

ARTÍCULO



APLICACIÓN DE UN JUEGO DE RPG PARA LA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE EN GEOMETRÍA MOLECULAR SEGÚN LA TAXIONOMÍA DE OBJETIVOS EDUCATIVOS

Cleberson Souza da Silva¹<http://orcid.org/0000-0001-8899-4676>Eduardo Luiz Dias Cavalcanti²<http://orcid.org/0000-0001-5104-8280>

RESUMEN:

El Juego de *Role Playing Game* (RPG) es un juego educativo que consiste en crear ficción y interpretar personajes que se ayudan entre sí para resolver un determinado objetivo. Así, este artículo tuvo como objetivo aplicar un juego de RPG, analizando cómo puede actuar como instrumento de recolección de datos, despertando el dominio de la evaluación, según la Taxonomía de Objetivos Educativos, en estudiantes de un curso de formación de profesores de Química. Para ello se realizó una investigación cualitativa de estudio de caso, en la que veintinueve estudiantes de un curso de formación docente de Química participaron de un juego de RPG y su participación fue registrada en un audio que fue transcrito y analizado mediante la técnica de Análisis de Contenido. De esta manera, el elaborado juego de RPG logró despertar en los estudiantes habilidades relacionadas con el dominio: la evaluación, lo que hace de los juegos de RPG una posibilidad de recolección de datos para evaluar el aprendizaje de conceptos científicos.

Palavras-chave:

Juego de RPG;
Geometría
Molecular;
Evaluación del
Aprendizaje;
Taxonomía de
Objetivos
Educativos;
Taxonomía de
Bloom.

Jogo de RPG para a Avaliação da Aprendizagem em Geometria Molecular segundo a Taxionomia dos Objetivos Educacionais

RESUMO:

O *Role Playing Game* (RPG) é um jogo educativo que consiste em criar ficção e interpretar personagens que se ajudam entre si para resolver um determinado objetivo. Assim, este artigo teve como objetivo aplicar um jogo de RPG, analisando como ele pode atuar como instrumento de coleta de dados, despertando o domínio da avaliação, segundo a Taxonomia de Objetivos Educacionais, em licenciandos de um curso de Licenciatura em Química. Para tanto, foi realizada uma investigação qualitativa de estudo de caso, em que vinte e nove estudantes de um curso de formação de professores de Química participaram de um jogo de RPG e sua participação foi gravada em áudio que foi transcrito e analisado através da técnica de Análise de Conteúdo. Dessa forma, o jogo de RPG elaborado conseguiu despertar nos estudantes habilidades relacionadas ao domínio: avaliação, o que faz dos jogos RPG uma possibilidade de coleta de dados para avaliar a aprendizagem de conceitos científicos.

Palabras-clave:

Jogo de RPG;
Geometria
Molecular;
Avaliação da
Aprendizagem;
Taxonomia de
Objetivos
Educacionais;
Taxonomia de
Bloom.

¹ Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)² Instituto de Química (IQ) da Universidade de Brasília (UnB)

Application of an RPG game for Learning Assessment in Molecular Geometry according to the Taxonomy of Educational Objectives

ABSTRACT:

The Role-Playing Game (RPG) is an educational game that consists of creating fiction and interpreting characters who help each other to solve a given objective. Thus, this article aimed to implement an RPG game, analyzing how it can function as a data collection instrument, fostering the evaluation domain according to the Taxonomy of Educational Objectives, among undergraduate students in a Chemistry Teacher Education program. To this end, a qualitative case study was conducted in which twenty-nine students from a Chemistry Teacher Education course participated in an RPG game. Their participation was audio-recorded, transcribed, and analyzed using Content Analysis techniques. In this way, the developed RPG game was able to foster in the students skills related to the evaluation domain, which makes RPG games a potential tool for data collection to assess the learning of scientific concepts.

Key words:

RPG Game;
Molecular
Geometry; Learning
Assessment;
Taxonomy of
Educational
Objectives; Bloom's
Taxonomy.

INTRODUCCIÓN

El juego educativo según Cleophas *et al.* (2018) es una imitación del juego *estricto sensu* y según Soares (2023) ha sido muy utilizado en la enseñanza de la Química como podemos ver en Cuello *et al.* (2023), Debit *et al.* (2024), González-Robles y Vázquez-Vílchez (2022), Hobsteter *et al.* (2023), Ling *et al.* (2024) Sánchez-Martín *et al.* (2020) y en Silva y Soares (2021) ya que posibilitan un aprendizaje lúdico, activo, sin presiones, divertido y más cercano a la realidad de los estudiantes. Según Silva y Cavalcanti (2024), es debido a estas características que brindan los juegos educativos que han sido ampliamente utilizados en la enseñanza de la Química. Así, son inúmeros los tipos de juegos que pueden ser utilizados en el cotidiano de la clase de Química como, por ejemplo, juegos de tablero, juegos de cartas, bingos, barajo, electrónicos, *Escape Room* e *Role Playing Game*, entre otros.

Así, la investigación que dio origen a este artículo tuvo como objetivo aplicar un juego de RPG, analizando cómo este puede actuar como instrumento de recolección de datos, despertando el dominio de la evaluación, según la Taxonomía de Objetivos Educativos, en los estudiantes. Para ello, la pregunta de investigación de este trabajo es: ¿Cómo se puede utilizar un juego de RPG educativo como instrumento de recolección de datos sobre Geometría Molecular entre estudiantes de Química? Y para llegar a una posible respuesta a esta pregunta, enumeramos tres objetivos específicos para este estudio, a saber: *a)* desarrollar un juego de RPG educativo basado en la Taxonomía de Objetivos Educativos para ser utilizado como instrumento de recolección de datos sobre Geometría Molecular; *b)* describir cada uno de los desafíos del juego de RPG; y *c)* analizar crítica y reflexivamente algunas partidas de juegos de RPG. De esta manera, este trabajo se divide en cuatro partes. La primera parte presenta un *Marco Teórico* sobre la definición de juego educativo de RPG y su uso en la enseñanza de la Química como instrumento para recolección de datos de aprendizaje. La segunda parte está compuesta por *Metodología* y describe los pasos metodológicos de la investigación que dio origen a este artículo. Los *Resultados y Discusión* (tercera parte) presenta los principales resultados y algunas discusiones sobre los datos que recopilamos. La cuarta parte se denomina *Conclusiones y Implicancias* y concluye este texto presentando las principales implicaciones y limitaciones del uso del RPG actuando como instrumento de recolección de datos.

Entendemos que el problema definido es importante, ya que pretende ayudar a profesores y estudiantes de Química a organizar los parámetros de evaluación del aprendizaje para comprender sus limitaciones y potencialidades a través de la Taxonomía de Objetivos Educativos. Desde esta perspectiva, este estudio se justifica y presenta originalidad en el área de la Enseñanza de las Ciencias, en particular, en la Enseñanza de la Química, ya que se desarrolló un juego RPG con desafíos que involucran diversas habilidades educativas evaluativas para el aprendizaje de temas relacionados con la Geometría Molecular que, según Silva y Soares

(2022) los estudios que involucran este tema y el RPG todavía son escasos en la literatura. A continuación, presentaremos el Marco Teórico con las principales particularidades del juego de RPG y de la Taxonomía de Objetivos Educativos.

MARCO TEÓRICO

El Juego de RPG

El juego de RPG, como explica Rodrigues (2004), es un juego de producción de ficción en el que una aventura es propuesta por un narrador principal, llamado maestro, e interpretada por un grupo de jugadores llamados protagonistas, personajes secundarios y personajes no jugables. La acción vivida durante el juego puede transcurrir en diferentes mundos, como el medieval fantástico, el de terror, el actual, el futurista, etc. Según el citado autor, los juegos de RPG surgieron en Estados Unidos, a principios de los años 1970, a través de la evolución de los juegos de guerra, influenciados por la literatura de John Ronald Reuel Tolkien (1892-1973), conocido como el padre de la literatura fantástica. En este contexto, Cavalcanti (2018) afirma que una empresa llamada TSR, que trabajaba en Estados Unidos con el desarrollo de juegos, creó, inspirándose, como vimos, en los juegos de guerra y la literatura de Tolkien, un complemento para un juego de miniaturas ya existente. En su momento, este suplemento pasó a ser conocido como *Dungeons & Dragons* (D&D) y, luego, apareció el primer juego RPG en ese país. Respecto a la llegada del RPG a Brasil Cavalcanti (2018) explica que recién llegó en 1980; sin embargo, sólo en algunas librerías de las ciudades de São Paulo y Río de Janeiro y en su versión original, es decir, en inglés. Recién a principios de la década de 1990 fue posible, según Cavalcanti (2018), encontrar D&D traducido al portugués en algunas librerías brasileñas.

En 1994, según Cavalcanti (2018), la Escuela de Comunicación y Arte de la Universidad de São Paulo (USP) produjo, por primera vez en Brasil, una radionovela en la línea de un RPG, en la que las aventuras se desarrollaban narraba y en determinados momentos los oyentes eran invitados a participar, vía llamada telefónica, dando su opinión sobre cómo debían ocurrir las situaciones de la trama narrada. Ya en 1997, el citado autor afirma que, inspirados en este tipo de radionovelas, comenzaron a surgir en nuestro país juegos de rol nacionales, así como la especialización de ilustradores, traductores y editores de arte en la traducción de reglamentos de rol apropiados para el mercado brasileño. El principio de este tipo de libros es enseñar a producir ficción en grupo de forma oral, en forma de juego, ya que los RPG son una mezcla de fantasía con la costumbre tradicional de contar historias, es decir, un entrelazamiento de la literatura con guiones de televisión y cine, que permite a miles de niños, jóvenes y adultos movilizarse para producir y/o participar en aventuras que pueden vivirse en días, semanas o meses.

Silva e Cavalcanti (2024) también destaca que el RPG, como todo juego, tiene reglas, que son las de la narrativa. Los detalles del escenario y la trama se encuentran en las verbalizaciones orales de los jugadores de RPG, pero antes fueron puestos en escena por autores de los más diferentes géneros. Estos autores son a la vez, los protagonistas y los guionistas de la ficción producida en el grupo que participa en la aventura RPG; Por lo tanto, el RPG es un juego donde no hay ganadores ni perdedores entre quienes juegan, y cuando los hay, son una necesidad para construir la historia que se desarrolla en la aventura RPG. Esto es positivo para los RPG como juego educativo formal, ya que asumirá la característica de no competitividad centrada en ganar por ganar, teniendo por tanto un fin en sí mismo. Soares (2023), afirma que cuanto menos un juego educativo formalizado permita la no competitividad en el aula, mayor será la posibilidad de que este juego actúe como cooperativo a través de las relaciones sociales entre quienes juegan, despertando el interés por aprender los contenidos presentes en el ámbito del juego.

En el juego RPG, los jugadores asumen, según Cavalcanti e Weber (2021), la identidad de un personaje y la interpretan a lo largo del desarrollo de la aventura. Este personaje es construido por cada jugador utilizando una hoja en la que se describen los atributos, personalidades, poderes, ventajas y desventajas del personaje. Según el autor, estas láminas son decisivas para el desarrollo de la narración y, por tanto, los personajes no pueden construirse de forma maniquea, por el contrario, los personajes deben presentar principalmente desventajas, ya que este elemento sintoniza, de manera especial, el juego haciéndolo más complejo para permitir explorar a fondo el conjunto de características de un personaje determinado.

Además de los jugadores, en los RPG existe la presencia del maestro que es el narrador principal y el director de cada escena, es decir, el game master es alguien que lee los libros de reglas, investiga los escenarios

en el que se desarrollará la aventura, los personajes, posibles antagonistas o aliados, así como los caminos que puede seguir la narrativa en el escenario y condiciones propuestas. Aún según el autor, el maestro es quien inicia el juego describiendo el lugar donde se desarrolla la aventura, las características de los personajes, llevando la historia hasta el punto en que los jugadores comienzan a actuar y planteando dificultades y sorpresas para los jugadores para resolverlos.

El RPG, como juego que produce una ficción, tiene, como explica Rodrigues (2004), sus ancestros en el campo de la narrativa épica, en el mito, en las leyendas, en los y en el cuento maravilloso, ya que el RPG presenta: a) la trama de una aventura; b) trama entrelazada con escenarios o elementos fantásticos; c) protagonistas que tienen atributos inusuales, actuando, en muchas de las narrativas, fuera de los límites de la vida cotidiana; y d) desarrollo de la trama a partir de un pacto ficticio entre productores/jugadores y asistentes/lectores, que elimina la extrañeza frente a elementos no realistas del mundo en cuestión.

Rodrigues (2004) añade a estos aspectos del RPG las particularidades del sincretismo religioso, ya que, en la ficción, también hay presencia de elementos de la vida real, como, por ejemplo, la religión y otras creencias diversas, así como la cultura local y las emociones humanas. Actualmente existen varios tipos de juegos RPG que, cada vez más, aunque se desarrollan en un mundo ficticio, permean la localidad y situación actual de los jugadores y según Cavalcanti y Soares (2009), los juegos de RPG han sido adoptados como una herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza y aprendizaje, aunque aún de forma aislada y experimental, ya que todo este incentivo para la inclusión de nuevos materiales didácticos en la educación, desde el movimiento Escola Nova, está demostrando claramente que el juego, además de ser una actividad lúdica para niños, adolescentes e incluso adultos, también tiene un potencial educativo que puede proporcionar un aprendizaje efectivo, además de más emocionante y placentero. que los llamados tradicionales.

Corroborando esta idea, Zanini (2004) destaca que, en un mundo en rápida transformación, la escuela como microcosmos de la sociedad no puede permanecer refractaria a lo que sucede en la sociedad ni, por tanto, sería posible. Por ello, la escuela, según el citado autor, debe actualizar sus métodos y materiales didácticos, adaptándose a la transmisión de la cultura acumulada por la humanidad a las nuevas formas de percibir y sentir entre nuestros alumnos. Desde esta perspectiva, Amaral y Bastos (2011) afirman que, en una sociedad donde los niños buscan respuestas ya preparadas y no se sienten animados a pensar, los juegos de rol se vinculan a la educación, al exigir a sus jugadores un razonamiento lógico, articulado y explicado. a través de discursos dirigidos a diferentes participantes, constituye una actividad de gran importancia para el desarrollo social e intelectual de nuestros estudiantes. Sin embargo, según Zanini (2004), para que los juegos de RPG sean utilizados con fines educativos, es necesario definir objetivos educativos claros y concisos que deben permear la misión de la escuela, así como el acto pedagógico del docente.

Por tanto, en relación al uso de RPG en el contexto educativo, Marcondes (2004) describe las siguientes ventajas:

I.expresión oral, que se ejercita a lo largo del juego, ya que los personajes describen continuamente sus acciones;

II.expresión corporal, que se utiliza para mejorar la interpretación de las acciones de los personajes durante el juego;

III.las pistas contenidas en la aventura, que son, en realidad, extractos de textos para su lectura y determinación de actitudes, así como para la resolución de problemas;

IV.el privilegio de las acciones grupales, ya que para ganar también debe ganar el otro jugador, a partir de soluciones colectivas; y

V.los contenidos disciplinares o interdisciplinares que se desarrollan durante el juego, rompiendo las dificultades y resistencias del alumno al aprendizaje, estimulando también el razonamiento rápido, la capacidad de interpretación, la escritura y la capacidad de toma de decisiones.

En la Educación en Ciencias los juegos de RPG han sido ampliamente utilizado, pues según Amaral y Bastos (2011), es una actividad social, en la que los elementos participantes contribuyen a la construcción, en común, de una narrativa de aventuras, observamos en el día a día de esta práctica, varios momentos de interacción de conocimientos, ya sean científicos o no. Esta interacción suele producirse mediante la intervención de los jugadores sobre el discurso o la acción de sus compañeros de juego, lo que puede ser en un

intento de considerar mejor las posibles consecuencias de un discurso mal colocado o de una acción realizada sin la debida atención por parte de sus personajes, o incluso buscando explicar el contexto de una escena narrada por el director del juego, entre muchas otras posibilidades.

Esta actividad de RPG social permite un carácter totalmente cooperativo, ya que los jugadores sólo conseguirán el objetivo de un juego determinado si permanecen unidos y se ayudan unos a otros. Además, los autores antes mencionados resaltan que el potencial observado en el juego RPG para atender simultáneamente las diferentes demandas que se encuentran en el aula de Ciencias es grande, ya que es posible llevar a cabo la aventura RPG, que puede abarcar o no diferentes contenidos, con diversos grupos de estudiantes, que trabajan juntos para permitir el éxito del juego, llevándolos así a un posible aprendizaje.

El RPG en Educación en Ciencias también permite al estudiante, según Cavalcanti y Soares (2009), discutir ampliamente diversos conceptos científicos mientras juega, de modo que el concepto que muchas veces no es claro para el estudiante comienza a tener un significado cuando discute con los demás actores, además de las diversas intervenciones del maestro, profundizando las discusiones y llevando al alumno a un mejor uso del concepto antes mencionado y su consiguiente comprensión. Por lo tanto, es importante que los maestros de la aventura a utilizar en las clases de Ciencias sean profesores de Ciencias y que conozcan bien los contenidos a trabajar en el juego para superar posibles errores y/o errores conceptuales durante los juegos de RPG como podemos ver en Cruz *et al.* (2016) que crearon una aventura de RPG combinada con Química Forense, en la que estudiantes de 3 clases del noveno año de la Educación Primaria de una escuela brasileña debían investigar, siendo los propios estudiantes los investigadores, un crimen de ficción dirigida al aprendizaje de conceptos relacionados con Reacciones Químicas.

En Cavalcanti *et al.* (2017), los autores exploraron la creación, desarrollo y aplicación, en una clase del 6º período de un curso de formación docente en Química de la Universidad de Brasilia, de una aventura de RPG, en la que la historia contada era un ataque a un diputado que afirmó haber sido víctima de un intento de asesinato. Para saber qué había ocurrido realmente con la víctima, los estudiantes debían hacer uso de algunas Técnicas de Análisis Físico-Químico y Analítico estudiadas durante la carrera de Química, de esta manera el juego funcionó como un instrumento de evaluación en relación a lo que los estudiantes conocían los análisis antes mencionados.

Oliveira *et al.* (2017) construyeron un juego de RPG electrónico en el software *RPG Maker VX* con el título: *Um Passeio na Indústria de Laticínios*, para ser jugado por estudiantes de Química del curso técnico en alimentos. En esta aventura RPG, los estudiantes interpretan a un joven rico, hijo del dueño de una pequeña industria láctea, que se ve obligado a asumir la presidencia de la fábrica, tras la muerte de su padre, y se da cuenta de que no prestó atención a la situación medioambiental y, por tanto, se enfrenta a algunos problemas relacionados con la contaminación ambiental, problema que ya fue advertido por los pescadores y agricultores locales, que pidieron soluciones para acabar con la contaminación provocada por los efluentes de las fábricas vertidos directamente al río sin ningún tratamiento y por la contaminación del aire, provocada por la quema de madera utilizada en las calderas de la fábrica, que generó lluvia ácida que destruyó los cultivos de los agricultores locales. Considerando esta aventura, Oliveira *et al.* (2017) utilizaron este RPG para repasar conceptos de Química, como la Lluvia Ácida y la Contaminación Ambiental, sin embargo, los autores antes mencionados afirman que la aventura de RPG también se puede utilizar para fortalecer el aprendizaje de los conceptos antes mencionados en clases que aún no había sido estudiado.

En cuanto al uso de RPG en la Enseñanza de las Ciencias, otro ejemplo lo dan Cavalcanti y Weber (2021), quienes, desde 2014, desarrollan, en la Universidad de Brasilia, un proyecto de extensión titulado: *Juegos y Actividades Lúdicas en el Contexto de la Química Forense*, que tiene como objetivo posibilitar la discusión y el consecuente aprendizaje efectivo de conceptos de Química. Para ello, los autores antes mencionados diseñaron y crearon los siguientes juegos de RPG: i) La siguiente pista; ii) Pruebas; iii) 3 Verdades y 1 Mentira; y iv) Robo a Bancos. En todos estos juegos, según Cavalcanti y Weber (2021), se narraba detalladamente una situación problemática, en la que los estudiantes de un curso de formación docente en Química de la citada universidad debían utilizar sus conocimientos en los más diversos temas relacionados con esta área para resolver la situación dada.

En el caso particular de la enseñanza de la Química el juego de RPG permite al estudiante, según Cavalcanti y Soares (2009), discutir diferentes conceptos científicos durante el juego, de modo que el concepto que muchas veces no es claro para el estudiante comienza a tener un significado. cuando lo discute con los demás jugadores, además de las diversas intervenciones del narrador del juego, profundizando las discusiones y llevando al alumno a un mejor uso del concepto antes mencionado y su consiguiente comprensión. Por lo tanto, es importante que los narradores de la aventura a utilizar en las clases de Química sean los profesores de la respectiva materia y que conozcan bien el contenido a trabajar en el juego para superar posibles errores y/o errores conceptuales durante el proceso. Además, Cavalcanti y Soares (2009) creen que los juegos de RPG pueden utilizarse como instrumento para evaluar el aprendizaje.

Evaluación del aprendizaje según la Taxionomía de Objetivos Educativos

Según Luckesi (2023), la evaluación del aprendizaje se configura como un acto de investigación de la calidad del aprendizaje de los estudiantes, con el fin de diagnosticar impases y, en consecuencia, de ser necesario, proponer soluciones que permitan obtener resultados satisfactorios deseados. Significa investigar y, a partir del conocimiento producido, tomar decisiones de intervención cuando sea necesario. La evaluación es dinámica y constructiva, y su objetivo, en el caso de la práctica educativa, es apoyar al educador, para que actúe de la forma más adecuada posible, con miras a un aprendizaje efectivo por parte de los alumnos. Sin embargo, para evaluar el aprendizaje es necesario que el docente tenga presente los objetivos educativos que está evaluando. Por tanto, la clasificación de los objetivos educativos en una taxonomía es, según Bloom *et al.* (1974), útil para determinar el nivel de especificación de los objetivos formulados que se utilizarán en la planificación de experiencias de aprendizaje y también puede proporcionar sugerencias sobre tipos apropiados de procedimientos de evaluación, además de ser útil para plantear preguntas con el fin de definir, más claramente, estos resultados generales.

Existe una revisión y reorientación de la Taxonomía de Objetivos Educativos partiendo de una base más actual, como se puede comprobar en Anderson *et al.* (2001). Sin embargo, optamos por utilizar la Taxonomía de Objetivos Educativos en su marco teórico original, dado que no existe ningún trabajo en la literatura que considere esta taxonomía como un parámetro para la recolección de datos de aprendizaje sobre contenidos de Química. Mientras tanto, estamos finalizando un estudio reciente con la Taxonomía de Bloom Revisada que pronto se presentará para su publicación para el conocimiento de la comunidad de educadores de Ciencias/Química.

Sin embargo, la Taxonomía de Objetivos Educativos Original se divide en seis clases: *i)* conocimiento; *ii)* comprensión; *iii)* solicitud; *iv)* análisis; *v)* síntesis; y *vi)* evaluación. Y en este artículo abordaremos únicamente la categoría: evaluación, de la Taxonomía de Objetivos Educativos de Bloom, pues esta categoría nos ayudará a responder nuestro problema que consiste en ¿cómo se puede utilizar un juego de RPG como instrumento para evaluación de estudiantes de Química sobre Geometría Molecular? En ese sentido, la categoría evaluación se entiende como el proceso de juzgar el valor de ideas, trabajos, soluciones, métodos y materiales realizados con un determinado propósito. Según los autores antes mencionados, implica el uso de criterios y estándares que permitan evaluar el grado de precisión, efectividad, economía o suficiencia de los detalles.

Según Bloom *et al.* (1974), la evaluación se colocó en este nivel de la taxonomía porque se considera relativamente como una etapa final del proceso complejo que involucra una cierta combinación de todos los demás comportamientos clasificados en las categorías: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis. Así, la novedad que se añade a la evaluación consiste en criterios que engloban valores, dado que, en el desarrollo del dominio cognitivo, la evaluación representa no sólo un proceso final en relación con las conductas cognitivas, sino su vínculo fundamental con las conductas afectivas del ámbito afectivo, en el que los valores, los gustos y la satisfacción constituyen un aspecto central.

La categoría de evaluación incluye, según Bloom *et al.* (1974), todas las demás clases de la taxonomía y es probable que tal categoría sea, en algunos casos, el prelude de la adquisición de nuevos conocimientos, un nuevo esfuerzo de comprensión, aplicación o una nueva síntesis. Uno de los tipos de evaluación es la que se desarrolla con base en estándares internos de crítica, que se refieren a la exactitud del trabajo con coherencia, precisión, lógica y ausencia de fallas internas. Otra posibilidad de evaluación es, según Bloom *et al.* (1974), que

se basa en el uso de criterios o estándares externos derivados de una consideración de los fines a buscar y la adecuación de medios específicos para alcanzar esos fines. Los autores antes mencionados reiteran que este tipo de evaluación se basa, principalmente, en consideraciones sobre la eficiencia, economía o utilidad de medios específicos para lograr fines particulares; Además, implica el uso de criterios específicos apropiados a la clase de fenómenos que se juzgan, es decir, en términos de estándares de excelencia o efectividad que se utilizan comúnmente en el área o en una comparación entre fenómenos específicos en la misma área.

La taxonomía de evaluación se puede dividir en dos subclases denominadas: a) juicios en términos de prueba interna; y b) juicios en términos de criterios externos. Estas subclases se explicarán a continuación.

a) juicios en términos de prueba interna;

Según Bloom *et al.* (1974), los objetivos de la evaluación valoran en gran medida los juicios sobre la precisión, generalmente con referencia a estándares internos, como, por ejemplo, coherencia, precisión lógica y ausencia de fallas internas. Así, en esta subcategoría el principal tipo de conducta es la que desarrolla el estudiante cuando, ante un nuevo trabajo, es capaz de localizar errores o determinar los aspectos que lo hacen internamente coherente. Por lo tanto, cuando un estudiante juzga la corrección de una comunicación, examina si fue organizada de manera coherente o inconsistente, precisa o inexacta, cuidadosa o negligente. Además de requerir una evaluación completa de su exactitud, una pregunta puede diseñarse de tal manera que el individuo deba citar los puntos específicos exactos e inexactos y también las razones por las que fueron juzgados como tales.

b) juicios en términos de criterios externos;

Para Bloom *et al.* (1974), el juicio en términos de criterios externos es un tipo de evaluación que abarca una clasificación de los fenómenos en al menos cinco posibilidades, a saber: *i)* fines a alcanzar; *ii)* técnicas; *iii)* reglas; *iv)* normas según las cuales se juzgan las obras; o *v)* comparar la obra con otras obras. Así, la clasificación de una obra y su evaluación — en términos de criterios adecuados a la clase de la que forma parte — implican, según Bloom *et al.* (1974), algunos juicios son relativamente arbitrarios, ya que una determinada obra es un elemento que pertenece a varias clases. De esta manera, los criterios externos se derivan de un elemento que considera el modelo en ciertos aspectos, ya que esto puede ocurrir en juicios que se centran en la comparación de dos elementos que componen una clase y no cuando un elemento satisface criterios abstractos seleccionados.

Según Bloom *et al.* (1974), se puede realizar una evaluación del aprendizaje de la taxonomía, mediante la exigencia de un conocimiento detallado del tipo de fenómeno que se considera, ya que el estudiante conoce los criterios comúnmente utilizados para juzgar tales obras o ideas y, además, tiene cierta capacidad para aplicar dichos criterios. De esta forma, los autores explican que, para verificar el aprendizaje de un determinado estudiante a nivel de evaluación, podemos descomponer cualquier problema en una serie de juicios más específicos, así como procesos de análisis, con el objetivo de estar seguros de que la evaluación proceso es adecuado o para encontrar los tipos de errores y dificultades encontradas por el estudiante. Por tanto, Bloom *et al.* (1974) explican que las preguntas, textos escritos o informes orales en los que el estudiante necesita describir los puntos positivos y negativos, señalar los errores y aciertos, dar su opinión y justificarla con base en aspectos teóricos, lógicos y formales son buenos instrumentos para verificar el aprendizaje a nivel de evaluación. Para explicarlo mejor, a continuación, presentaremos el enfoque de investigación que dio origen a este artículo, así como los demás desarrollos metodológicos.

METODOLOGÍA

La investigación que dio origen a este texto es cualitativa, porque de acuerdo con Triviños (2019) una de sus premisas es que el investigador debe estar inmerso en la realidad que estudia para captar, de la mejor manera posible, el significado de los fenómenos analizados. Por lo tanto, al realizar esta investigación, los investigadores y autores de este trabajo se sumergieron en la realidad del aula, que, según Lüdke y André (2018), es una de las características de la investigación cualitativa. En cuanto al tipo de enfoque de investigación cualitativa que dio origen a este artículo, se encuentra el estudio de caso, que, según Yin (2015), permite a los investigadores centrarse en un caso específico y mantener una perspectiva holística y práctica, como, por

ejemplo, en el estudio de los ciclos de vida individuales, el comportamiento de pequeños grupos, los procesos organizativos y administrativos, los cambios en los barrios, el rendimiento escolar, las relaciones internacionales, entre otras posibilidades. Por lo tanto, entendemos que el caso que analizamos se refiere al análisis de estudiantes de un curso de formación de profesores de química en Brasil, que participan en un juego de RPG denominado: *Un Crimen en Purdue Productos Químicos*, analizando cómo este puede actuar como instrumento de recolección de datos, despertando el dominio de la evaluación, según la Taxonomía de Objetivos Educativos, en estudiantes de un curso de formación docente de Química de la Universidad Federal de Piauí, ubicada en la ciudad de Teresina en Brasil.

El juego de RPG

En este sentido, el objetivo de este juego era descubrir una contraseña numérica que contiene 5 dígitos para abrir una caja metálica donde estaba confinada la gerente de Purdue Productos Químicos para evitar que muriera por una descarga eléctrica. El juego comenzó con una narración del profesor y uno de los autores de este artículo a los participantes ubicados frente a la puerta del laboratorio de Química. Después de escuchar el contexto y objetivo del juego, los estudiantes recibieron chalecos negros con la inscripción: Policía Federal y credenciales con la identificación, informando que eran peritos criminales federales. De esta manera, los estudiantes interpretaron el papel de perito criminal federal de la Policía Federal de Brasil. Esta interpretación se realizó para que el juego aplicado se caracterizara como un juego de RPG que implica, entre otras cosas, la interpretación de papeles. Por fin, los estudiantes pudieron ingresar al laboratorio, donde se ubicaron varios desafíos para ser resueltos por la equipo de peritos criminales.

Al ingresar al laboratorio, los estudiantes debían ubicar el primer desafío, el cual estaba posicionado en el estante de reactivos donde los estudiantes encontraron una nota en el estante de reactivos con la siguiente guía: *“Vayamos al primer desafío, Caroline: si pudieras dibujar la estructura de Lewis de las fórmulas moleculares presentes en las tres botellas ubicadas dentro de este estante, ¿cuál de las tres fórmulas tendría el menor número de pares de electrones solitarios en el xenón, que es el átomo central?”* De este modo, los estudiantes que interpretaban el papel de perito criminal de la Policía Federal Brasileña debían utilizar sus conocimientos y representar en sus cuadernos de anotaciones la fórmula de Lewis de las siguientes fórmulas moleculares: XeOF_4 , XeF_4 y XeOF_2 , y verificar cuál de estas tres fórmulas contiene la menor cantidad posible de electrones libres. Al representar las fórmulas de Lewis correspondientes a las fórmulas moleculares encontradas en las etiquetas de los frascos de reactivos, los estudiantes, que interpretaban el papel de perito criminal, descubrirían que el compuesto con fórmula XeOF_4 posee únicamente 1 par de electrones libres en su átomo central, que es el xenón, mientras que los demás compuestos poseen dos pares de electrones cada uno. Así, el primer dígito que los estudiantes debían encontrar era el número 1, ya que el compuesto que tiene solo un par de electrones libres en su átomo central se encuentra en el frasco 1.

El segundo desafío estaba ubicado en la pizarra y decía: *“Usando las estructuras de Lewis que dibujaste en el primer desafío, organiza el siguiente rompecabezas para predecir la fórmula VSEPR de las estructuras antes mencionadas. ¿Cuántas formulas diferentes hay entre si?”* Las piezas del rompecabezas son las siguientes: A, A, A, E, E₂, E₂, X₃, X₄ y X₅. Por lo tanto, los estudiantes debían interpretar las piezas del rompecabezas como componentes de una fórmula molecular, en la que A correspondía al átomo central, X al número de ligantes en ese átomo central y E al número de electrones libres en el átomo central. Esto los llevaría a formar tres posibles fórmulas VSEPR, que son: AX₃E₂, AX₄E₂ y AX₅E. De ahí que las tres fórmulas son diferentes entre sí. Por lo tanto, los estudiantes encontrarían en este desafío el dígito 3 para componer la contraseña numérica de 5 dígitos de que necesitan.

El tercer desafío se ubicó en una de las mesas del laboratorio y era un kit para la construcción de modelos moleculares que consistía en 6 conectores, representando las ligaciones simples, 2 accesorios como si fueran nubes electrónicas, 6 esferas blancas, 1 negra y 1 amarilla, que representaban, respectivamente, 6 hidrógenos, 1 carbono y 1 fósforo. Al lado de estas piezas había una grabadora con un *post-it* que decía: *“play me”*, y cuando los estudiantes presionaban el botón de *play* escuchaban el siguiente mensaje: *“Caroline, ¿cuántas representaciones moleculares existentes con geometría molecular del tipo trigonal piramidal es posible construir con las piezas dejadas acá?”* Los estudiantes debían armar las piezas ubicadas en el laboratorio para

encontrar únicamente 2 fórmulas existentes en la vida cotidiana, que son el ion metilo (CH_3^-) y la molécula de fosfina (PH_3). Por lo tanto, el número a encontrar en este desafío es el 2.

El cuarto desafío consistió en encontrar un Código QR ubicado en el laboratorio que, luego después de ser leído con la cámara de un teléfono celular, presentaba un video con una persona narrando el siguiente problema: “*Considere las siguientes fórmulas moleculares representadas: a) CH_4 ; b) BF_3 ; c) GeCl_4 ; d) NH_3 ; e) CO_2 e f) CH_2O . ¿Cuál es el resultado de la suma de la cantidad de moléculas que presentan un ángulo de ligación igual a $109,5^\circ$ con la cantidad de moléculas que presentan un ángulo de ligación de 120° ?*” Para resolver este desafío, los estudiantes debían, para cada fórmula molecular: 1º) representar la estructura de Lewis; 2º) luego prever la fórmula VSEPR; 3º) y finalmente señalar el ángulo de ligación. Así, las moléculas de CH_4 y GeCl_4 presentan un ángulo de $109,5^\circ$, las moléculas de CH_2O y BF_3 un ángulo de 120° , mientras que NH_3 tiene un ángulo de 107° y CO_2 uno igual a 180° . Por lo tanto, al sumar dos moléculas con ángulo de $109,5^\circ$ (CH_4 y GeCl_4) con dos moléculas con ángulo de 120° (CH_2O y BF_3), los peritos criminales encontrarían el número 4 como un dígito más para la contraseña de cinco dígitos que tanto necesitan para liberar a la gerente de la empresa que estaba encerrada en una caja.

El penúltimo desafío (quinto desafío) está ubicado en un cuaderno de laboratorio cerca de una balanza analítica y contenía la siguiente información: “*Caroline, si aún no estás muerta, vamos al último desafío: sintetizando tus conocimientos de química, ¿cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas?*”

1. La molécula que contiene la fórmula molecular PF_3 es trigonal planar, pues al igual que el BF_3 tiene fórmula VSEPR AX_3 ;
3. La estructura de Lewis de la molécula de agua posee 2 pares de electrones libres en el átomo central de oxígeno, lo que hace que la molécula tenga un ángulo de ligación de 104° entre $\text{H}-\text{O}-\text{H}$;
5. La fórmula molecular CHCl_3 no posee ningún par de electrones libres en su átomo central (C), lo que genera la fórmula VSEPR AX_4 , haciendo que la molécula tenga geometría tetraédrica y un ángulo de ligación probable de $109,5^\circ$ entre $\text{Cl}-\text{C}-\text{Cl}$;
7. Es posible prever que la estructura de Lewis de PCl_3 no presenta ningún par de electrones libres en su átomo central (el átomo menos electronegativo de la fórmula molecular), lo que hace que la fórmula VSEPR de esta molécula sea AX_3 y, en consecuencia, su geometría sea trigonal planar con ángulos de ligación entre $\text{Cl}-\text{P}-\text{Cl}$ correspondientes a 107° .

La suma de los números que corresponden a las alternativas verdaderas es el último dígito de la contraseña de 5 dígitos para abrir la caja de metal donde está Caroline.” Para encontrar el último dígito de la contraseña, los estudiantes que interpretaban el papel de peritos criminales de la Policía Federal de Brasil debían juzgar las afirmaciones y, comenzando por la número 1, tenemos que es falsa, pues la molécula de PF_3 es trigonal piramidal debido al par de electrones libres y su fórmula VSEPR es AX_3E . La afirmación número 3 es verdadera, la 5 también es verdadera y la 7 es falsa, ya que existe un par de electrones libres en el átomo central de fósforo, teniendo fórmula VSEPR igual a AX_3E , geometría trigonal piramidal y un ángulo de ligación de aproximadamente 107° . Por lo tanto, la suma de los ítems correctos es igual a 8, que es el último dígito de la contraseña que abre la caja donde está la gerente de la empresa.

En el sexto desafío propuesto los estudiantes debían, a partir de los números obtenidos en cada uno de los cinco desafíos anteriores, proponer un orden correcto de dichos números para abrir la caja metálica donde estaba la gerente de la empresa química. Para encontrar esta secuencia correcta, los estudiantes debían tener en cuenta que el primer y el último dígito son mencionados en los enunciados de los desafíos. Es decir, ya se sabe que el número 1 corresponde al primer dígito de la contraseña y el número 8 al último. Sin embargo, el desafío que estaba en el cuadro blanco hace una referencia inmediata al primer desafío, lo que nos lleva a entender que es el segundo desafío que, por lo tanto, genera el segundo dígito de la contraseña: 3. Y como los peritos criminales tienen tres intentos para acertar la contraseña que abre la caja, pueden probar dos posibilidades de clave: la primera sería 1-3-4-2-8 que es incorrecta y la segunda 1-3-2-4-8, que es correcta y abre la caja donde estaba encerrada la gerente de Purdue Productos Químicos.

Sujetos de la pesquisa y análisis de datos

El contexto de este juego envolvió veintinueve estudiantes matriculados entre el 1º y 5º semestre de grado en Química de la Universidad Federal de Piauí, ubicada en la ciudad de Teresina en Brasil que participaron de esta aventura RPG. Para ello se formaron cinco grupos que denominamos de: G1, G2, G3, G4 y G5 y sus componentes denominados de: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, etc., en referencia al estudiante 1, estudiante 2 etc., estando G1 compuesto por E1 a E5 (5 participantes); G2 de E6 a E10 (5 participantes); G3 de E11 a E17 (7 participantes); G4 de E18 a E22 (5 participantes) y G5 de E23 a E29 (7 participantes).

Para recolectar los datos de los grupos utilizamos: grabadoras de audio, teléfono celular para registrar la participación de los estudiantes en audio y video; diario de campo; entrevista individual no estructurada y observación no participante. Las técnicas de análisis mencionadas fueron elegidas y utilizadas porque, según nos explican Marconi y Lakatos (2021), permiten que el investigador tome contacto con la comunidad, grupo o realidad estudiada, pero sin integrarse en ella: permanece fuera. Presencia el hecho, pero no participa en él; no se deja involucrar por las situaciones; desempeña más bien el papel de espectador. Esto, sin embargo, no significa que la recolección de datos no sea consciente, dirigida y ordenada hacia un fin determinado; por el contrario, el procedimiento tiene un carácter sistemático y posibilita una recolección de datos rica para un análisis posterior. Así, con estos instrumentos que se utilizaron para recolectar datos que luego fueron importados al software de análisis MaxQDA®. El análisis de los datos importados a MaxQDA® no se produce de forma autónoma, ya que, según Lage (2011), el software antes mencionado ayuda en el análisis de los datos, como por ejemplo en la categorización de unidades de significado, es decir, el programa informático no analiza los datos, por lo que es necesario que el investigador tenga presente el constructo metodológico que utilizará. Por lo tanto, optamos por utilizar el Análisis de Contenido que según Bardin (2016) es un conjunto de instrumentos metodológicos cada vez más sutiles y en constante mejora, que se aplican a “discursos” (contenidos) extremadamente diversos. El factor común de estas múltiples y multiplicadas técnicas – desde el cálculo de frecuencias que proporciona datos cifrados, hasta la extracción de estructuras traducibles en modelos – es una hermenéutica controlada, basada en la deducción: la inferencia. Como esfuerzo de interpretación, el análisis de contenido oscila entre los dos polos del rigor de la objetividad y la fecundidad de la subjetividad. Absuelve y salvaguarda al investigador de esta atracción hacia lo oculto, lo latente, lo no aparente, el potencial de lo no escuchado (de lo no dicho), retenido por cualquier mensaje.

Así, Bardin (2016) explica que el Análisis de Contenido es una técnica de investigación de datos cualitativos que tiene como objetivo describir objetiva y sistemáticamente el contenido manifiesto de la comunicación hablada y/o escrita a través de la inferencia de significados a través de diferentes fases que se organizan en: a) preanálisis; b) exploración del material; y c) tratamiento de resultados. En nuestro caso, el preanálisis implicó la transcripción de los datos en un programa de edición de texto (*Microsoft Word 365*), al explorar el material, analizamos las transcripciones para excluir cualquier tipo de interferencia y/o ruido y/o información que no fuera útil, ya en el procesamiento de resultados utilizamos la frecuencia y coocurrencia de clases que reúnen un conjunto de elementos bajo un título genérico, debido a las características comunes existentes entre estos elementos. En vista de esto, surgieron tres categorías de análisis después del análisis de nuestros datos que involucraron los aspectos semánticos y de frecuencia de las unidades de contexto para formar las agrupaciones de cada una de estas categorías. Estas categorías son las siguientes: a) comprensión; b) evaluación; y c) carácter lúdico.

Con el objetivo de intentar dar respuesta a nuestra pregunta de investigación: *¿cómo se puede utilizar un juego de RPG educativo como instrumento de recolección de datos sobre Geometría Molecular entre estudiantes de Química?*, discutiremos a continuación sólo la segunda categoría de análisis llamada evaluación, presentando algunos extractos más relevantes de los discursos de los estudiantes durante los partidos de RPG.

RESULTADOS Y DISCUSSION

La categoría de análisis denominada evaluación está relacionada con la capacidad del RPG de despertar en los estudiantes habilidades como evaluar hipótesis y tomar decisiones rápidas, precisas y objetivas. De esta manera, se pudo observar que, en todos los desafíos del juego, se visualizaron habilidades relacionadas a esta categoría de análisis, ya que los estudiantes debían proponer y evaluar un número entre 1 y 9 proveniente de cada desafío. Sin embargo, fue en el sexto desafío de la aventura RPG donde más se observó la categoría de análisis: evaluación, pues este desafío consistió en que los estudiantes evaluaran todos los números encontrados

en los cinco desafíos anteriores para proponer la secuencia correcta de estos números, formando la contraseña que contiene cinco dígitos que no se repiten y, en consecuencia, liberaría a la gerente de la empresa química de la caja térmica, donde quedó atrapada. Un diálogo que involucra la resolución del primer desafío muestra a los estudiantes del grupo 2 presentando dominios cognitivos relacionados con la categoría de evaluación, como podemos ver en el siguiente extracto:

1. **E6:** *aquí (refiriéndose a XeOF_4) solo hay uno.*
2. **E9:** *y el resto, los dos. ¿Dónde está la carta? ¿Qué estas preguntando?*
3. **E6:** *tiene el menor número de electrones.*
4. **E6:** *es el primero.*
5. **E9:** XeOF_4
6. **E6:** *sí.*
7. **E8:** *¿Cuál es cuál la botella?*
8. **E9:** *es la botella 1.*
9. **E6:** *es 1.*
10. **E8:** *entonces, ¿cuál es el dígito?*
11. **E9:** *es el dígito 1.*

En este extracto, del grupo 2 mientras resolvían el primer desafío, podemos ver que los estudiantes E6, E8 y E9, en los turnos 04, 06, 08, 09 y 11, respectivamente, evaluaron las posibilidades de decir que el dígito esperado de este desafío sería el número 1. De esta manera, entendemos que estos estudiantes hayan podido evaluar y juzgar las posibilidades existentes, es decir, juzgar el número de pares de electrones en cada uno de los átomos centrales presentes en las respectivas fórmulas, relativa a la pregunta disponible en la carta (turno 03) dejada por el personaje Lewis para evaluar la respuesta correcta que, en consecuencia, era la esperada para este desafío, como vimos anteriormente en la sección de comprensión.

Según Bloom *et al.* (1974), el proceso cognitivo de evaluación es el proceso de juzgar los valores de proposiciones realizadas con un propósito específico, implicando el uso de criterios y estandarizaciones que permitan verificar el nivel de precisión, efectividad, economía o suficiencia de dichas proposiciones. En el extracto previamente transcrito (turnos 04 a 11), vimos que los estudiantes pudieron juzgar el dígito esperado para el primer desafío, tal como lo habían entendido a través de equilibrios mayores, es decir, parecían tener en su cognición condiciones de desarrollo respecto a la representación de las estructuras de Lewis de los átomos situados por debajo del tercer período de la tabla periódica (excepción a la regla del octeto).

Esto nos revela que, para que el estudiante pueda dominar la categoría de evaluación, necesitará haber abstraído previamente las categorías del dominio cognitivo. Bloom *et al.* (1974) explican que la evaluación se colocó en el último nivel de su taxonomía, al considerarse la etapa final del complejo proceso que involucra la combinación de todos los demás comportamientos clasificados como: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis, en la taxonomía. Esta necesidad de conocer los dominios cognitivos previos para localizar o lograr la evaluación se percibe en el siguiente extracto del grupo 2:

12. **E9:** *yo dibujé, pero por el dibujo el PF_3 tendría el mismo ángulo de enlace que el amoníaco,*
13. *solo que los dos no tienen el mismo ángulo de ligación.*
14. **E6:** *entonces dibujaste la estructura equivocada.*
15. **E8:** *yo estaba dibujando la estructura así, mira. (muestra la estructura del PF_3 a **E6**).*
16. **E6:** *entonces si la estructura es así ¿cuál será el ángulo?*
17. **E9:** *es porque él (señalando la estructura del BF_3) no tiene este par de electrones dejados*
18. *aquí. Entonces el del “GCE” (refiriéndose al GeCl_4) es $109,5^\circ$ porque no tiene este par de*
19. *electrones sobrando aquí.*
20. **E6:** *entonces CH_4 es $109,5^\circ$.*
21. **E9:** *entonces CH_4 y GeCl_4 son iguales, son $109,5^\circ$. Y los que tienen ángulo de ligación de 120° es 22. el CH_2O .*
- Entonces son 3.
23. **E8:** *entonces ¿cuánto es el CH_4 , gente?*
24. **E6 y E9:** $109,5^\circ$.

Esta conversación proviene del cuarto desafío ubicado en QR-CODE y pidió a los estudiantes que sumaran la cantidad de moléculas que tenían un ángulo de ligación igual a $109,5^\circ$ con la cantidad de moléculas con un ángulo de ligación igual a 120° . Notamos que el estudiante E9 dibujó la estructura de PF_3 y juzgó (turnos 12 y 13) que tenía el mismo ángulo de ligación que la molécula de amoníaco (107°) y las sustancias PF_3 y BF_3 no tenían el mismo ángulo de ligación. Concluimos que esta evaluación de E9 fue crucial para que este estudiante argumentara, en los turnos 17 y 18, que la molécula BF_3 no tenía pares de electrones libres en su átomo central. Del mismo modo que, en 21, el alumno E9 evaluó que CH_4 y GeCl_4 tienen el mismo ángulo de ligación entre las ligaciones $\text{H}-\text{C}$ y $\text{Cl}-\text{Ge}$, es decir, $109,5^\circ$.

Así, entendemos que, para que el estudiante alcance un dominio cognitivo alto, es necesario que tenga conocimientos sobre una determinada materia a nivel de evaluación, ya que, como vimos en el apartado anterior, sólo es posible evaluar si los conocimientos que involucran los dominios anteriores de la taxonomía de objetivos educativos ya están equilibrados en la estructura de cognición del sujeto. Por tanto, Bloom *et al.* (1974) explican que el dominio de evaluación se encuentra en el nivel cognitivo más alto precisamente porque incluye todas las clases de conducta necesarias para que el dominio de evaluación se realice. Y este dominio de la categoría de evaluación se puede comprobar nuevamente en el siguiente extracto, extraído de una conversación entre los jugadores del grupo 3:

25. **E14:** (leyendo la última afirmación del quinto desafío) Es posible prever que la estructura de Lewis
26. de PCl_3 no tiene ningún par de electrones libres en su átomo central (el átomo menos electronegativo 27. de la fórmula molecular), lo que hace que la fórmula VSEPR de esta molécula sea AX_3 y, en
28. consecuencia, su geometría sea trigonal planar con ángulos de ligación entre $\text{Cl}-\text{P}-\text{Cl}$,
29. correspondiendo a 107° .
30. **E14:** ¿cuál es la geometría?
31. **E12:** piramidal, la del PCl_3 .
32. **E14:** entonces está falsa, pues la cuestión dice que es planar, pero en este caso es piramidal. (leyendo 33. la instrucción final del desafío) La suma de los números que corresponde a las alternativas correctas 34. es la última cifra de la contraseña de 5 dígitos para abrir la caja de metal en la que estás.
35. **E11:** ¿la suma, no?!
36. **E13:** ¿entonces es 3 más 5?! ¿Sería?
37. **E14:** sí, 3 más 5, la suma de los números de las alternativas correctas.
38. **E16:** da 8. Pero, ¿esta de aquí (señalando la afirmación número 7) no está falsa?
39. **E14:** sí, por la geometría de ella.

Nos dimos cuenta de que este desafío permitía a los estudiantes demostrar sus capacidades de evaluación. Es decir, el estudiante E14 al preguntar cuál era la geometría de la molécula PCl_3 (tricloruro de fósforo), en el turno 30, fue respondido por la inserción de E12 (turno 31), quien afirmó que era trigonal piramidal y no trigonal planar, según consta en el aserto, considerándolo incorrecto por el error en la geometría de tal molécula (turno 32). De esta manera, los estudiantes demuestran sus habilidades evaluativas al mencionar que la respuesta correcta sería la suma de los enunciados (turno 33) numerados 2 y 5 (turno 34), pues, según E14 (turno 37), son los números de las alternativas correctas, resultando la respuesta 8, como explica E16, en 38.

Así, concluimos que los estudiantes E11, E12, E13 y E14 tienen capacidad para realizar evaluación y, por tanto, deben ubicarse en un dominio alto de desarrollo cognitivo. Según Bloom *et al.* (1983), la categoría de evaluación ayuda al docente a verificar si se han producido ciertos cambios en el estudiante y especificar el grado de estos cambios, dado que el proceso educativo puede producir cambios significativos en los estudiantes. Sin embargo, no todos cambiarán exactamente de la misma manera, ya que será alguien quien decida estos posibles y deseables cambios, recordando que cada interacción entre alumno y profesor se basa en alguna teoría implícita, tanto por parte del profesor y el alumno.

En el último desafío (6°), los estudiantes tuvieron que organizar una secuencia correcta con los números encontrados en los cinco desafíos anteriores. Para ello, se espera que se den cuenta de que el primer desafío contiene el primer dígito (número 1) y el quinto desafío contiene el último número de la contraseña (número 8). Sin embargo, si los estudiantes respondieran correctamente todos los desafíos, les quedarían tres números (2, 3 y 4), quedando los que deberían estar ordenados en la contraseña numérica de la siguiente manera: 3 – 2 – 4.

Pero, para encontrar esta secuencia, fue necesario dominar la taxonomía de evaluación para juzgar que el desafío – presente en la pizarra ubicada al lado del estante que contiene los reactivos – era el segundo desafío, ya que, en su enunciado, estaba la siguiente inscripción: “Desde el primer desafío...”, lo que implicaba que este sería el segundo desafío. Así, los estudiantes ahora tendrían la siguiente secuencia: 1 – 3 – ? – ? – 8. Como tuvieron tres intentos para ingresar la contraseña numérica en el cuadro, pudieron combinar los números restantes (2 y 4) de los desafíos 3 y 4, para formar las siguientes combinaciones: 1 – 3 – 2 – 4 – 8 y 1 – 2 – 3 – 4 – 8, siendo correcta la primera secuencia. Veamos, a continuación, un extracto de este desafío extraído de una conversación entre los alumnos del grupo 5:

40. **E24**: y ahora ¿quién quiere escribir?
41. **E29**: déjame...Ah, tienes tres intentos.
42. **E24**: puedes, tienes tres intentos. ¿Cuál fue la secuencia? Espera un minuto, **E24**. ¿Cuál fue la
43. secuencia?
44. **E27**: 1-4-2-
45. **E24**: no, 1-3-2-4-8.
46. **E24**: ¿vas a escribir o no?
47. **E29**: Voy a...esperar.
48. **E27**: ¿vas a ir? Entonces vé. Ve ahí, empieza a escribir, espera un minuto y empieza a hablar.
49. **E29**: 1-3-2-4-8.
50. **P**: ¡Contraseña correcta!

En este extracto podemos observar, en los turnos 41 y 42, que los estudiantes E29 y E24 están conscientes de que existen tres posibilidades para ingresar la contraseña en el teclado de la caja donde quedó atrapado el gerente de Purdue Productos Químicos, sin embargo, no lo hacen. relacionan el hecho de que existen tres posibilidades de posibles combinaciones entre los números que se encuentran en los desafíos que estaban repartidos por el laboratorio sin orden, es decir, los jugadores resolvieron los desafíos tal como los encontraron. Aunque notamos que el estudiante E24 (turno 45) reprendió al estudiante E27 que deletreó los números de contraseña en una secuencia incorrecta en el turno 44, no existe ninguna evaluación y/o juicio que explique la elección de E24 y E29 para la secuencia que se escribió (turnos 45 y 49).

Por lo tanto, entendemos que los estudiantes de este grupo no lograron alcanzar la categoría de evaluación de la taxonomía de objetivos educativos, al menos no mediante una verbalización oral que permitiera comprobar que un estudiante alcanzó este dominio cognitivo en detrimento de otro. Esto se puede confirmar a través de la siguiente pregunta: Y la secuencia, ¿por qué dejaste que E29 tecleara esa secuencia de números? ¿Cuáles fueron los números? ¿Te acuerdas?

51. **E24**: era 1-3-2-4-8. Sí, porque pensé en la secuencia en la que nos encontramos, así que fue fácil
52. cómo fue seguido por uno, creo que probablemente fue el que escribió **E29**. Bueno, terminó siendo
53. correcto.

Notamos, en esta respuesta del E24, que, de hecho, no hubo evaluación sobre los números a ingresar. Para Bloom *et al.* (1983), esto ocurre ya que la edad, el nivel educativo y el tipo de aprendizaje previo son factores que interfieren en la legitimidad del logro de determinados objetivos educativos. Además, el profesor de aula se enfrentaba a un grupo específico de estudiantes con diferentes niveles de capacidad de aprendizaje. De esta forma, los autores explican que lo que se desea para determinados estudiantes depende de sus características actuales y de sus metas y aspiraciones futuras.

Esta especificidad cognitiva de cada estudiante tiene relación con lo que Piaget (2019) entiende como desarrollo. Para el autor, el desarrollo cognitivo, es decir, la inteligencia, es un equilibrio progresivo que implica el paso continuo de un estado de equilibrio inferior a un estado de equilibrio superior. Y este cambio en los equilibrios que proporcionan el desarrollo no ocurre de repente, sino a través de etapas de desarrollo. Según Piaget (2017), las etapas son las etapas de representación dinámica del mundo para el niño que surgen de diferentes niveles de expresión de la lógica y, por lo tanto, se ubican en diferentes estructuras dinámicas. Es importante aclarar que la noción de etapa de desarrollo es un instrumento metodológico y un principio de clasificación que pretende limitarse a conceptos explicativos de la conducta en cada etapa. Así, tales etapas son

denominadas por Piaget (2017) como: actividad sensoriomotora; pensamiento preconceptual; pensamiento intuitivo y actividad operativa. Sin embargo, estas etapas son progresivas, es decir, el niño y el adolescente las alcanzan una tras otra, y dependen, entre otras cosas, de la maduración biológica del sujeto, por lo que Piaget estableció edades promedio, que pueden ser flexibles, para llegar a estas etapas.

Por lo tanto, inferimos que los estudiantes E24, E27 y E29 aún no tienen la maduración biológica suficiente para brindarles la posibilidad de alcanzar el dominio cognitivo de evaluación, como vimos en los turnos 40 al 50. Según Piaget (2017), la maduración es un factor necesario para la génesis del desarrollo, pero no es el único, ya que este concepto es entendido por el autor como una posibilidad que aparece como una de las muchas otras condiciones necesarias para el desarrollo de la estructura cognitiva del sujeto en la realización de ciertos comportamientos, como fue el caso del extracto (turnos 40 a 50), proveniente del grupo 5. Una situación casi similar ocurrió al elegir el orden de los dígitos de la contraseña (6° desafío) por parte del grupo 3:

54. **E16:** *la secuencia que encontramos fue 1, 3, 4, 2 y 8. La escribiré.*

55. **P:** *contraseña incorrecta.*

56. **E16:** *¿está mal el orden de los números?*

Notamos, en este extracto, que el estudiante E16 escribió (turno 54) una contraseña aleatoria en el teclado presente en el cuadro donde estaba Caroline, y esta contraseña era incorrecta. Entendemos que el error pudo haber ocurrido, ya que E16 no hizo ningún tipo de consideración y/o evaluación para juzgar cuál sería la combinación de números esperada, dado que eran cinco números, dos de los cuales estaban correctamente ubicados, es decir, con la ubicación definida y tres números sin indicación de disposición. Sin embargo, a diferencia de los alumnos del grupo 5 que, por un golpe de suerte, acertaron en la secuencia de contraseñas, además, sin ningún tipo de juicio, el grupo 3 no tuvo la misma suerte y acertaron en la secuencia introducida. Por tanto, entendemos que esto puede haber llevado a estos estudiantes a evaluar las posibles posibilidades de combinar números, como podemos ver a continuación:

57. **E13:** *Eu acho que deveria ser 1, 2, 3, 4 e 8 por causa da ordem crescente. Porque [...]*

58. **E16:** *ya sabemos que no se repiten los números, entonces está bien.*

59. **E12:** *se sabe que es del 1 al 9, entonces está correcto.*

60. **E13:** *el primer número con certeza es el 1. Sabemos el primero y el último. Seguro que el último es 61. el 8. Porque allá en el cuaderno afirma, ¿no?, como último dígito.*

62. **E12:** *solo que si vamos a combinar estos tres números aquí va a pasar de los 3 intentos que*

63. *tenemos, que en realidad solo quedan 2.*

64. **E12:** *este de aquí (señalando el tablero = 2.º desafío) fue nuestro segundo desafío, entonces*

65. *podríamos ponerlo en el orden en que lo hicimos.*

66. **E12:** *primero hicimos este de aquí (señalando el estante de reactivos), después el rompecabezas.*

67. **E14:** *cierto, pero el rompecabezas fue el segundo. Que dio el número 3.*

68. **E16:** *el QR-CODE dio el número 4 y el de la grabadora dio el 2. Solo que el 8 es el último porque 69. allí dice que es el último.*

70. **E11:** *el del QR-CODE no dice dónde está. El de la grabadora no dice nada de lugar.*

71. **E14:** *ese de ahí (señalando el tablero = 2.º desafío) solo podemos hacerlo si tenemos el primer*

72. *número, que es la estructura de Lewis de los reactivos. Entonces ese (señalando el tablero = 2.º*

73. *desafío) sería el segundo.*

74. **E13:** *¿cuál sería el segundo?*

75. **E14:** *el tercero mismo (refiriéndose al número 3 en la posición 2 de la clave).*

76. **E13:** *quedaría en el segundo lugar.*

77. **E11:** *entonces solo invertimos ahí. Invertimos el 2 y el 4. Lo intentamos de una forma y, si no sale,*

78. *lo intentamos de la otra.*

79. **E15:** *voy a digitar... 1, 3, 2, 4 y 8 enter.*

80. **P:** *clave correcta.*

En este extracto se puede ver que el estudiante E13 evaluó que los números deben estar en orden ascendente (turno 57) y, por tanto, formar la secuencia: 1 – 3 – 2 – 4 – 8. Los estudiantes E16 y E12 juzgaron, en turnos 58 y 59 respectivamente, que los números no deben repetirse y ser del 1 al 9, lo cual está de acuerdo con lo esperado, dado que los números que tiene el grupo no se repiten y están dentro del rango esperado (1 al

9). Otra valoración realizada en este extracto está relacionada con la estudiante E13 que afirma (turnos 60 y 61) que ya sabe cuáles deben ser el primer (1) y el último (8) dígitos de la contraseña, como lo muestra el papel en el estante de reactivos y el cuaderno de notas colocado sobre el banco lo dejaba claro. Una valoración interesante la hace el estudiante E12, quien mencionó que el grupo solo tendría dos intentos más para adivinar la contraseña, lo cual sería difícil porque tenían tres números para acertar, y aprobarían los intentos restantes (turnos 62 y 65). A partir de este discurso de E12, los estudiantes E11, E12, E13, E14 y E16 comenzaron a juzgar el orden de los desafíos que realizaban, dándose cuenta de que el segundo desafío realizado era el ubicado en la pizarra (64 a 67) y, por tanto, este (turno 73), el número correspondiente al mismo debe estar en la segunda posición (turnos 74 y 73), quedando, por tanto, dos números intercambiables entre sí (turnos 77 y 78) y generar dos contraseñas numéricas, siendo la secuencia: 1 – 3 – 2 – 4 – 8 que fue tecleada por E15, en 79. Cuando le preguntamos a E12 ¿qué te llevó a proponer la secuencia que tecleaste ahí en el recuadro? respondió lo siguiente:

81. **E12:** ingresamos los números en el orden en que los encontramos, pero como dijiste cual “estaba”
 82. mal, invertimos el 2 y el 4 porque era más rápido. Y arreglamos el 3 por la declaración de la pregunta
 83. que “estaba” en el tablero, porque dependía demasiado de lo que él lo encontramos la primera vez.
 84. Necesitaba las fórmulas “para” hacer 2. De ahí estas tres (1, 3 y 8) estaban arreglados, entonces
 85. realmente se trataba de invertir el 2 y el 4 o verificar uno por uno [...]

Por lo tanto, inferimos que los estudiantes del grupo 3 pudieron juzgar minuciosamente la información de los desafíos para encontrar la secuencia correcta de números a través de una evaluación seria y cuidadosa. Según Tyler (1986), es deseable analizar seria y cuidadosamente los resultados de una evaluación para señalar los diversos puntos verdaderos o falsos, así como examinar los datos que surgen de esta evaluación para sugerir posibles explicaciones o hipótesis sobre estos puntos verdaderos o falsos. Así, el autor destaca que los resultados arrojados por la evaluación no constituyen un término descriptivo, sino un perfil en un conjunto amplio de términos descriptivos, que indican el nivel de progreso del estudiante. Los alumnos del grupo 1 lograron encontrar la contraseña numérica en el primer intento, como podemos ver en este extracto:

86. **E3:** el primero fue el de allá (señalando el estante de reactivos), ¿verdad?
 87. **E4:** eso es todo.
 88. **E3:** entonces el segundo era el 3, que es este (señala el tablero).
 89. **E4:** sí.
 90. **E3:** luego el tercero lo pongo como siendo [...]
 91. **E4:** el que hicimos en el banquillo.
 92. **E3:** exactamente...un 2.
 93. **E2:** si no es así (refiriéndose al orden propuesto por E3) es 1, 3, 4, 2 y 8.
 94. **E3:** creo que...exactamente...que si invirtiéramos algo sería 4 solo...porque 1 es aquel (señalando el
 95. estante), éste (señalando el cuadro) tiene una relación directa con el primero...entonces es 1, 3. Luego
 96. el último ya dice que es 8.
 97. **E3:** entonces, si se invierte, es 1, 3, 4, 2 y 8 o es 1, 3, 2, 4 y 8.
 98. **E2:** entonces, ¿crees que el tercero o el segundo (señalando las secuencias dibujadas en el cuadro),
 99. siendo la segunda secuencia 1, 3, 2, 4 y 8 y la tercera 1, 3, 4, 2 y 8 y la primera. ¿Está incompleto,
 100. con sólo 1, 3 y 8?
 101. **E4:** entonces, ¿quién va a escribir en el cuadro?
 102. **E2:** ve allí (mira a E3 y señala el cuadro).
 103. **E3:** (escribiendo en el cuadro): 1, 3, 2, 4 y 8.
 104. **P:** contraseña correcta.

Notamos que los estudiantes pensaron que el primer desafío les dio el primer dígito de la contraseña (turno 86), el quinto desafío el último dígito (turno 96) y fijaron el número 3 (turno 92) en la segunda posición de los cinco números. de la contraseña, proponiendo, en el turno 93, que había dos posibilidades para la contraseña numérica, y los estudiantes optaron por escribir la secuencia esperada, como vimos en el turno 103. Cuando hicimos la siguiente pregunta: ¿cómo encontraste la contraseña correcta? ¿Secuencia de números de contraseña? para el E3, recibimos esta respuesta:

105. **E3:** yo pensé que iba a ser el 4, no tiene ningún sentido, porque el 3 complementaba el 1, y el 4
 106. complementó 8 (refiriéndose a que un contenido es una secuencia del otro). Por qué decir de las

107. estructuras de Lewis que dibujaste en el primer desafío, eso deja 4 y 2. Para que nos organicemos
 108. y elijamos cuál de los dos (refiriéndose a las dos secuencias de números posibles). Luego pusimos 109. 2 y 4,
 porque el 4 (refiriéndose al cuarto desafío) tenía mas que ver con la pregunta 8 (quinto
 110. desafío) que la 2 (segundo desafío). Y 2 (segundo desafío que encontraron (modelo molecular) no
 111. tuvo nada que ver con la pregunta 1 (primer desafío) y en realidad la pregunta 4 (cuarto desafío)
 112. tiene más que ver con el último desafío porque es con ángulo. La proximidad del tema, el
 113. contenido. Tú hiciste eso, ¿no? El quinto desafío también habla de ángulo. Por eso 4 (cuarto
 114. desafío) se combina con 8 (quinto desafío). 04 (cuarto desafío) y 8 (quinto desafío) también habla 115. del ángulo,
 por lo que ambos deben estar juntos. Entonces...la lógica que utilicé fue la siguiente: 116. el primero (primer desafío)
 fue a partir de ahí (señalando el estante de reactivos), el segundo
 117. (segundo desafío) ya hablaba de VSEPR en el siguiente desafío) también habló de este negocio 118. (refiriéndose a
 VSEPR) pero en el siguiente. Ya no hablé de esto (primer desafío), era solo
 119. geometría. Entonces probablemente no hubo nada con tanta cercanía al tema. No había una
 120. secuencia lógica e incluso si muestra deducción mal, íbamos a probarlo al revés (otra secuencia),
 121. pero el primer intento fue por la proximidad con el tema.

Podemos observar que el E3 realizó numerosos juicios sobre las relaciones con los desafíos y la secuencia numérica correcta a proponer. En primer lugar, el citado alumno del turno 107 fijó el número del segundo desafío (el número 3) en la segunda posición, lo que significaba que tenía una combinación entre los números 2 y 4 para proponer la contraseña correcta. Sin embargo, para estimar esta proposición E3, evaluó que los números de contraseña deben estar interconectados en relación con el contenido programático presente en cada uno de los desafíos (turnos 112 y 113). Esto se puede ver cuando el citado estudiante relacionó, en los turnos 114 y 115, el cuarto desafío que generó el número (4) con el último desafío, en el que obtuvo el número 8 como último dígito para la contraseña, basándose en que estos dos desafíos tienen en su alcance la presencia del tema: ángulo de conexión, haciendo que E3 evalúe que los números 4 y 8 deben estar en orden ascendente, respectivamente (turno 115).

Así, inferimos que el estudiante E3 logró comprender que los desafíos estaban organizados y propuestos para obtener una secuencia, cuyo nivel de complejidad de los desafíos fue aumentando, es decir, comenzamos con las habilidades de representar estructuras de Lewis de moléculas. que contienen más de ocho electrones en su capa de valencia (primer desafío), propuesta de la fórmula VSEPR (segundo desafío), consideración de aspectos de la teoría de la repulsión de pares de electrones en la capa de valencia para predecir la geometría molecular (tercer desafío) y estimar ángulos de unión de ciertas ligaciones (cuarto desafío) presentes en ciertas moléculas. Sin embargo, al citado estudiante no le resultó claro ver (turnos 120 y 121) que el tercer desafío – que implicaba ensamblar la representación de estructuras moleculares con ayuda de piezas del kit del modelo molecular– estaba directamente relacionado con la fórmula VSEPR, a ya que, para predecir la geometría de una molécula, es necesaria esta teoría. Creemos que este error del E3 ocurrió solo durante la entrevista, porque, durante el juego de RPG él hizo consideraciones sobre aspectos de la fórmula VSEPR para predecir qué partes del kit se ensamblarían haciendo la geometría de tipo piramidal trigonal.

La opción de proponer desafíos utilizando la secuencia de contenidos elegidos y ubicados de menor a mayor nivel de desarrollo cognitivo en diferentes desafíos se basó en Luckesi (2023), para quien la evaluación del aprendizaje debe recolectar solo datos esenciales, relevantes y significativos, dado que la evaluación no puede centrar su atención en datos secundarios del proceso de enseñanza y aprendizaje, sino que deben recolectarse datos sobre temas relevantes surgidos de la planificación docente y del currículo previsto en el Proyecto Político-Pedagógico de la carrera. Esto nos muestra que la evaluación del aprendizaje es una tarea compleja y nos obliga a tener en cuenta las distintas variables a tener en cuenta a la hora de recoger datos para la evaluación y no sólo aquellas que interesan al profesor o que considera suficientes. Por lo tanto, Luckesi (2023) destaca que, para diagnosticar y tomar decisiones considerando la mejora del aprendizaje de los estudiantes, no basta con evaluar su desempeño en aprendizajes específicos, es necesario considerar las variables intervinientes que afectan los resultados de los datos recolectados durante la evaluación. En otras palabras, el autor explica que, cuando se recogen datos para evaluar el aprendizaje, se deben proponer percepciones que abarquen todos los niveles de complejidad de un determinado tema, desde el menor hasta el mayor grado de complejidad, teniendo en cuenta los cuidados adecuados. al elaborar el instrumento de evaluación y teniendo

en cuenta que la interpretación de los datos recogidos debe hacerse con mucho cuidado para evitar que resulte inapropiada e injusta.

Este contexto de evaluación del aprendizaje es concebido por Luckesi (2023) desde una perspectiva de investigación, por ser un recurso pedagógico disponible para el docente para ayudar al estudiante en la búsqueda de su desarrollo cognitivo y social a través de oportunidades exitosas de aprendizaje. De esta manera, la evaluación debe constituirse como una investigación de la calidad del desempeño de los estudiantes, basada en datos relevantes que surjan de su aprendizaje y, de ser necesario, una intervención, con el fin de corregir la dirección de la acción. Un ejemplo de esto es el estudiante E3 que menciona, durante la entrevista, que el tercer desafío no tenía nada que ver con la fórmula VSEPR. Aquí le corresponde al profesor revisar este aspecto y mostrarle al estudiante lo contrario, ya que la teoría VSEPR gobierna los factores que influyen en la geometría de las moléculas.

En suma, percibimos que el juego de RPG nos mostró la presencia del dominio cognitivo de la evaluación en la mayoría de los estudiantes que participaron en dicho juego. Entendemos que esto es importante, pues puede posibilitar al docente investigar, por medio de este instrumento de recolección de datos para la evaluación del aprendizaje, cuánto un determinado estudiante aparenta saber sobre un tema específico y su posible ubicación en la escala taxonómica de los objetivos educacionales, sabiendo que los dominios cognitivos de cualquier contenido pueden clasificarse, de menor a mayor complejidad, en básico, operacional y global. Esta retroalimentación en relación con el aprendizaje real del estudiante, concedida al profesor, ocurre porque, de acuerdo con Luckesi (2011) la evaluación del aprendizaje escolar adquiere un sentido de medida en la medida en que se articula con un proyecto pedagógico y con su consecuente proyecto de enseñanza. La evaluación, tanto en general como en el caso específico del aprendizaje, no posee una finalidad en sí; ella subsidia un curso de acción que tiene como objetivo construir un resultado previamente definido, o sea, la evaluación subsidia decisiones con respecto al aprendizaje de los educandos, con miras a garantizar la calidad del resultado que estamos construyendo. Por eso, no puede ser estudiada, definida ni delineada sin un proyecto que la articule.

De esta forma, al utilizar el RPG como instrumento de recolección de datos para la evaluación del aprendizaje, el docente puede dar significado a la evaluación por medio de los contenidos y temáticas presentes en este instrumento, ayudando, así, al profesor a percibir los entendimientos de sus estudiantes respecto de un determinado tema. Esto podría haberse hecho mediante un examen, como comúnmente sucede, que contuviera una lista de cuestiones a ser resueltas, pero esa actitud llevaría a que la evaluación tuviera un fin en sí misma, lo cual es criticado por Luckesi (2011). Por el contrario, dicho autor explica que la práctica evaluativa, preocupada con la transformación social y cognitiva del estudiante, deberá estar atenta a los modelos de superación del autoritarismo y al establecimiento de la autonomía del educando, haciendo que la evaluación educacional se manifieste como un mecanismo de diagnóstico de la situación, teniendo en primer plano el avance y el crecimiento democrático de cada uno de los estudiantes.

Entendemos que esto incentiva la utilización de diferentes instrumentos de recolección de datos para la evaluación, como el RPG, por ejemplo, puesto que su utilización puede ser capaz de superar el autoritarismo en el aula y propiciar la autonomía del estudiante, ya que, conforme nos explica Cavalcanti (2018), el juego como evaluación, aunque no deba utilizarse en todas las evaluaciones, crea en los estudiantes de Química un clima de diversión, alegría y animación y trae al docente respuestas sobre lo que sus estudiantes están o no comprendiendo, llevando al profesor a repensar sus estrategias didácticas para ayudarlos a entender el contenido impartido. Para Tyler (1986), la evaluación proporciona este *feedback* al profesor, ya que constituye un valioso instrumento que posibilita conocer los conocimientos de los estudiantes y saber la consecución de varias especies de objetivos para tener una percepción más precisa de sus posibilidades y limitaciones.

No obstante, la evaluación del aprendizaje mediante una aventura de RPG no es la solución salvadora de todos los problemas del proceso de enseñanza y aprendizaje de Química, pues, como vimos, hubo un grupo que no consiguió demostrar dominio o no de la taxonomía: la evaluación. Concluimos que esto pudo haber ocurrido por dos motivos. El primero debe estar relacionado simplemente con el hecho de que el desarrollo cognitivo de los estudiantes no se encontraba en el dominio taxonómico de la evaluación, dado que no demostraron la realización de ningún tipo de juicio para evaluar qué secuencia debería ser digitada. Esto puede estar relacionado con la maduración de esos estudiantes, pues, al contrario de lo que Piaget creía, el juego puede

promover aprendizajes, es decir, desarrollo cognitivo por medio de la equilibración mayorante entre asimilación y acomodación que, como vimos anteriormente, depende del grado de maduración biológica y social de los individuos. Cavalcanti (2018) afirma que, dependiendo del grado de maduración del sujeto que asimila un determinado contenido curricular, este acomoda o no diferentes contenidos que serán utilizados en otra ocasión. Es decir, para los estudiantes del grupo 3, por ejemplo, no hubo acomodación de esquemas necesarios para alcanzar el nivel de desarrollo cognitivo de la evaluación.

El segundo motivo por el cual un determinado grupo de estudiantes no demostró el nivel de evaluación en su estructura de cognición puede haber sido causado por un desequilibrio entre las funciones lúdica y educativa en nuestro juego de RPG. Según Brougère (1998), el juego educativo surgió en las escuelas infantiles de Francia y se entiende como una conciliación entre el respeto al niño de jugar y la necesidad de continuar el proceso educativo. De esta forma, Kishimoto (2021) propone para esa conciliación existente en el juego educativo dos funciones: lúdica y educativa, que deben obligatoriamente estar presentes en dicho juego para que funcione como tal. De este modo, la función lúdica en el juego educativo propicia diversión, alegría y placer propios de un juego; mientras que la función educativa del juego es enseñar cualquier cosa que posibilite al sujeto su desarrollo cognitivo. Para la autora mencionada, el equilibrio entre estas dos funciones de un juego educativo es el objetivo central para que este exista, de modo que, si hubiera un desequilibrio entre estas funciones, podrían ocurrir dos situaciones. La primera es que la función lúdica prevalezca sobre la función educativa, haciendo que el juego educativo deje de tener esa función y pase a ser un juego *stricto sensu*, cuyos objetivos son ganar y divertirse. La segunda situación está relacionada con que el juego educativo sea más educativo que lúdico, convirtiéndose en una herramienta pedagógica para el proceso de enseñanza del profesor, sin proporcionar la diversión y el carácter lúdico propios del juego.

De esta forma, inferimos que el equilibrio de nuestro último desafío presente en el juego de RPG (estimar la clave correcta de cinco dígitos) puede haber prevalecido en favor de la función lúdica, ya que los estudiantes, en ningún momento, pensaron en relacionar las cuestiones educativas inmersas en los desafíos anteriores para estimar la secuencia correcta de la clave de cinco dígitos que debía ser digitada en la caja térmica. Sin embargo, esta inferencia es plausible, pero nos parece incierta, dado que el equilibrio entre las funciones del juego educativo está presente en el juego propiamente dicho. Es decir, las funciones mencionadas parecieron estar equilibradas cuando los otros grupos participaron del juego, pues reflexionaron sobre los contenidos presentes en los desafíos anteriores para proponer el orden de la clave numérica. No obstante, es difícil saber cuál de estos dos motivos inferidos tiene más sentido, debido a que el juego en grupo, a pesar de propiciar la colaboración entre los estudiantes, involucra, como ya mencionamos, comportamientos y personalidades personales de los estudiantes, como tener o no la capacidad de expresarse verbalmente en medio de otras personas o incluso durante la realización de la entrevista individual, en la cual determinados estudiantes utilizaban respuestas genéricas como “no sé”, “no recuerdo”, “fue eso mismo”, “fue tal persona la que lo hizo”, entre otras, como explicaciones para decisiones y actitudes tomadas durante la participación en el juego.

Así, entendemos que nuestra aventura de RPG, que involucra un desafío en un ambiente real, presenta como limitación el hecho de que el profesor no logre evaluar el aprendizaje de todos los estudiantes, debido a las particularidades provenientes de los comportamientos y habilidades de cada uno de esos estudiantes, y no se debe forzar para que esto sea diferente, pues, si hubiera tal interferencia, se rompería el círculo mágico del juego y su principal característica: la libertad. A continuación, pasaremos a las conclusiones y implicancias originadas por este trabajo.

CONCLUSIONES Y IMPLICANCIAS

Al final de este texto, creemos que él puede contribuir para contestar a nuestra cuestión de pesquisa que indaga: *¿cómo se puede utilizar un juego de RPG educativo como instrumento de recolección de datos sobre Geometría Molecular entre estudiantes de Química?* y presentar algunas implicancias a la comunidad de investigadores en Educación en Ciencias/Química que estudian el RPG como instrumento de recolección de datos para evaluar el aprendizaje, con el fin de revelar algunas particularidades sobre este tema.

Tales particularidades se revelan a través del juego de RPG que nos mostró la presencia del dominio cognitivo de evaluación en la mayoría de los estudiantes que participaron en dicho juego. Entendemos que esto

es importante, ya que puede permitir al profesor investigar, a través del mencionado instrumento de recogida de datos de evaluación del aprendizaje, cuánto parece saber un determinado alumno sobre una determinada materia y su posible ubicación en la escala taxonómica de los objetivos educativos sabiendo que los dominios cognitivos de cualquier contenido se pueden clasificar de menor a mayor complejidad en básicos, operativos y globales. Se produce esta retroalimentación respecto al aprendizaje real del alumno brindado al docente.

De esta manera, al utilizar el RPG como instrumento de recolección de datos para evaluar el aprendizaje, el docente puede darle sentido a la evaluación a través de los contenidos y temáticas presentes en este instrumento, ya que su uso podrá superar el autoritarismo en el aula y brindar autonomía al estudiante ya que el juego como evaluación, aunque no se puede utilizar en todas las evaluaciones, crea en los alumnos de Química un ambiente de diversión, alegría y emoción y proporciona al profesor respuestas sobre lo que sus alumnos entienden o no, haciendo que el profesor se replantee su estrategias de enseñanza que les ayuden a comprender el contenido enseñado.

Sin embargo, la evaluación del aprendizaje a través de una aventura RPG no es la solución salvadora a todos los problemas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Ciencia/Química, ya que puede haber estudiantes que no sean capaces de demostrar el dominio de la taxonomía: evaluación, que puede estar relacionada con la maduración de estos estudiantes, porque, contrariamente a lo que creía Piaget, el juego puede promover el aprendizaje, es decir, el desarrollo cognitivo a través del mayor equilibrio entre asimilación y acomodación que depende del grado de maduración biológica y social de los individuos.

De estos aportes, inferimos que los análisis aquí realizados pueden presentar implicancias para nuevas investigaciones sobre el RPG en Educación em Ciencias/Química, contribuyendo en consecuencia al avance del conocimiento en la línea de investigación de RPG, en al menos tres áreas: *i)* uso de juegos de RPG como instrumento de recolección de datos para evaluar el aprendizaje; *ii)* desarrollo de juegos de RPG basados en la Taxonomía de Objetivos Educativos muestra al docente cuánto sabe ya el estudiante o cuánto puede aprender; y *iii)* los juegos de RPG superan el tradicionalismo en las clases de Ciencias/Química.

Respecto al uso de los juegos de RPG como instrumento de recolección de datos para evaluar el aprendizaje, creemos ser necesario que el mencionado recurso pueda ser realmente utilizado en el aula de Ciencias/Química para acabar con el clima de tensión y miedo que provocan las pruebas y exámenes tradicionales en los estudiantes, generando, por el contrario, un ambiente de relajación, alegría y ludicidad para el proceso de evaluación, que es uno de los componentes del acto pedagógico del docente.

Esperamos que los juegos de RPG desarrollados utilizando la Taxonomía de Objetivos Educativos como soporte teórico ayuden a profesores y estudiantes a darse cuenta de cuánto de un determinado conocimiento ya conocen o cuánto aún les falta por aprender para que el profesor sea capaz de entenderlo y reorientar su recorrido pedagógico de acuerdo a las especificidades de la clase de los estudiantes a través de la evaluación del aprendizaje utilizando el RPG para tal fin.

Consideramos que los juegos de RPG como instrumento de recolección de datos para evaluar el aprendizaje pueden superar el tradicionalismo de la evaluación en Ciencias/Química, ya que dicho instrumento se caracteriza por ser lúdico, divertido, educativo, entre otras características, siendo todo lo contrario a los tradicionales testes listas de ejercicios y exámenes aplicados rutinariamente a los estudiantes.

Finalmente, esperamos que este artículo pueda realmente contribuir con los investigadores dedicados al tema de RPG en la Educación en Ciencias/Química, avanzando en el conocimiento sobre este tema. Sin embargo, reiteramos que nuestro estudio tiene, como cualquier otro, sus limitaciones en cuanto, entre otras cosas, al tamaño y número de categorías de análisis que se eligieron y a la delimitación del corpus a analizar. A continuación, enumeramos las referencias utilizadas al escribir este texto.

REFERENCIAS

- 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>
- Anderson, L. W.; Krathwohl, D. R.; Airasian, P. W.; Cruikshank, K. A.; Mayer, R. E.; Pintrich, P. R.; Rath, J.; Wittrock, M. C. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing*. New York: Longman.
- 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.
- Bloom, B. S.; Hastings, J. T.; Madaus, G. F. (1983). *Manual de Avaliação Formativa e Somativa do Aprendizado Escolar*. São Paulo: Pioneira.
- 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
- Cavalcanti, E. L. D.; Trajano, B. A. A.; Nunes, F. B.; Martins, V. P. N. O.; Weber, I. T. (2017). O RPG (Role Playing Game) como uma Estratégia Avaliativa Utilizando a Química Forense. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 2017, 1759-1763. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337428>
- Cavalcanti, E. L. D.; Weber, I. T. (2021). Jogos e química forense: relato do processo de elaboração de quatro diferentes jogos para trabalhar conceitos químicos. In: Silva, J. F. M. (organizadores.), *O Lúdico em Redes: Reflexões e Práticas no Ensino de Ciências da Natureza*, (pp. 234-255), São Paulo: Livraria da Física.
- Cleophas, M. G.; Cavalcanti, E. L. D.; Soares, M. H. F. B. (2018). Afinal de Contas, é Jogo Educativo, Didático ou Pedagógico no Ensino de Química/Ciências? Colocando os Pingos nos "is". In: Cleophas, M. G.; Soares, M. H. F. B. (organizadores.). *Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências*, (pp. 33-43), São Paulo: Livraria da Física.
- Cruz, A. A. C.; Ribeiro, V. G. P.; Longhinotti, E.; Mazzetto, S. E. (2016). A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa Lúdica. *Química Nova na Escola*, 38(2), 167-172. <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160022>
- Cuello, I. C.; Gallego, R. E.; Merino, J. M. M.; Barco, M. A. H. (2023). Los microbios, ¿buenos o malos?: el juego de mesa "Los microorganismos en nuestra vida". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(3), 1-22. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3202
- Debit, J. S. P.; Bacoba, H. M. P.; Tabanao, M. M. C.; Walag, A. M. P. (2024). GamesBond: A Game-based Supplemental Teaching Material for Ionic and Covalent Bonding. *Journal of Chemical Education*, 101, 1610-1617. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01265J>
- González-Robles, A.; Vázquez-Vílchez, M. (2022). Propuesta educativa para promover compromisos ambientales a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible em Bachillerato: el juego S.O.S Civilizaciones. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 1-16. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1103
- Hobsteter, A. W.; Stabile, S.; Mascaró, E.; Silbestri, G. F. (2023). Activities Carried Out in the Basic Organic Chemistry Virtual Course for First-Year Agronomic Engineering Students: Quick Question/Answer Games Using Available Applications. *Journal of Chemical Education*, 100, 969-973. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00457>

- Lage, M. C. (2011). Os softwares tipo CAQDAS e a sua contribuição para a pesquisa qualitativa em educação. *Educação Temática Digital*, 12(2), 42-58. <https://doi.org/10.20396/etd.v12i2.1187>
- Ling, S. S.; Saffre, F.; Gater, D. L.; Halim, L.; Isakovic, A. F. (2024). Computer Quiz Games in General Chemistry for Engineering Majors in an English as a Second Language Environment. *Journal of Chemical Education*, 101, 868-876. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00479>
- Luckesi, C. C. (2011). *Avaliação da Aprendizagem Escolar*. São Paulo: Cortez.
- Luckesi, C. C. (2023). *O Ato Pedagógico: Planejar, Executar e Avaliar*. São Paulo: Cortez.
- Lüdke, M.; André, M. E. D. A. (2018). *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. Rio de Janeiro: EPU.
- Marcondes, G. C. *O Livro das Lendas Aventuras Didáticas*. São Paulo: Zouk, 2004.
- Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. (2021). *Fundamentos de Metodologia Científica*. São Paulo: Atlas.
- Oliveira, J. J. S.; Morais, R. O.; Medeiros, U. K. L.; Ribeiro, M. E. N. P. (2017). Criação do Jogo: “Um Passeio na Indústria de Laticínios” visando promover a Educação Ambiental no Curso de Técnico de Alimentos. *Química Nova na Escola*, 39(2), 142-152. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160070>
- Piaget, J. (2017). *A Formação do Símbolo na Criança*. Rio de Janeiro: LTC.
- Piaget, J. (2019). *Seis Estudos de Psicologia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Rodrigues, S. (2004). *Roleplaying Game e a Pedagogia da Imaginação no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand.
- Sánchez-Martín, J.; Corrales-Serrano, M.; Luque-Sendra, A.; Zamora-Polo, F. (2020). Exit for success. Gamifying science and technology for university students using escape-room. A preliminary approach. *Heliyon*, 2020, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04340>
- Silva, C. S.; Cavalcanti, E. L. D. (2024). Autores clássicos e contemporâneos do lúdico: aspectos teóricos e epistemológicos e suas contribuições para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 46(1), 41-59. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160347>
- Silva, C. S.; Cavalcanti, E. L. D. (2024). Classificação, abordagem metodológica e objetivo das pesquisas sobre o RPG na Educação em Ciências: um estudo bibliográfico das teses e dissertações. *Ciência e Educação*, 30, 1-19. <https://doi.org/10.1590/1516-731320240044>
- Silva, C. S.; Soares, C. S. (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/327/377>
- Silva, C. S.; Soares, M. H. F. B. (2021). Geomequímica: um jogo baseado na Teoria Computacional da Mente para a aprendizagem de conceitos de Geometria Molecular. *Química Nova na Escola*, 43(4), 371-379. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160265>
- Soares, M. H. F. B. (2023). *Jogos e Atividades Lúdicas no Ensino de Química*. São Paulo: Livraria da Física.
- Triviños, A. N. S. (2019). *Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a Pesquisa Qualitativa em Educação*. São Paulo: Atlas.
- Tyler, R. W. (1986). *Princípios Básicos de Currículo e Ensino*. Rio de Janeiro: Globo.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman.
- Zanini, M. C. *RPG e Educação*. São Paulo: Devir, 2004.

Cleberon Souza da Silva

Titulação: Doutor em Educação em Ciências pela Universidade de Brasília

Afiliação institucional: Professor Adjunto na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

E-mail: cleberon@ufscar.br

Eduardo Luiz Dias Cavalcanti

Titulação: Doutor em Química pela Universidade Federal de Goiás

Afiliação institucional: Professor Adjunto da Universidade de Brasília

E-mail: eldcavalcanti@unb.br

Declaração de conflito de interesse

A autoria declara não haver conflitos de interesse envolvidos na publicação deste manuscrito.

Declaração sobre disponibilização de dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo. Materiais suplementares foram disponibilizados no Dataverse da SciELO e pode ser acessado em <https://doi.org/10.48331/SCIELODATA.HKJY7W>.

Editora Responsável

Ana Maria Navas Iannini

Contato

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG
Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais
revistapec@gmail.com

O CECIMIG agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela verba para a editoração deste artigo.