que E3 – nos turnos 5, 7 e 11 – foi explicando para E5 o significado de cada uma das letras pertencentes à fórmula VSEPR que estavam representadas no quadro branco (A, E e X). Assim, é possível inferir que E3 compreende os aspectos concernentes à teoria de repulsão dos pares de elétrons na camada de valência. Tal inferência pode ser verdadeira, uma vez que E3 compreende, de fato, o que explicou para o grupo nos turnos 5, 7 e 11, pois, de acordo com Atkins, Jones e Laverman (2018), a teoria VSEPR tem como fórmula geral AX_nE_m e é utilizada para identificar as diferentes combinações de átomos e pares isolados ligados ao átomo central, sendo que A é o átomo central, X o número de ligações no átomo central e E a quantidade de elétrons livres no átomo central.

Nessa perspectiva, percebemos que E3 tinha a compreensão sobre a teoria VSEPR, e essa compreensão pode estar relacionada aos processos de assimilação e acomodação da perspectiva piagetiana. Segundo Piaget (2024), a assimilação é um processo que atribui ao esquema significações e essa atribuição de significados propicia o surgimento de um sistema complexo de inferências, ou seja, assimilar é a associação acompanhada de uma inferência e é realizada do meio externo para o meio interno do indivíduo. Já a acomodação é, para esse autor, a diferenciação entre os últimos esquemas assimilados para complementar ou adicionar novos esquemas, isto é, tal processo ocorre do meio interno do sujeito para o meio externo, o contrário, portanto, da assimilação. Sendo assim, no segundo desafio presente no jogo de RPG, as peças do quebra-cabeça sob a forma de letras: A, X_3 , X_4 , X_5 , E e E_2 estavam desenhadas no quadro branco, e podem ser entendidas por E3 como: esquema, que aqui chamaremos de X. Logo, o referido estudante assimilou esse esquema X por meio da incorporação de tal esquema em sua estrutura cognitiva, fazendo com que

esse esquema fosse incorporado a um esquema pré-existente que nomearemos de X'. Esse esquema pré-existente pode ser oriundo dos estudos anteriores de E3. Ao assimilar X em X', a estrutura cognitiva de E3 deve ter acomodado X por meio da diferenciação de X com outro esquema qualquer (Y), uma vez que os processos de assimilação e acomodação ocorrem um na sequência do outro, pois, de acordo com Piaget (2013), a assimilação e a acomodação são os dois polos de uma interação entre o organismo e o meio, a qual é a condição de todo o funcionamento biológico e intelectual do sujeito. Baseado nisso, entendemos que o jogo de RPG mencionado possibilita os processos cognitivos de assimilação e acomodação, como explicitamos anteriormente. Mas pode propiciar, também, a equilibrção, haja vista que, segundo Montagero e Maurice-Naville (1998), a ideia de acomodação está relacionada à equilibrção, pois é comum haver como consequência dos processos cognitivos a equilibrção entre acomodação e assimilação. Esse processo de equilibrção pode ser visualizado na continuação do diálogo do grupo 1, no segundo desafio que transcrevemos a seguir:

1. E5: *então "bora" "pro" primeiro. O primeiro é o... como é o nome?*
2. E3: *XeOF₄. Que a gente fez as estruturas e descobrimos que tem um par de elétrons livres.*
3. E5: *no caso [...]*
4. E3: *então a fórmula dela seria, a fórmula VSEPR dele seria: A que é o xenônio.*
5. E5: *só um né?! (desenha no quadro a letra A)*
6. E3: *como tem 05 ligantes seria X₅ e o par de elétrons livres que é só 01.*
7. E5: *e no caso o E seria?*
8. E3: *o número de elétrons livres que a gente viu lá (se referindo a estrutura de Lewis) que tinha só 01. 01 par. 01 par.*

Percebemos, nesse trecho, que os estudantes E2, E3, E4 e E5 vão construindo as fórmulas VSEPR por meio de uma associação entre as fórmulas de Lewis representadas por eles no primeiro desafio. Isso é o que esperávamos, pois nosso objetivo é que a sequência de desafios vá percorrendo uma ordem de objetos de estudo do menos ao mais complexo. Dessa forma, no turno 2, o estudante E3 está colocando a fórmula molecular XeOF₄ para ser a primeira a ter sua fórmula VSEPR encontrada. Tal estudante menciona (turno 4) que o xenônio é representado pela letra A, como há cinco ligantes (quatro átomos de flúor e um de oxigênio representados na fórmula molecular), fica X₅ (turno 6), e como só há um par de elétrons livres no xenônio, temos o E, logo, percebemos, por meio de nossas observações e anotações em diário de campo, que o estudante E5 escreveu no quadro a fórmula AX₅E como fórmula VSEPR para o oxitetrafluoreto de xenônio. Da mesma forma, os estudantes propuseram as fórmulas VSEPR corretamente para as fórmulas moleculares XeOF₂ e XeF₄, que são AX₃E₂ e AX₄E₂, respectivamente. Nessa mesma direção, foram os estudantes do grupo 3, conforme nos mostra a transcrição a seguir:

1. E16: *"A partir das estruturas de Lewis que você desenhou no 1º desafio, organize o quebra-cabeças abaixo para prever a fórmula VSEPR das mencionadas estruturas. Quantas fórmulas são diferentes uma da outra?"*

2. E13: *eu juntaria as iguais e depois contaria as que não tem nenhum...eu pegaria os três A, dois E₂ e o resto eu pegaria e colocaria aqui (escreveu os três A seguidos e os dois E₂ embaixo dos A). Então daria 04 fórmulas.*
3. E14: *eu acho que são 3 fórmulas diferentes. Por que esse negócio na fórmula VSEPR o A é o átomo central, como o átomo central é o xenônio e só tem ele então o A seria o átomo central, então só tem 3 A, então são 3 átomos centrais aí é só fazer a formação com o X e o E. O E é os elétrons e o X é os ligantes. Então são 3 fórmulas diferentes por causa que é AX₄E₂, AX₅E e AX₃E₂. Então são 3 fórmulas.*

Inferimos que, durante a construção das fórmulas VSEPR, pelos estudantes, a partir das estruturas de Lewis representadas no primeiro desafio, houve um processo de equilíbrio e novas assimilações que perturbaram o equilíbrio que se reestabilizou, podendo ter gerado aprendizagem sob a forma de compreensão. Piaget (2012) entende esse processo de reequilíbrio proveniente de uma perturbação por meio de uma nova assimilação em um equilíbrio como adaptação. Para Piaget (2012) a adaptação é a passagem de um equilíbrio menos estável a um equilíbrio mais estável entre a estrutura cognitiva do sujeito e o meio social em que vive. Isto é, uma realização de um equilíbrio progressivo entre a assimilação e a acomodação, mas não haverá adaptação se a nova assimilação impôs atitudes motoras ou mentais contrárias àquelas adaptadas anteriormente, de modo que só há adaptação se houver coerência na assimilação.

Dessa forma, nos baseando nesta afirmação de Piaget (2012) entendemos que o processo de adaptação proporcionado ao estudante E3 pode ter gerado aprendizagem sob a forma de compreensão, devido à sua capacidade de relacionar a estrutura de Lewis com a teoria VSEPR para prever as fórmulas dessa teoria. Sendo assim, far-se-á necessário destacar que E3 parece demonstrar compreensão acerca do assunto em questão (Teoria de Repulsão dos Pares de Elétrons na Camada de Valência).

Extraímos o seguinte trecho do terceiro desafio do jogo de RPG em que participaram estudantes do grupo 2:

1. E7: *deixa eu apertar aqui... Caroline é possível construir quantas representações moleculares existentes com a geometria molecular do tipo: trigonal piramidal, com as peças deixadas sob esta bancada? Então agora a gente vai ter que montar.*
2. E9: *vamos ter que montar as estruturas... aí lembrei que a trigonal piramidal [...]*
3. E7: *pode ser o NH₃.*
4. E7: *pode ser o NH₃?*
5. E9: *NH₃ pode ser. Piramidal é formada quando o átomo central apresenta um par de elétrons livres e com três ligantes. Então ela tem que ter um átomo central e três ligantes e um par de elétrons livres. A amônia é um exemplo, a geometria tem uma estrutura e a gente pode ter essa (se referindo ao PH₃)... então a gente pode montar 2.*
6. E7: *quantas pode montar?*
7. E9: *duas. É o segundo dígito que a gente tem. Mas, não sabemos em qual posição dos cinco está.*

Percebemos, no turno 2, que, quando E9 mencionou a estrutura trigonal piramidal, rapidamente E7 afirmou (turno 3) que poderia ser a molécula de amônia (NH₃). Logo em seguida, essa última estudante transformou sua afirmação em uma pergunta: *pode ser o*

NH_3 ? (tuno 4), que foi respondida positivamente por E9, que destacou que a geometria piramidal é formada quando há elétrons livres no átomo central e apresenta três ligantes, portanto, a amônia seria um exemplo, juntamente com a molécula de fosfina (PH_3), que essa estudante montou com as peças presentes na bancada do laboratório. Ao ser questionada, durante a entrevista, sobre: *por que você encontrou o número 2 lá no segundo desafio que vocês fizeram?*, E9 respondeu da seguinte forma:

1. E9: *porque quando a gente montou as estruturas deu duas possibilidades diferentes porque eram as duas possibilidades que tinham que ter a estrutura pirâmide trigonal. Trigonal piramidal. É trigonal piramidal. E as duas que tinham seria com a estrutura parecida com a da amônia que é com três ligantes e um átomo central e um par de elétron "livre" e (isso) encaixa certinho na quantidade de peças do modelo molecular (que tinha na bancada).*

Nessa perspectiva, vemos que E9 relacionou a quantidade de ligantes do átomo central da molécula com a quantidade de elétrons livres nesse átomo para predizer a geometria das moléculas. Assim sendo, inferimos que, tanto E3 como E9, aplicaram seus conhecimentos de representação de estruturas de Lewis e da teoria VSEPR para apontar a geometria esperada de determinadas moléculas, pois é nítido perceber que tais estudantes fizeram essas correlações na forma de sistematização oral para o grupo e chegar à resposta esperada. Desse modo, inferimos que o conhecimento específico de representação das estruturas de Lewis e a compreensão das particularidades da teoria da repulsão dos pares de elétrons na camada de valência podem ter sido entendimentos primordiais à previsão das geometrias moleculares no terceiro desafio. Para Bloom et al. (1974), em determinado problema, o estudante deve aplicar as abstrações apropriadas sem que lhe tenha sido dito quais são essas abstrações para que ele demonstre desenvolvimento cognitivo no nível operacional. Para Piaget (2008), essas abstrações consistem em retirar de uma classe de objetos suas características comuns, ou seja, é a simples extração de qualidades inerentes a um determinado objeto para que o esquema se forme e ocorra a assimilação deste. Mas é importante esclarecer, como nos explica Bloom et al. (1974), que a abstração não é garantia de entendimento sobre um objeto qualquer, atua como possibilidade para propiciar a resolução de um problema por meio do domínio cognitivo da aplicação.

Da mesma forma, conforme Soares (2018), a aprendizagem não é garantia na epistemologia genética de Jean Piaget, uma vez que pode ocorrer no estudante o processo de assimilação, mas não acomodação, inviabilizando o desequilíbrio dessa adaptação que poderia levar à aprendizagem. Para Soares (2018), no caso do jogo haverá sempre um primado da assimilação sobre a acomodação, principalmente nos dois primeiros estágios de desenvolvimento. Isto é, o sujeito, por meio do jogo, pode vir a assimilar uma série de conteúdos/conceitos, mas o jogo em si não causa a diferenciação progressiva necessária para a acomodação. No entanto, Soares (2018) pontua que o jogo pode ser uma atividade a ser assimilada pelo sujeito, enquanto, externamente, diversas outras características tratam de transformar aquilo que lhe foi assimilado por meio de diversas diferenciações. Logo, para promover o equilíbrio entre assimilação e acomodação e, posterior deslocamento desse equilíbrio e, conseqüentemente, aprendizagem é necessário permitir ao jogador/estudante assimilar as aplicações e/ou informações disponíveis no jogo à medida que esse evolui.

Assim, inferimos que, para que ocorra a resolução de um problema, é necessário que o assunto presente no escopo desse problema já esteja acomodado e, por sua vez, equilibrado na estrutura cognitiva do estudante. Dessa forma, será possível evocar as

abstrações presentes nesse equilíbrio para relacionar o assunto presente no desafio com o entendimento previamente existente na estrutura mental do estudante. Conforme nos explica Piaget (2024), o equilíbrio é uma realização progressiva entre a assimilação e a acomodação complementar, em que não há equilíbrio se as novas assimilações impõem esquemas contrários àqueles que haviam sido adotados no contato prévio com esquemas anteriores, isto é, só existe equilíbrio se houver coerência na assimilação por meio da abstração de um determinado esquema.

Considerações Finais

Ao finalizar este texto inferimos que ele pode contribuir com a comunidade de pesquisadores em Educação Química que estudam os jogos de RPG no sentido de desvelar três dimensões, a saber: i) elaboração de uma aventura de RPG como propiciadora da aprendizagem em Geometria Molecular; ii) perspectiva epistemológica genética para compreender a aprendizagem de temáticas envolvendo a Química; e iii) aventura de RPG como possibilidade para abstração e equilíbrio de conceitos químicos.

No que se refere à primeira dimensão, percebemos que uma aventura de RPG, contendo em seu escopo desafios que envolvam diversos conhecimentos químicos do menor ao maior nível de complexidade (dentro de um mesmo assunto) pode possibilitar a aprendizagem de tais conhecimentos, pois pode fazer com que os estudantes estejam imersos no “mundo do jogo”, utilizando seus conhecimentos ancorados em sua estrutura cognitiva por meio dos esquemas de ação para chegar ao objetivo final do jogo, o que mobiliza os processos de assimilação, acomodação e equilíbrio que, por sua vez, estão relacionados com o desenvolvimento cognitivo.

Em relação à segunda dimensão, entendemos que o jogo de RPG: “Um Crime na Purdue Produtos Químicos”, possibilitou uma análise com base na epistemologia genética de Jean Piaget no que se refere à Epistemologia Genética, pois foi possível fazer inferências em relação aos conceitos de esquematização, assimilação, acomodação, equilíbrio e até reequilíbrio. Isso nos mostra a importância e necessidade da utilização de jogos educativos como os de RPG para explicar teoricamente processos relacionados à aprendizagem de Química.

Já a terceira dimensão envolveu a capacidade de mobilizar nos estudantes processos de abstração de conhecimentos químicos para resolver os problemas dispostos na aventura de RPG, o que é importante, haja vista que essa abstração nos faz inferir que o processo de assimilação, acomodação e, logo, equilíbrio pode ter ocorrido. Dessa forma, entendemos que o jogo de RPG pode ser capaz de propiciar a aprendizagem devido as suas características como, por exemplo, evasão da vida real, divertimento, prazer, alegria, o que pode fazer com que os estudantes se sintam motivados e dispostos a evocar determinadas abstrações para solucionar desafios que, talvez, não seriam evocados em uma aula tradicional, por exemplo.

Por fim, sabemos que esta pesquisa tem as suas limitações como, por exemplo, o recorte da pesquisa, a aplicação do jogo em somente 5 grupos, as não verbalizações de todos os estudantes durante a participação no jogo, entre outras. Contudo, ela traz implicações no sentido de incentivar outros pesquisadores e estudantes a se debruçarem sobre as relações entre a epistemologia genética e os jogos de RPG para avançar nos pontos em que fomos limitados, atingindo, portanto, outros resultados que certamente serão de grande impacto e interesse para a área de Educação em Química.

Referências

- Amaral, R. R.; Bastos, H. F. B. N. (2011). O Roleplaying Game na sala de aula: uma maneira de desenvolver atividades diferentes simultaneamente. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11(1), 103-122. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4126>
- Atkins, P.; Jones, L.; Laverman, L. (2018). *Princípios de Química: questionando a Vida Moderna*. Porto Alegre: Bookman.
- Bardin, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Bloom, B. S.; Engelhart, M. D.; Furst, E. J.; Krathwohl, D. R. (1974). *Taxionomia de Objetivos Educacionais*. Porto Alegre: Globo.
- Cavalcanti, E. L. D. (2018). *Role Playing Game e Ensino de Química*. Curitiba: Appris.
- Cavalcanti, E. L. D.; Soares, M. H. F. B. (2009). O Uso de Jogos de Roles (roleplaying game) como Estratégia de Discussão e Avaliação do Conhecimento Químico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 255-282. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen08/ART14_Vol8_N1.pdf
- Cook, D. H. (2014). Conflicts in Chemistry: The Case of Plastics, A Role-Playing Game for High School Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1580-1586. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed4007277>
- Costa, H. R.; Souza, A. R. (2017). A produção de significados no modelo quântico por meio de ferramentas socioculturais: uma proposta analítica da aprendizagem. *Ensino & Multidisciplinaridade*, 3, 17-37. <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ens-multidisciplinaridade/article/view/14788>
- López-Fernández, M. M.; González-García, F.; Franco-Mariscal, A. J. (2021). Should We Ban Single-Use Plastics? A Role-Playing Game to Argue and Make Decisions in a Grade-8 School Chemistry Class. *Journal of Chemical Education*, 98(12), 3947-3956. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.1c00580>
- Mendez, J. D. (2023). Chemistry and Chaos: A Role-Playing Game for Teaching Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 100(6), 2442-2445. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c01235>
- Montangero, J.; Maurice-Naville, D. (1998). *Piaget ou a Inteligência em Evolução*. Porto Alegre: Artmed.
- Piaget, J. (1976). *A Equilibração das Estruturas Cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Piaget, J. (2013). *A Psicologia da Inteligência*. Petrópolis: Vozes.
- Piaget, J. (2008). *A Representação do Mundo na Criança*. São Paulo: Ideias e Letras.
- Piaget, J. (2012). *Epistemologia Genética*. São Paulo: Martins Fontes.
- Piaget, J. (2024). *O Nascimento da Inteligência na Criança*. São Paulo: LTC.

- Rodrigues, S. (2004). *Roleplaying Game e a Pedagogia da Imaginação no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand.
- Silva, C. S.; Soares, M. H. F. B. (2022). Jogos na Educação em Química: uma Pesquisa Bibliográfica em um Periódico Científico Brasileiro entre 1995 e 2021. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 17(2), 1-14. <https://reiec.unicen.edu.ar/reiec/article/view/327>
- Soares, M. H. F. B. (2018). Sobre o Jogo e suas possíveis relações com a Epistemologia Genética de Jean Piaget: em um Tabuleiro de Xadrez. In: Cleophas, M. G.; Soares, M. H. F. B. (Org.). *Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências*, São Paulo: Livraria da Física, 235-248.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman.
- Zanini, M. C. (2004). *RPG e Educação*. São Paulo: Devir.