

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO TECNOLÓGICO - PPGET

AMANDA CHELLY DA ROCHA

ENSINANDO NÚMEROS QUÂNTICOS USANDO GAMIFICAÇÃO

Manaus – AM

2021

AMANDA CHELLY DA ROCHA

ENSINANDO NÚMEROS QUÂNTICOS USANDO GAMIFICAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico - PPGET do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Centro, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino Tecnológico, sob orientação do Prof. Dr. João dos Santos Cabral Neto.

Área de Concentração: Processos e Recursos para o Ensino Tecnológico.

Linha de Pesquisa: Recursos para o Ensino Técnico e Tecnológico

Manaus – AM

2021

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

R672e Rocha, Amanda Chelly da.
Ensinando números quânticos usando gamificação / Amanda Chelly da
Rocha. – Manaus, 2021.
115 p. : il. color.

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico). –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas,
Campus Manaus Centro, 2021.
Orientador: Prof. Dr. João dos Santos Cabral Neto.

1. Ensino tecnológico. 2. gamificação. 3. Ensino de química. 4.
Números quânticos. I. Cabral Neto, João dos Santos. (Orient.) II. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 371.33

AMANDA CHELLY DA ROCHA

ENSINANDO NÚMEROS QUÂNTICOS USANDO GAMIFICAÇÃO

Dissertação apresentada ao Mestrado do Programa Profissional de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino Tecnológico. Linha de Pesquisa: Recursos para o Ensino Técnico e Tecnológico.

Aprovada em 30 de novembro de 2021.

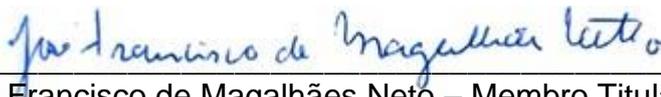
BANCA EXAMINADORA



Doutor João dos Santos Cabral Neto – Orientador
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)



Doutor José Anglada Rivera – Membro Titular Interno
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)



Doutor José Francisco de Magalhães Neto – Membro Titular Externo
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por sua infinita misericórdia e pelas oportunidades, dando-me condições de alcançar meus objetivos ao lado de pessoas especiais.

À minha mãe, por todo apoio, amor, carinho e orações durante toda a minha caminhada. Que sempre esteve ao meu lado nos momentos bons e ruins.

À minha irmã, por proporcionar uma boa educação e por sempre acreditar em mim durante estes anos.

Ao meu orientador Professor Dr. João dos Santos Cabral Neto, pela parceria, paciência e ensinamentos durante esta jornada. Obrigada pelo incentivo diário e por fazer diferença na minha vida acadêmica.

Ao meu namorado, pelo seu companheirismo, incentivo e apoio durante toda a minha jornada acadêmica.

Ao Tiago Maia de Sousa, pelo cuidado e profissionalismo na criação do *design* do jogo Aventuras de Atomildo.

À comunidade da Escola Estadual Professor Ruy Alencar, especialmente aos alunos que colaboraram diretamente com este trabalho e a equipe de limpeza que auxiliou na higienização da sala de informática para receber os alunos durante a aplicação do jogo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico – PPGET, do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologias do Amazonas – IFAM, por acreditar no projeto e oportunizar seu desenvolvimento.

À Professora Dr^a. Rosa Marins Oliveira de Azevedo, pela parceria na elaboração do primeiro artigo publicado em evento.

À Professora Dr^a. Ana Claudia Melo, pelo privilégio de fazer o estágio docência na disciplina a qual ministrou para os alunos do curso de Tecnologia em Processos Químicos.

Ao Professor Dr. José Anglada Rivera por ter me concedido a honra de participar da banca de avaliação desta pesquisa e pelas valiosas contribuições.

Ao Professor Dr. José Francisco de Magalhães Netto por ter me concedido a honra de participar da banca de avaliação desta pesquisa e pelas valiosas contribuições.

À FAPEAM, pelo apoio dado por meio do Programa Institucional de apoio à Pós-Graduação *Stricto Sensu*.

“Gamificação é aprender a partir dos *games*, encontrar elementos dos *games* que podem melhorar uma experiência sem desprezar o mundo real”.

Flora Alves - 2015

RESUMO

Os números quânticos surgem naturalmente da equação de onda do físico Erwin Schrödinger com a função caracterizar um elétron no átomo. No ensino, esses números têm causado aos alunos um certo desconforto em relação às dificuldades de aprendizagem, dentre as quais podemos destacar a questão da abstração do conteúdo, abordagem descontextualizada e ausência de uma construção histórica ligada a estes números. Em busca de auxiliar o ensino da temática apresentada, propomos a utilização do jogo Aventuras de Atomildo, um jogo digital elaborado para ser utilizado como um recurso tecnológico na aprendizagem de números quânticos, que usa da narrativa histórica da compreensão do átomo e os modelos idealizados para explicar a estrutura/organização dos elétrons no átomo, tendo como referência os princípios da gamificação, para alunos do 1º ano do ensino médio cursando a disciplina de Química de uma escola pública da cidade de Manaus. A gamificação é comumente compreendida como o uso de elementos contidos nos jogos, no contexto de não-jogo com a finalidade de motivar e engajar o público-alvo. Durante o percurso metodológico, adotamos a abordagem qualitativa tendo a pesquisa-ação do tipo estratégico como método, a qual realiza apenas um ciclo de aplicação. As técnicas e instrumentos de coleta de dados utilizados foram a pesquisa bibliográfica, a observação participante, questionário e entrevista. A partir de estruturas apresentadas na literatura de como gamificar, elaboramos como produto educacional, um jogo digital tendo como base a gamificação de conteúdo que consiste na aplicação de elementos e pensamentos de jogos para alterar o conteúdo de forma que este pareça um jogo. O recurso desenvolvido está inserido em uma sequência didática que dispõe basicamente de quatro etapas. Os resultados apresentam evidências do jogo ser promissor, pois foi possível observar a aprendizagem do conteúdo sob o olhar do processo de conhecer, reconhecer os números quânticos e aplicar seus conceitos para compreender a estrutura/organização dos elétrons no átomo. Quanto ao jogo, o mesmo foi bem avaliado pelos alunos considerando vários aspectos, a saber, usabilidade, jogabilidade, desafio, satisfação, diversão, entre outros.

Palavras-Chave: Gamificação. Ensino de Química. Números Quânticos.

ABSTRACT

Quantum numbers arise naturally from the wave equation of physicist Erwin Schrödinger with the function to characterize an electron in the atom. In education, these numbers have caused students some discomfort in relation to learning difficulties, among which we can highlight the issue of abstraction of content, a decontextualized approach and the absence of a historical construction linked to these numbers. Looking for help the teaching of the theme presented, we propose the use of the Atomildo Adventures game, a digital game designed to be used as a technological resource in the learning of quantum numbers, which uses the historical narrative of understanding the atom and the models idealized for explain the structure/organization of electrons in the atom, with reference to the principles of gamification, for 1st year high school students studying Chemistry at a public school in the Manaus city. Gamification is commonly understood as the use of elements contained in games, in a non-game context, with the purpose of motivating and engaging the target audience. During the methodological journey, we adopted a qualitative approach, taking action research of the strategic type as a method, which performs only one application cycle. The data collection techniques and instruments used were bibliographic research, participant observation, questionnaire and interview. Based on structures presented in the literature on how to gamify, we developed as an educational product, a digital game based on the gamification of content that consists of applying game elements and thoughts to change the content so that it looks like a game. The developed resource is inserted in a didactic sequence that has basically four steps. The results show evidence that the game is promising, as it was possible to observe the learning of the content from the perspective of the process of knowing, recognizing quantum numbers and applying its concepts to understand the structure/organization of electrons in the atom. As for the game, it was well evaluated by the students considering several aspects, namely, usability, gameplay, challenge, satisfaction, fun, among others.

Keywords: Gamification. Chemistry teaching. Quantum Numbers.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

Aprendizagem Potencialmente Significativa – (APS)

Base Nacional Comum Curricular – (BNCC)

Código de Endereçamento Postal – (CEP)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia dos Amazonas – (IFAM)

Mecânica, Dinâmica, Estética – (MDA)

Número quântico magnético – (m)

Número quântico principal – (n)

Número quântico secundário – (l)

Número quântico *spin* – (s)

Números Quânticos – (NQ's)

Points, Badges e Leaderboard – (PBL)

Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico – (PPGET)

Ranking Médio – (RM)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – (TCLE)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interpretação de Born da função de onda.....	22
Figura 2: Representação do experimento de Stern-Gerlach	24
Figura 3: Distribuição dos elétrons no orbital p do átomo de carbono.....	26
Figura 4: Modelo físico usado para o ensino de números quânticos.....	28
Figura 5: Modelo sala de aula para ensinar números quânticos	29
Figura 6: Analogias para os números quânticos n , l e m	30
Figura 7: Situando a gamificação	39
Figura 8: Estado de Fluxo.....	42
Figura 9: Tipos de Jogadores.....	44
Figura 10: Elementos de jogos	46
Figura 11: Estruturar para gamificar	52
Figura 12: Modelo de engajamento	53
Figura 13: Relação APS e Gamificação	57
Figura 14: Etapas da pesquisa-ação.....	61
Figura 15: Alunos jogando “Aventuras de Atomildo”	64
Figura 16: Desenho do átomo dos alunos da Turma A	70
Figura 17: Tela inicial do jogo	78
Figura 18: Fase 1 do jogo	78
Figura 19: Objetos decorativos do laboratório	78
Figura 20: Itens estruturais do jogo	79
Figura 21: Personagens do Jogo Aventuras de Atomildo.....	80
Figura 22: Tela da pista	80
Figura 23: Tela da pergunta.....	81
Figura 24: Mecanismos do Jogo Aventuras de Atomildo	81
Figura 25: Capa do Guia Didático.....	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Alunos que estudaram modelos atômicos	68
Gráfico 2 Avaliação dos alunos sobre o estudo do átomo.....	69
Gráfico 3: Alunos que apresentaram dificuldade no estudo do átomo.....	71
Gráfico 4: Respostas dos alunos sobre a relação entre átomo e números quânticos	72
Gráfico 5: Alunos que costumam jogar	72
Gráfico 6: Tipo de jogo que os alunos preferem	73
Gráfico 7: Tipos de jogadores	74
Gráfico 8: Alunos que utilizaram jogos na sala de aula	74
Gráfico 9: Experiência dos alunos com jogos	75
Gráfico 10: Alunos que consideraram o átomo como constituinte da matéria.....	83
Gráfico 11: Alunos que relacionaram teoria atômica e responsável	84
Gráfico 12: Alunos que identificaram os números oriundos da equação de Schrödinger.....	85
Gráfico 13: Alunos de identificaram os números quânticos.....	85
Gráfico 14: Avaliação dos alunos sobre o jogo Aventuras de Atomildo	88
Gráfico 15: RM do jogo	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Jogos usados na Química	34
Quadro 2: Definição das dimensões	66
Quadro 3: O conceito de átomo fornecido pelos alunos.....	69
Quadro 4: Dificuldades dos alunos na compreensão do átomo.....	71
Quadro 5: Elementos da dinâmica, mecânica e componentes do Aventuras de Atomildo	76
Quadro 6: Respostas dos alunos sobre a função dos números quânticos	85
Quadro 7: Respostas dos alunos sobre a descrição de cada número quântico	86
Quadro 8: Respostas referente aos quatro números quânticos do átomo de Argônio	87

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
1.1 Aspectos que envolvem o Ensino de Números Quânticos	17
1.2 Números Quânticos: O que são e como surgiram	19
1.3 Alguns Recursos no Ensino de Números Quânticos	27
1.4 Jogos como Recurso no Ensino	31
CAPÍTULO 2: GAMIFICAÇÃO	36
2.1 O que é a Gamificação?	36
2.2 Fatores Fundamentais da Gamificação	41
2.2.1 Motivação	41
2.2.2 Engajamento	43
2.2.3 Elementos de jogos	45
2.3 Exemplos de Gamificação	48
2.4 Gamificando	51
2.4.1 Pressupostos da Aprendizagem Significativa	54
2.4.2 Gamificação e APS	56
CAPÍTULO 3: CONCEPÇÕES E ORGANIZAÇÕES DA PESQUISA	59
3.1 Elementos Básicos da Pesquisa	59
3.1.1 Local da Pesquisa	59
3.1.2 Sujeitos da Pesquisa	59
3.1.3 Opção pela Pesquisa	59
3.2 Identificação do Problema de Pesquisa	61
3.3 Reconhecimento	62
3.4 Planejamento da ação	62
3.5 Implementação	64

3.6 Monitoramento	65
3.7 Reflexão da ação.....	65
3.8 Aperfeiçoamento da Ação	67
CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67
4.1 Diagnóstico Professoras e Alunos	67
4.2 O Jogo “Aventuras de Atomildo”	76
4.3 Avaliação Pós-Jogo	83
4.4 Avaliação do Jogo	87
4.5 E a Aprendizagem?.....	91
4.6 Guia Didático: Aventuras de Atomildo	93
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
REFERÊNCIAS	97
APÊNDICES	103
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	104
APÊNDICE B – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS	105
APÊNDICE C - TESTE DIAGNÓSTICO.....	107
APÊNDICE D – GAME DESIGN CANVAS	109
APÊNDICE E - PLANO DE AULA.....	110
APÊNDICE F – TESTE PÓS-JOGO.....	113
APÊNDICE G - AVALIAÇÃO DO JOGO	114

INTRODUÇÃO

A Química pertence a uma área de conhecimento que estuda a natureza, as propriedades, a composição e as transformações da matéria. Dentre as razões para seu estudo, podemos destacar que ela ajuda a adquirir discernimento acerca dos problemas da sociedade, com aspectos científicos e técnicos (RUSSEL, 1994).

No ensino, a Química, assim como outras disciplinas, visa auxiliar na compreensão do mundo em que se vive, pois para Chassot (1990) um dos motivos para seu ensino situa-se em formar cidadãos conscientes e críticos. Todavia, um ponto bastante debatido e estudado são as dificuldades que os alunos do Ensino Médio enfrentam no processo de aprendizagem de seus conteúdos, visto que quando esta disciplina é ministrada nas escolas, observa-se que seus conhecimentos são difíceis de serem entendidos em decorrência principalmente dos conceitos complexos que a envolve, como explica Lima (2012). Em decorrência disso, os alunos idealizam a Química como uma disciplina composta de inúmeras teorias sem sentido prático, abstrato, sem aplicação e relação com o seu cotidiano (FERNANDES *et al.*, 2012).

Parte das dificuldades associadas à disciplina deve-se ao ensino de conceitos e conteúdos apresentados de forma descontextualizada e desconexa, e essa forma de abordagem contribui para o ensino por memorização e para a não aprendizagem destes pelos alunos (CASTRO; CAVALCANTE, 2016). Dentre esses conceitos, temos os Números Quânticos (NQ's) que surgem naturalmente da resolução da equação de onda para cada sistema específico com a função definir o estado de um elétron em um átomo, bem como caracterizá-lo.

Em função da complexidade que envolve esses números, dificilmente são abordados em sala de aula. Como evidência, durante o período de estágio supervisionado, foi possível constatar que o ensino de NQ's não era abordado nas aulas que introduziam a estrutura atômica. Além desse fato, enquanto graduanda do curso de Licenciatura em Química, o seu ensino se fez ausente durante o processo formativo, visto que conceitos de mecânica quântica aplicada a esses números são fundamentais para compreender disciplinas mais específicas do curso como a Química inorgânica que é voltada para os estudos de elementos químicos e compostos. Nela, classificamos os elementos pela sua configuração eletrônica e correlacionamos às propriedades atômicas (raio atômico, energia de ionização, afinidade eletrônica, eletronegatividade, polarizabilidade).

Como forma de possibilitar um ensino da temática mais significativo para o aluno, Castro e Cavalcante (2016) consideram necessário uma abordagem mais contextualizada envolvendo algum aspecto de construção histórica. A partir desse olhar, consideramos que o estudo do átomo pode auxiliar e contextualizar o ensino dos números quânticos. Nesse mesmo espírito, Rocha e Cabral Neto (2021), com o objetivo de possibilitar o ensino e aprendizagem desses números, elaboraram um recurso que utilizou da relação entre a construção dos modelos atômicos e o surgimento dos números quânticos, relação essa que segundo os autores é pouco utilizada nas aulas de Química do Ensino Médio.

Na Base Nacional Curricular Comum (BNCC), ao discorrer sobre o aprendizado na área de Ciências da Natureza, área em que a Química está inserida, preconiza que o uso de leis, teorias e modelos, sua elaboração, interpretação e aplicação “são aspectos fundamentais do fazer científico” (BRASIL, 2018, p. 548). A temática Matéria e Energia envolve competências específicas e habilidades com vistas ao estudo de modelos com nível mais elevado de abstração para analisar e explicar fenômenos alusivos a interação matéria e energia. E é nesse contexto que o ensino da relação entre os números quânticos e a estrutura atômica surge como conteúdo do componente curricular Química Geral.

Para subsidiar o estudo, faremos uso da gamificação que corresponde ao uso de mecanismo de jogos com o objetivo de resolver problemas ou engajar um público específico. A gamificação vem sendo aplicada nas empresas e em outros segmentos como alternativa às abordagens tradicionais, principalmente no que se refere a encorajar pessoas a assumirem determinados comportamentos, familiarizar-se com as novas tecnologias, estimular processo de aprendizagem ou treinamentos e tornar atividades tediosas ou repetitivas mais agradáveis (VIANNA *et al.*, 2013).

A partir do estudo da gamificação, elaboramos um jogo digital voltado para o ensino e aprendizagem da relação dos números quânticos com a estrutura do átomo para alunos do 1^a ano do Ensino Médio, componente curricular Química Geral. O jogo intitulado Aventuras de Atomildo, com jogabilidade em 2D, para computador, está dividido em oito fases, em que o jogador irá explorar um laboratório de Química na busca de pistas, enfrentar inimigos, definir estratégia para manter-se vivo a cada fase, conquistar pontos, recompensas e ao final verificar seu desempenho obtido ao longo do jogo.

Para um melhor entendimento do tema apresentado, destinamos o capítulo 1 desta pesquisa aos números quânticos, dando ênfase aos seguintes pontos: aspectos que envolvem

seu ensino, o que são e como surgiram, alguns recursos didáticos no ensino destes números, o uso de jogos no ensino da Química e o surgimento do problema de pesquisa.

Sendo assim, no capítulo 2, apresentamos a gamificação, destacando seu surgimento, definições e fatores fundamentais para sua compreensão, que são: motivação, engajamento e elementos de jogos. Além disso, apresentamos alguns exemplos de sucesso na área da gamificação e uma estrutura de como gamificar (implementada nesta pesquisa). Em seguida, apresentamos a teoria de ensino usada, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel o qual fornece subsídios para a averiguação da aprendizagem, pois disponibiliza bases para compreender como o aluno constrói significados e a partir disso, indica caminhos no ensino que auxiliem na aprendizagem. E por fim, estabelecemos sua relação com a gamificação.

Já no capítulo 3, propomos a metodologia do trabalho, mostrando as características da pesquisa-ação, os instrumentos de coleta de dados e a sequência didática elaborada segundo os princípios proposto por Zabala (1998), que conta com as seguintes etapas: (1) socialização da proposta; (2) diagnóstico; (3) planejamento da sequência/implementação; e (4) avaliação da aprendizagem. Nesse capítulo, também descrevemos as principais características para a elaboração do produto educacional que se encontra dentro da sequência didática.

A fim de expor os resultados obtidos, apresentamos o capítulo 4. Esse aborda os resultados e discussões das etapas elaboradas para o ensino de números quânticos utilizando o jogo desenvolvido. Nesse capítulo, avaliamos a aprendizagem dos alunos e o recurso em questão por meio de algumas dimensões estabelecidas.

Por fim, apresentamos o guia didático elaborado, para auxiliar professores a utilizar o jogo em sala de aula. Neste item, descrevemos as seções que compõem o guia didático.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Entre as disciplinas escolares com imagem social mais negativa, podemos destacar a Química. São frequentes as referências de caráter antissocial atribuídas a muitos produtos e/ou processos industriais e à responsabilidade pela poluição ambiental. Além de tudo, é ainda legítimo afirmar que o conhecimento químico da população em geral é diminuto, pois quando se pergunta àqueles que estudaram Química apenas na escolaridade obrigatória, que evoquem aprendizagens de Química em contexto escolar é comum apresentarem um desconforto e/ou incompreensão sobre a aplicação de tal conhecimento (MARTINS, 2003).

Lima (2012) relata que o ensino da disciplina se consolida de forma exclusivamente verbalista, em que ocorre uma mera transmissão de informação, sendo a aprendizagem entendida somente como um processo de acumulação de conhecimento e princípios químicos que utilizam algumas expressões matemáticas, quando deveria apresentar significado lógico e interpretação Química dos fenômenos correspondentes.

Ainda segundo Lima (2012), um Ensino Médio significativo exige que a Química assuma seu verdadeiro valor cultural enquanto instrumento fundamental para uma educação de qualidade, capaz de realizar uma interpretação do mundo e da realidade. Para isso, na estruturação das práticas de ensino, é de grande valia utilizar uma abordagem destacando a visão dos conhecimentos por ela desenvolvida como forma de contextualizar e tornar seu ensino mais significativo para o aluno.

Neste sentido, alguns autores acreditam que o uso de práticas pedagógicas baseadas na utilização de fatos do dia a dia é uma forma de exemplificação ou ilustração para ensinar conhecimentos químicos. Jiménez Lizo *et al.* (2002) apontam que o uso de fenômenos cotidianos nas aulas como exemplos imersos em meio aos conhecimentos científicos teóricos é uma forma de torná-los mais compreensíveis. Para isso, Cajas (2001) explica que situações do cotidiano, quando exemplificadas, servem para motivar o aluno a aprender. Geralmente, tais situações são introdutórias aos conteúdos teóricos e têm o objetivo de chamar a atenção do aluno, aguçar sua curiosidade, com o propósito de ensinar.

Já outros autores como Santos e Schnetzler (1996) defendem a ideia de um ensino para formar cidadão, apresentando argumentos relativos às influências da Química na sociedade, passando a exigir deste um mínimo de conhecimento químico para poder participar da sociedade tecnológica atual. Na mesma linha de pensamento, Chassot (1990) explica que o

ensino de Química deve formar cidadãos conscientes e críticos, pois a Química também é uma linguagem que deve facilitar a leitura com o mundo e sua interação com o mesmo.

Assim, temos que a preocupação com a melhoria do ensino não é algo novo, pois várias ações têm sido adotadas com uma significativa produção de propostas de ensino elaboradas por vários educadores na área da Química no Brasil, as quais vêm enfatizando o uso de fatos do cotidiano, a contextualização do conhecimento químico, a experimentação dentre outras propostas (SCHNETZLER, 2010). Apesar do empenho de muitos professores e inúmeros recursos com possibilidade de serem utilizados, Eichler (2007) cita que algumas ações têm buscado, e devem continuar buscando, reestruturar as bases metodológicas e curriculares do nosso sistema educacional, de modo a auxiliar na melhoria do ensino.

Neste trabalho, temos como proposta de ensino o uso da gamificação, que surge como uma metodologia atrativa capaz de incentivar e estimular o aluno a realizar uma tarefa/missão ou até mesmo solucionar um problema no contexto da aprendizagem, permitindo que de forma lúdica, o conteúdo de interesse seja desenvolvido e explorado em sala de aula.

1.1 Aspectos que envolvem o Ensino de Números Quânticos

Conceitos relacionados à mecânica quântica são conceitos que não podem ser vivenciados diariamente e conseqüentemente imaginados. Dentro deste campo, temos os números quânticos advindos da mecânica quântica e demasiadamente abstratos para serem trabalhados no Ensino Médio em virtude da dificuldade de transpor didaticamente o conteúdo sem fazer uso de novos conceitos e mais complexos (CASTRO; CAVALCANTE, 2016).

Castro e Cavalcante (2016) sinalizam que atualmente, o ensino de conceitos e de conteúdos são trabalhados de forma descontextualizadas e desconexas, contribuindo para um ensino por memorização e pouco significativo para o estudante. Segundo os autores, o conteúdo de números quânticos se enquadra neste cenário em razão do seu ensino ser marcado pela ausência de uma construção histórica no processo de ensino e aprendizagem.

Choda e Chenprakhon (2015) descrevem que o aprendizado deste conteúdo é descrito como difícil para o aluno, já que é puramente abstrato. Como alternativa, os autores acreditam que o uso de um recurso (modelo físico) pode facilitar a compreensão conceitual dos números quânticos. Contudo, Bianco e Meloni (2019) advertem que, uso de imagens ou metáforas as quais se aproximam de modelos concretos para abordar conceitos abstratos como os que são

envolvidos na mecânica quântica são distorcidos em seus verdadeiros significados, pois quando há uso de imagens ou metáforas próximas de modelos concretos, há um distanciamento dos formalismos matemáticos.

Ainda sobre a abstração acerca dos NQ's, Castro e Cavalcante (2016), destacam que é uma dificuldade que ganha força quando se utiliza somente o livro didático como recurso em sala de aula, pois segundo eles, a forma como o conteúdo é abordado nos livros é meramente expositiva e desconexa, uma vez que não dispõe de fenômenos da natureza que possam ter correlação com os números quânticos. Reforçando esta ideia, Melo e Lima Neto (2013), explicam que não é uma característica dos livros didáticos tradicionais apresentarem uma relação do modelo com o fenômeno.

Outro ponto levantado se trata do ensino descontextualizado destes números que é recorrente e evidenciado no processo de transposição didática¹, no qual os NQ's são apresentados de maneira simplificada e distante do cotidiano do aluno, contribuindo tanto para a descontextualização, quanto para a descaracterização do campo de conhecimento (SILVA; CHAGAS, 2017). Este último ocorre quando a finalidade é meramente operacional e ilustrativa dos números quânticos, porquanto no Ensino Médio estes números não apresentam outra função a não ser caracterizar o átomo na tabela periódica. Diante disso, Castro e Cavalcante (2016), ressaltam que mais importante que caracterizar o átomo é compreender suas propriedades e interpretar fenômenos do cotidiano.

Na visão de Lopes (1996), a conservação do caráter operacional e ilustrativo dos números quânticos pode ser justificada pela ausência de outros conceitos que precisam ser trabalhados para auxiliar na sua compreensão. Todavia, o autor admite que na prática é comum retirar um conceito científico do seu contexto original e tentar explicá-lo no contexto escolar de maneira simplificada ou até mesmo equivocada, na intenção de que o aluno possa compreender.

Uma alternativa para que o ensino dos NQ's de modo a não priorizar, somente, o caráter operacional e ilustrativo é por meio de uma abordagem contextualizada que favoreça uma construção histórica, pois normalmente seu ensino não aborda aspectos históricos e nem o que representam na natureza. Pelo contrário, os alunos estudam o conteúdo, mas não sabem como surgiram e nem sua funcionalidade (CASTRO; CAVALCANTE, 2016).

Em relação à referida abordagem, a BNCC nos fornece a seguinte descrição:

¹ Transposição Didática: Consiste em transformar conhecimento científico em conhecimento escolar (ALMEIDA, 2011).

A contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura (BRASIL, 2018, p. 550).

Ainda segundo a BNCC, a questão da contextualização histórica, visa estabelecer uma comparação de distintas explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas e o reconhecimento dos limites explicativos das ciências, possibilitando oportunidades para que os alunos compreendam o processo de construção do conhecimento científico (BRASIL, 2018). Corroborando com esse pensamento, Chevallard (1991) afirma que, para que um saber possa ser transportado efetivamente é preciso de uma consensualidade, ou seja, de uma verdade histórica, nem que esta seja momentânea, como forma de evidenciar os avanços pela qual ciência passou.

Também em defesa dessa abordagem e de sua relevância, Luca (2015) explica que a ciência é uma construção humana, sujeita a influências que englobam fatores sociais, econômicos e culturais de seu tempo. Desse modo, sempre que possível, deve-se usar uma abordagem que privilegie os fatos históricos que contribuíram para as mudanças nos paradigmas aceitos em uma dada época, apresentando o próprio discurso dos cientistas para representar essas mudanças.

Diante dos pontos mencionados, neste trabalho, visamos utilizar uma abordagem que favoreça uma construção histórica como forma de ensinar os NQ's a partir do processo de evolução dos modelos atômicos, no intuito de possibilitar um ensino contextualizado e mais significativo para o aluno.

1.2 Números Quânticos: O que são e como surgiram

O avanço no conhecimento sobre a estrutura da matéria proporcionou a compreensão do átomo como um sistema contendo um núcleo e elétrons, inclusive, contou com contribuições de teorias quânticas que possibilitaram o aperfeiçoamento dessa compreensão. Dentre as teorias, podemos citar a do físico austríaco Erwin Schrödinger que construiu um formalismo matemático, sob a perspectiva ondulatória, para descrever o comportamento do elétron no átomo. Esse formalismo, comumente representado por uma equação que leva seu nome, foi responsável pelo desenvolvimento de conceitos e tecnologias conhecidas,

A equação de Schrödinger propiciou o desenvolvimento de conceitos teóricos primordiais para a explicação dos números quânticos e dos orbitais atômicos. Sendo assim esses conceitos derivados da equação apontada, reforça a visão da inserção desses tópicos para os discentes do ensino médio, uma vez que todo o processo de construção da fundamentação teórica teve implicações diretas no desenvolvimento de diversas tecnologias, como a computação, o GPS e a televisão, que hoje fazem parte do cotidiano dos discentes [...] (SILVA; CHAGAS, 2017, p. 290).

Do formalismo de Schrödinger surgem três números quânticos: o número quântico principal (n), o número quântico secundário ou de momento angular (l), e o número quântico magnético (m_l) e posteriormente o *spin* (s) que ajudam a caracterizar e identificar o estado do elétron no átomo.

O primeiro número quântico é chamado de número quântico principal representado pela letra n e foi introduzido no modelo do físico Niels Bohr. A partir do modelo de Rutherford e das ideias Planck (quantização), Bohr em 1913 elaborou seu modelo atômico que pode ser resumido nos seguintes postulados:

1. Um elétron em um átomo se move em uma órbita circular em torno do núcleo sob influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica.
2. Em vez da infinidade de órbitas que seriam possíveis segundo a mecânica clássica, um elétron só pode se mover em uma órbita na qual seu momento angular orbital L é um múltiplo inteiro de h (a constante de Planck dividida por 2π).
3. Apesar de estar constantemente acelerado, um elétron que se move em uma dessas órbitas possíveis não emite radiação eletromagnética. Portanto sua energia total E permanece constante.
4. É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia total E_i , muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total E_f . A frequência da radiação emitida ν é igual à quantidade $(E_i - E_f)$ dividida pela constante de Planck h . (EISBERG; RESNICK, 1979, p. 138).

Com os postulados, Bohr conseguiu explicar o espectro do átomo de hidrogênio. A fórmula deduzida para o átomo esse foi a seguinte:

$$E(n) = - \frac{1}{n^2} \cdot 13,6 \text{ eV} \quad (1)$$

Para chegar a equação 1, Bohr aplicou as ideias de quantização de Planck às órbitas dos elétrons, ou seja, os elétrons se movem somente em órbitas específicas. É a partir disso que surge o primeiro número quântico principal, relacionado à distância dos elétrons ao núcleo. No modelo de Bohr dependendo do tipo de órbita que o elétron se encontra, que é definida pelo n , a ele vai estar associada uma quantidade de energia e um valor de momento angular.

Apesar do sucesso da teoria de Bohr, ele não apresentou uma justificativa de porque as órbitas eram quantizadas e não conseguiu explicar muitos fenômenos observados na natureza. Mesmo assim, o estudo do átomo se intensificou muito no período de 1920 com o seu modelo, pois vários eram os questionamentos sobre como realmente era a organização da matéria, até que em 1924, Louis de Broglie abordou o caráter dualístico da matéria e sugeriu que todas as partículas deveriam ser compreendidas como tendo propriedades de ondas (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018). Logo, de Broglie sugeriu a relação representada na Equação 2, sendo λ o comprimento de onda, h a constante de Planck e p o produto da massa pela velocidade da partícula ($p = mv$).

$$\lambda = h/p \quad (2)$$

É importante destacar que a matéria tem caráter de onda ou de partícula, mas não os dois simultaneamente. De acordo com Eisberg e Resnick (1979) este quesito é resumido no princípio da complementaridade de Bohr no qual o modelo corpuscular e ondulatório apresentam descrições complementares e não contraditórias.

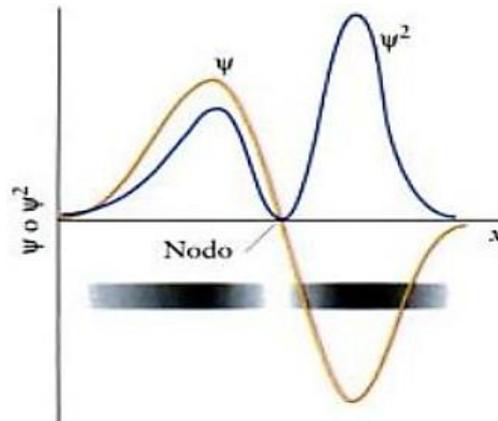
Na tentativa de explicar a estrutura fina do espectro do átomo de hidrogênio, Arnold Sommerfield considerou que o elétron no átomo se movia em órbitas elípticas. Para as órbitas circulares Bohr introduziu a quantização do momento angular, mas para órbitas elípticas, além da quantização do momento angular, é necessário considerar a quantização do momento linear, pois na elipse o raio não é constante. Nisto, origina-se dois números quânticos, o radial, n que é uma medida do eixo maior da elipse e o do momento angular e k chamado de azimutal (atualmente l) que trata-se de uma medida do eixo menor (SALA, 2007).

Segundo Eisberg e Resnick (1979) esta teoria falha quando aplicada a átomos de dois elétrons, além de não explicar como calcular as intensidades das linhas espectrais. Até que, em 1926 baseado no caráter ondulatório da matéria, Erwin Schrödinger propõe um novo formalismo para a teoria quântica. A sua formulação inclui tanto o caráter corpuscular quanto o ondulatório da matéria. A equação proposta por ele possui a seguinte forma:

$$\frac{-\hbar^2 \nabla^2 \Psi}{2m} = \frac{i\hbar \partial \Psi}{\partial t} \quad (3)$$

No mesmo ano, o físico alemão Max Born propõe uma interpretação física para o quadrado da função de onda de Schrödinger, pois a função de onda Ψ em si não tem nenhum significado físico. Na interpretação de Born, a probabilidade de encontrar uma partícula em uma região é proporcional ao valor de Ψ^2 (Figura 1) (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Figura 1: Interpretação de Born da função de onda



Fonte: Atkins (2006, p. 12).

Tal resultado foi alcançado porque com a resolução da equação de Schrödinger, é possível obter várias funções de onda como soluções e que fornecem todas as informações sobre o estado de um sistema físico. É durante a resolução dessa equação para o átomo de hidrogênio que se tem o surgimento dos três primeiros números quânticos.

O número quântico principal (n) surge a partir da solução da equação de onda para uma partícula confinada em uma caixa de dimensão finita. Neste sistema, temos uma partícula que se encontra confinada entre duas paredes rígidas separadas por uma distância L . A partícula atua como uma onda e somente alguns comprimentos de onda são possíveis no sistema (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018). Para este caso, temos a seguinte função de onda:

$$\Psi_n(x) = \left(\frac{2}{L}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad n = 1, 2, \dots \quad (4)$$

Em virtude da condição de quantização da partícula na caixa, tem-se o primeiro número quântico que surge naturalmente como uma solução da equação de onda. No que se refere a energia da partícula neste tipo de sistema é fornecida pela equação 5:

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2} \quad n = 1, 2, \dots \quad (5)$$

Como n só pode assumir valores inteiros, a energia da partícula é quantizada, ou seja, ela está restringida a uma série de valores discretos denominados níveis de energia (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018). Dessa maneira, não é possível para a partícula existir na caixa com qualquer energia além dos valores definidos pela equação 5.

Os números quânticos magnético (m_l) e secundário (l), respectivamente, surgem da solução da equação de onda para o modelo do rotor rígido. A partir da quantização do rotor rígido, obtém-se a função de onda formada pelos seguintes harmônicos esféricos:

$$Y_l^m(\theta, \varphi) = N_{ml} P_l^{|m_l|}(\cos \theta) e^{im_l\varphi} \quad (6)$$

Em que N é a constante de normalização da função, P são polinômios de Legendre. Os harmônicos esféricos são obtidos a partir da conversão do sistema de coordenadas cartesianas x , y e z para o sistema de coordenadas esféricas r , θ e φ . Com essa mudança de coordenadas é possível reescrever a função de onda como um produto de duas funções, uma com dependência radial e a outra angular (7). Essa última, pode ser separada no produto de duas outras funções, na qual uma depende de θ e a outra de φ (8).

$$\psi(r, \theta, \varphi) = R(r) Y(\theta, \varphi) \quad (7)$$

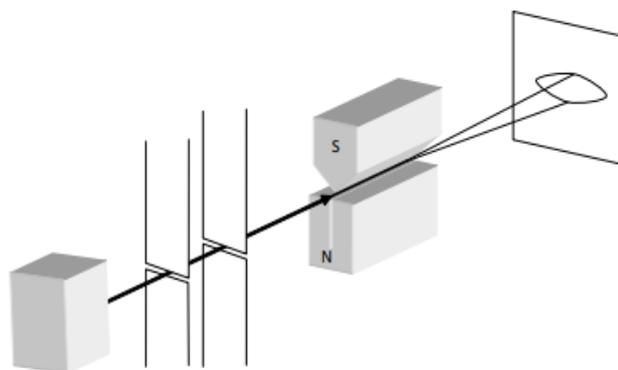
$$Y(\theta, \varphi) = \Phi(\theta)\Theta(\varphi) \quad (8)$$

O número quântico magnético m_l surge na Equação 6 podendo variar de $-l \dots 0 \dots +l$ e l é denominado de número quântico secundário ou azimutal. A equação para $\Phi(\theta)$ só apresenta soluções aceitáveis para certos valores de m_l . Utilizando desses valores de m_l na equação para $\Theta(\varphi)$ apresenta-se também só soluções aceitáveis para certos valores de l (EISBERG; RESNICK, 1979).

Assim, temos que a função de onda de um sistema como no caso do átomo de hidrogênio se encontra associado a três números quânticos n , l e m_l , sendo estes relacionados com o tamanho e energia do orbital, sua forma e orientação no espaço, respectivamente (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Já o quarto número, o número quântico de *spin* foi introduzido a partir do experimento realizado em 1922 por Otto Stern e Walther Gerlach. O experimento consistiu no envio de feixes átomos de prata vaporizado em um campo magnético não-uniforme produzido por um ímã, e analisar a deposição desses átomos em uma placa coletora (GOMES; PIETROCOLO, 2011). A Figura 2, demonstra a representação esquemática do experimento.

Figura 2: Representação do experimento de Stern-Gerlach



Fonte: Gomes e Pietrocolo (2011, p. 4).

A previsão clássica para o experimento era que o feixe defletido se espalharia de forma contínua na placa coletora, porém observou-se que o feixe de átomos de prata se dividiu simetricamente em duas regiões na placa coletora, um resultado já esperado na mecânica quântica (EISBERG; RESNICK, 1979).

A finalidade do experimento proposto por Stern e Gerlach era testar a quantização espacial, ou seja, se o momento angular de átomos neutros era ou não quantizado, em meio a um campo magnético externo. Diante dos resultados, eles acreditavam que o momento magnético do átomo seria decorrente do movimento orbital do elétron de valência, mas na verdade, o momento magnético citado era o momento angular de *spin* do elétron, devido os átomos de prata possuírem um elétron no subnível *s* na camada de valência tem-se o número quântico secundário $l = 0$, logo momento angular orbital seria igual a zero. Assim, o que Stern e Gerlach mediram era o momento de *spin* do elétron e não o momento magnético orbital (GOMES; PIETROCOLO, 2011).

O *spin* do elétron é uma propriedade quântica intrínseca dele e sem análogo clássico, podendo possuir apenas dois valores diferentes, que normalmente são nomeados de para cima $+\frac{1}{2}$ e para baixo $-\frac{1}{2}$ (KNIGHT, 2009). Na notação de Dirac, o *spin* é representado por meio de dois estados $|\uparrow\rangle$ e $|\downarrow\rangle$ (NOVAES; STUDART, 2016). Quanto ao crédito da introdução do *spin* do elétron, normalmente, é atribuído a Goudsmit e Uhlenbeck, que sugeriram a existência de um momento angular e momento de dipolo magnético (EISBERG; RESNICK, 1979).

Com isso, as soluções da equação de Schrödinger podem ser descritas por três números quânticos n , l e m , porém o experimento de Stern e Gerlach mostrou que essa não é a descrição completa de um átomo, pois saber estes três números não prever o desvio que o elétron sofrerá

(para cima ou para baixo) em um campo magnético não-uniforme. Assim, adicionou-se o número quântico de *spin* para completar a descrição (KNIGHT, 2009).

No âmbito da Química, os números quânticos apresentam como principal função fornecer informações sobre os átomos. Estes números permitem identificar completamente um elétron em qualquer orbital atômico, criando uma analogia de que estes números são o “endereço” de um elétron em um átomo, da mesma maneira que os nomes de rua, cidade, estado e código postal (CEP) indicam o endereço de uma pessoa (CHANG; GOLDSBY, 2013). Para tanto, nos valem das seguintes descrições na Química para os números quânticos:

O número quântico principal (n) indica a camada eletrônica que o elétron se encontra. Atualmente, são conhecidas sete camadas eletrônicas (K, L, M, N, O, P e Q), as quais podem ser ocupadas considerando os elementos químicos até hoje descobertos. Esse número, pode assumir valores inteiros 1, 2, 3, e assim sucessivamente, além de indicar o tamanho do orbital, tendo valores mais altos de n aqueles orbitais de maior energia e mais difusos do que aqueles com menores valores de n , que são orbitais de baixa energia e mais fortemente ligados ao núcleo, com explicam Weller *et al.* (2017).

O número quântico de momento angular (l) revela a existência de subníveis ou subcamadas dentro de um certo nível/camada de energia. Por meio dele, define-se a forma do orbital e seus valores dependem do número quântico principal, assim l apresenta valores inteiros possíveis entre 0 e $(n-1)$ designados pelas letras *s*, *p*, *d* e *f* (CHANG, 2007). Desse modo, $l = 0$, indica o subível s; $l = 1$, indica o subível p; $l = 2$, indica o subível d; $l = 3$, indica o subível f.

O número quântico magnético (m_l) não interfere na energia do elétron e é oriundo do número quântico secundário. Por esse motivo, além de indicar o orbital que o elétron se encontra, esse número indica também a orientação espacial do orbital. Assim, m_l pode assumir qualquer valor inteiro entre $-l \dots 0 \dots +l$ (CHANG, 2007).

O número quântico de *spin* (s) trata-se de uma propriedade dos elétrons, no qual se descreve o sentido de rotação destes que pode ser no sentido horário ou anti-horário (\uparrow ou \downarrow). Normalmente, esses números apresentam dois valores possíveis, que são: $+1/2$ e $-1/2$, os quais atribuem-se arbitrariamente aos elétrons (CHANG; GOLDSBY, 2013).

Como forma de identificar os números quânticos de um certo átomo, recorre-se ao estudo de distribuição ou configuração eletrônica que descreve o arranjo dos elétrons em volta do átomo, fornecendo o número de elétrons em cada nível e subnível de energia. Essa distribuição dos elétrons é feita por ordem crescente de energia, por meio do diagrama de

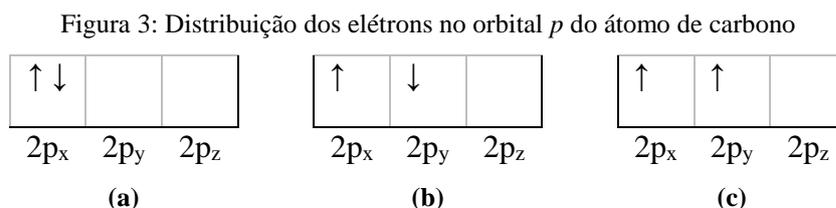
subníveis energéticos ou diagrama de Pauling, em homenagem ao químico Linus Pauling (PERUZZO, 2014). A partir dessa distribuição, é possível identificar os dois primeiros números quânticos, que são: o n e o l .

Associado ao uso do artifício da distribuição eletrônica de Pauling, dois conceitos precisam ser considerados neste estudo, são eles: princípio da exclusão de Pauli e regra de Hund. Com esses conceitos, conseguimos completar a caracterização do elétron átomo, pois nos fornecem informações relacionadas à orientação do orbital e do elétron, ou seja, o m_l e o s .

O princípio da exclusão de Pauli foi formulado pelo físico austríaco Wolfgang Pauli. Esse princípio determina que dois elétrons em um mesmo átomo não podem ter o mesmo conjunto de quatro números quânticos. Caso isso ocorra, então eles devem apresentar valores diferentes de s . Portanto, dois elétrons podem ocupar o mesmo orbital, desde que esses elétrons tenham *spins* opostos (CHANG; GOLDSBY, 2013).

Tal princípio é tido como um dos princípios fundamentais da mecânica quântica e pode ser comprovado por uma simples observação. No caso de dois elétrons no mesmo orbital de um átomo apresentarem *spins* paralelos ($\uparrow\uparrow$ ou $\downarrow\downarrow$) ou desemparelhados, temos uma espécie denominada paramagnética que são atraídas por um ímã. Em contrapartida, se os *spins* eletrônicos estão antiparalelos entre si ($\uparrow\downarrow$) ou emparelhados, temos uma espécie diamagnética que são fracamente repelidas por um ímã (CHANG; GOLDSBY, 2013).

A regra de Hund ou regra da máxima multiplicidade foi idealizada pelo físico Frederick Hund em que determina que no preenchimento dos orbitais do mesmo subnível, os elétrons devem ser inseridos em orbitais vazios, de modo que cada orbital possua um elétron com o mesmo *spin*. Os próximos elétrons a serem inseridos deverão apresentar *spins* opostos em relação aos já existentes no orbital. Para exemplificar essa regra, temos o átomo de carbono de configuração $1s^2 2s^2 2p^2$ com três possibilidades de adicionar os dois elétrons de valência no orbital p , conforme representado na Figura 3:



Fonte: Chang e Goldsby (2013, p. 307).

Nenhum dos arranjos representados acima infringe o princípio da exclusão de Pauli, porém precisou-se determinar quais deles forneceria mais estabilidade ao átomo de carbono. A

resposta para isso, foi fornecida pela regra de Hund ao afirmar que, quando mais de um elétron é inserido em um conjunto de níveis degenerados, o arranjo mais estável é aquele que tem o maior número de *spins* paralelos, logo o arranjo mais estável é o (c). No campo da física, a regra de Hund reside no fato de que o princípio da exclusão de Pauli não permite que dois elétrons com *spins* paralelos se aproximem um do outro, pois inserir dois elétrons em orbitais diferentes diminui a repulsão eletrostática entre eles, conferindo maior estabilidade (CHANG, 2010).

Quanto a relevância do estudo de NQ's e dos tópicos relacionados, como descrito anteriormente, reside na possibilidade de caracterizar um elétron no átomo e subsidiar o ensino de conteúdos posteriores, como o de Tabela Periódica, pois ajuda a explicar sua estrutura (WELLER *et al.*, 2017). Segundo os autores, os blocos da tabela indicam o tipo de subcamada sendo ocupada de acordo com o princípio do preenchimento, fazendo referência ao número quântico secundário (l). O número do período é o valor do número quântico principal (n) da camada que está sendo ocupada nos grupos principais da tabela.

1.3 Alguns Recursos no Ensino de Números Quânticos

Com a finalidade de dialogar com experiências que trabalharam a mesma temática deste estudo, realizamos um levantamento via *internet* de produções científicas que elaboraram algum recurso voltada para o ensino dos números quânticos. A partir desse levantamento, destacamos quatro artigos na intenção de verificar suas contribuições no ensino e de que modo estão relacionados com o recurso oriundo desta pesquisa.

No primeiro artigo, temos a proposta de Choda e Chenprakhon (2015) que utilizaram de um modelo físico para facilitar a compreensão conceitual dos números quânticos, sua aplicação e tópicos relacionados, como configuração eletrônica, princípio da exclusão de Pauli e regra de Hund. Como justificativa para criação do modelo, os autores alegam que o aprendizado neste tópico é considerado difícil para o aluno por ser muito abstrato e uma das alternativas considerada eficaz é uso de analogias e técnicas mnemônicas para memorizar e lembrar, conforme explica os autores.

O modelo conta com camadas nomeadas de K, L, M e N ou designadas como 1, 2, 3 e 4 para representar o número quântico principal (n), o que ajudará também na sua relação com os números quânticos de momento angular (l). Para representar o número quântico magnético (m), todos os orbitais receberam letras e números. O orbital s não possui orientação e é

designado como 0, p possui três orientações dos orbitais (p_x , p_y e p_z), designadas por -1, 0 e +1, d possui cinco orientações e f apresenta sete orientações. Essas orientações foram representadas em termos de letras e números. Os orbitais com a mesma energia foram colocados na mesma altura para ajudar os alunos a visualizarem a variação de energia nas subcamadas. O modelo completo com camadas, subcamadas e orbitais e seus respectivos números quânticos é representado na Figura 4.

Figura 4: Modelo físico usado para o ensino de números quânticos



Fonte: Choda e Chenprakhon (2015, p. 406).

Os números quânticos de *spin* foram representados por esferas de cores distintas. Cada orbital é feito para ser preenchido com duas esferas (elétrons) com cores diferentes, uma pode representar rotação do elétron no sentido horário e outra no sentido anti-horário. Para esta estrutura, os autores enfatizaram que os professores precisavam garantir que os alunos compreenderam o motivo pelo qual o mesmo orbital é ocupado por esferas de diferentes cores, fazendo referência ao princípio de exclusão de Pauli.

De acordo com os autores, o uso do modelo permitiu que os alunos aplicassem os princípios e regras para escrever a configuração eletrônica por meio de atividades divertidas. Além disso, este modelo construído também pode ser usado para ensinar não apenas números quânticos, mas também pode ser usado para ensinar outros tópicos de Química relacionados a esses números e configuração eletrônica, como tabela periódica, periodicidade dos elementos, ligação química, regras do octeto e propriedades diamagnéticas e paramagnéticas do elemento.

De modo semelhante, temos o segundo artigo que trata-se de um modelo físico desenvolvido por Garofalo (1997) o qual descreve a dificuldade dos alunos em relacionar números quânticos ao conceito de orbital (local de maior probabilidade de encontrar um elétron), configurações eletrônicas e níveis de energia. Para isso, o autor acredita que "ao habitar os elétrons", os alunos combinam esses três conceitos de maneira concreta e prática. Nessa

perspectiva, elaborou para o ensino de números quânticos um modelo baseado na construção de quatro casas (Figura 5). Cada casa representa um nível de energia, o número quântico principal (n), cada andar da casa representa o número quântico secundário (l) e cada quarto representa o número quântico magnético (m). Quando os níveis são organizados adequadamente, os cômodos das casas, que correspondem ao (m), devem alinhar-se com as caixas que representam o diagrama de distribuição eletrônica. Em seguida, os alunos iniciam o alojamento dos elétrons e a discussão sobre o princípio de Aufbau, regra de Hund e o princípio da exclusão de Pauli.

Figura 5: Modelo sala de aula para ensinar números quânticos

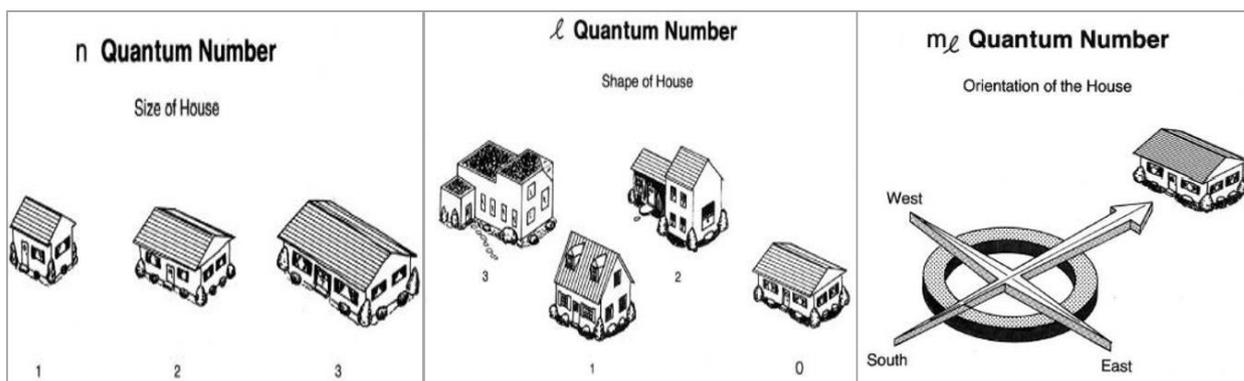


Fonte: Garofalo (1997, p. 709).

Como resultado, o autor cita que os alunos responderam excepcionalmente bem para o modelo de habitação, pois trata-se de algo concreto e agradável para eles. Pode ser utilizado para apresentar a maior parte da teoria associada a configurações eletrônicas. O modelo foi usado para ilustrar a fórmula $2n^2$ (número máximo de elétrons em um nível ou camada) e discutir o caso de elétrons excitados.

No terceiro artigo, Fortman (1993) faz uso de analogias no ensino de números quânticos como forma de fornecer boas conotações quanto ao tamanho, forma e orientação dos orbitais (Figura 6). O número quântico principal se encontra relacionado ao tamanho do orbital atômico representado por casas, onde valores maiores representam casas maiores. O número quântico secundário, fornece a forma do orbital, para isso o autor disponibiliza casas com diferentes estruturas que correspondem a um número quântico secundário específico. O número quântico magnético que tem a ver com a orientação do orbital no espaço é relacionado às diferentes orientações que a casa se encontra.

Figura 6: Analogias para os números quânticos n , l e m



Fonte: Fortman (1993, p. 649).

De acordo com Fortma (1993), embora essas analogias tenham vantagens para representar o tamanho, a forma e orientação, elas não apresentam aporte para se referir claramente a diferentes elétrons em um mesmo átomo.

No quarto artigo, Goh, Chia e Tan (1994) seguem a mesma linha e utilizam do endereço de um inquilino como analogia para o ensino de números quânticos. A partir de informações, como: nome do bairro, da rua, número da casa e nome do inquilino, é possível encontrá-lo. De forma análoga, os alunos no Ensino Médio podem utilizar os números quânticos (principal, secundário, magnético e *spin*) para encontrar o endereço de um elétron. No entanto, precisam ser informados que dois elétrons no mesmo átomo não podem ter os quatro números quânticos iguais (Princípio da exclusão de Pauli), assim como dois inquilinos não podem ter exatamente o mesmo endereço e nome.

Por último, Goh, Chia e Tan (1994) mencionam que o uso da analogia proposta pauta-se na ideia de tornar os conceitos em questão mais concretos e fáceis de serem visualizados pelos alunos. Contudo, os autores pedem cautela no seu uso em sala de aula, pois é preciso deixar claro que uma analogia nunca será idêntica a um conceito, somente em alguns aspectos.

Diante dos recursos apresentados, compreendemos que são válidos na medida que materializam o conteúdo e se aproximam da realidade dos alunos, porém a consistência dos recursos estar na inserção de outros tópicos, como: distribuição eletrônica, princípio da exclusão de Pauli e regra de Hund, possibilitando uma combinação de diferentes conceitos e sua aplicação. Sendo assim, consideramos que esses tópicos utilizados para subsidiar o ensino de NQ's são de extrema relevância e por essa razão também abordados no recurso desenvolvido nesta pesquisa.

1.4 Jogos como Recurso no Ensino

No Ensino Médio, muitos professores não se consideram providos conceitual, metodológica e atitudinalmente para ensinar um conteúdo que irão ministrar, tão pouco elaborar atividades interessantes, motivadoras e atrativas para seus alunos. Tal fato deve-se a formação, geralmente, desprovida de aspectos didático-pedagógicos no processo formativo (VICENTE; COMIOTTO, 2016).

Uma forma de amenizar este cenário, segundo Castoldi e Polinarski (2009) é a partir da utilização de recursos didáticos que podem ser uma alternativa para preencher lacunas deixadas pelo ensino tradicional, e um caminho para trabalhar o conteúdo de forma diversificada e tornar os alunos participantes do processo de aprendizagem.

Souza (2007) descreve que um recurso didático é todo material usado pelo professor para auxiliar no ensino e aprendizagem dos alunos em relação ao conteúdo proposto. Seu uso pode ser fundamental para o desenvolvimento cognitivo do aluno, pois este tem a oportunidade de aprender de forma mais efetiva e marcante. Na sala de aula, muitos recursos didáticos podem ser utilizados para mediar a relação professor, aluno e conhecimento, como: quadro de giz, projetor, jogos, visitas técnicas para pesquisa de campo dentre outros. A escolha do recurso mais adequado para um momento específico, fica a critério do professor, associado à sua formação e concepção pedagógica.

Alves (2018) relata que para o aluno se sentir motivado, ter vontade de aprender e ser mais participativo nas aulas, seria recomendável utilizar o lúdico nas atividades escolares, pois tais atividades são divertidas proporcionam imersão total e prazer. Campos, Bortoloto e Felício (2003) descrevem que pelo fato integrar aspectos lúdicos ao cognitivo, os jogos são um importante recurso para o ensino e aprendizagem de conceitos abstratos e complexos, propiciando o desenvolvimento de motivação, raciocínio, argumentação e interação entre aluno e professor. Validando esta ideia, Cunha (2004) aponta que os jogos também funcionam como um reabilitador da aprendizagem por meio da experiência vivenciada pelos alunos não só no campo do conhecimento, mas também no campo afetivo e social.

Vianna *et al.* (2013) relatam que um dos principais fatores que justificam todo o interesse que os jogos têm despertado nos últimos tempos se encontra na atratividade que o recurso exerce sobre as pessoas, e de como essa capacidade de gerar engajamento e dedicação pode ser aplicada a outras finalidades. Como forma de compreender isso, Kishimoto (1996)

explica que de modo geral, os jogos sempre estiveram presentes na vida das pessoas, seja como elemento de diversão, disputa ou como forma de aprendizagem. Mediante a uma análise em diferentes épocas, a autora constatou-se que jogar sempre foi uma atividade inerente do ser humano, porém em cada contexto social cria-se uma imagem de jogo, conforme seus valores e modo de vida.

Somente a partir do século XVI, durante o Renascimento, os humanistas percebem o valor educativo dos jogos que, nessa época, deixaram de ser objeto de reprovação e integram-se à vida de jovens e adultos, seja como forma de diversão, seja como elemento educativo. Assim, podemos dizer que foi no referido século que ocorreu o nascimento dos jogos educativos. Nesta circunstância, os colégios de ordem jesuítas foram os primeiros a inserir os jogos na sala de aula como recurso didático (CUNHA, 2012).

Para compreender o que é um jogo, Soares (2008) fez um levantamento a respeito do tema no intuito de delimitar seu conceito, pois falar de jogo é entrar num campo repleto de definições e de entendimentos em diferentes esferas da sociedade. Assim, o autor considera que o jogo é

O resultado de interações linguísticas diversas em termos de características e ações lúdicas, ou seja, atividades lúdicas que implicam no prazer, no divertimento, na liberdade e na voluntariedade, que contenham um sistema de regras claras e explícitas e que tenham um lugar delimitado onde possa agir: um espaço ou um brinquedo (SOARES, 2008, s/p).

Em concordância com a definição descrita, autores como Alves (2015) e Vianna *et al.* (2013) ao definirem um jogo destacam suas principais características que também são responsáveis por atrair os usuários a participarem e se envolverem. Segundo esse entendimento, McGonigal (2017) constatou que todos os jogos, independente de gênero, faixa etária e outros quesitos, compartilham quatro características que os definem: “*meta, regras, sistema de feedback e participação voluntária* (MCGONIGAL, 2017, p. 30)”. Tais características são pautados a seguir, conforme a compreensão da autora:

A Meta é o resultado que os jogadores vão se empenhar para alcançar. Ela prende a atenção e orienta de forma contínua a participação dos jogadores ao longo do jogo. Além disso, proporciona um senso de objetivo, pois orienta e permite que o jogador elabore estratégias para obter êxito.

As Regras são responsáveis por impor limitações para atingir as metas, impedindo ou limitando que o jogador procure por maneiras óbvias e explore possibilidades desconhecidas

para alcançar o objetivo pretendido. As regras determinam o que é permitido no jogo para alcançar os objetivos, porém seu descumprimento acarreta o fim do jogo.

O Sistema de *Feedback* informa aos jogadores o quão próximo estes estão de atingir suas metas. Tal sistema pode assumir a forma de pontos, fases, placar ou barra de progresso. Este elemento, serve para notificar de modo instantâneo se a ação praticada pelo jogador foi positiva ou negativa dentro do jogo, se houve uma aproximação ou distanciamento das metas.

A última característica é a participação voluntária no qual determina que cada jogador aceite, voluntariamente, a meta, as regras e o *feedback*, estabelecendo assim uma base comum para os jogadores. Essa característica, oferece a liberdade para entrar e sair de um jogo por vontade própria, indicando que não pode ser imposto.

Prensky (2012) ao pontuar os elementos estruturais de um jogo apresenta novos elementos, além dos pautados anteriormente, como: conflito, competição, desafio, interação e enredo. O autor também reforça que apesar da infinidade de jogos existentes, todos ou quase todos contêm os elementos citados, independente da categoria (digital, analógico ou pervasivo) ou gênero (ação, aventura, estratégia, quebra-cabeça e simulação).

No âmbito educacional, o fato dos jogos serem associados com ideia de prazer, alguns professores ainda não os veem com bons olhos, pois confundem a interação e diversão dos alunos com indisciplina e ficam com receio de perder o controle da classe (CASTRO; COSTA, 2011). Por outro lado, Cunha (2012), enfatiza que os jogos didáticos, quando levados à sala de aula, proporcionam aos estudantes modos diferenciados para aprendizagem de conceitos e desenvolvimento de valores. E é nesse sentido que reside a maior importância dos jogos como recurso didático.

Na Química, os jogos didáticos caracterizam-se como ferramentas que podem auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Tendo em vista que os conteúdos nessa disciplina abordam aspectos que requerem a abstração por parte dos alunos e que, normalmente, são difíceis de serem compreendidos. A partir dessa visão, a utilização de jogos pode minimizar essa dificuldade e facilitar a compreensão dos conteúdos na disciplina (SILVA; CORDEIRO; KIILL, 2015).

Quanto às formas de utilizar os jogos como recurso didáticos no ensino de Química, Cunha (2012, p. 95) apresenta algumas situações na qual o jogo pode ser usado pelo docente, como: a) apresentar um conteúdo programado; b) demonstrar aspectos relevantes de conteúdo; c) avaliar conteúdos já desenvolvidos; d) revisar e/ou sintetizar pontos ou conceitos relevantes;

e) destacar e organizar temas e assuntos importantes do conteúdo; f) integrar assuntos e temas de forma interdisciplinar; e g) contextualizar conhecimentos. Contudo, a autora destaca que o professor precisa ter claro o seu objetivo de ensino e a definição correta do momento em que o jogo se torna mais didático no seu planejamento.

Levando em consideração o jogo como um recurso com potencial para o ensino de Química, realizamos uma busca utilizando o Google Acadêmico com o seguinte unitermo: "Jogos no Ensino da Química" obtendo 48 resultados. Diante do número de resultados, adotamos como critério de inclusão trabalhos que foram publicados e implemento com alunos e como critério de exclusão artigos resumidos ou não relevantes (excluídos pelo, título ou resumo não relacionado ao uso de jogos no ensino da Química).

No Quadro 1, apresentamos os trabalhos selecionados que fizeram uso de jogos no ensino da Química.

Quadro 1: Jogos usados na Química

Título	Autor e Ano	Formato/Conteúdo
Relato de experiência: a utilização de jogos de cartas como facilitador no processo de ensinoaprendizagem de introdução ao laboratório	Sousa <i>et al.</i> (2019)	Jogo de cartas /Materiais de laboratório
Tabela Periódica: Jogos Didáticos como Ferramentas de Aprendizagem no Ensino de Química	Nascimento <i>et al.</i> (2019)	Jogo da memória e Jogo de tabuleiro/Tabela periódica
A água e suas propriedades: O uso do jogo didático no ensino de química	Silva (2015)	Jogo de tabuleiro /Água e suas propriedades
Construção de um jogo interativo para o ensino da Química no 3º ciclo do Ensino Básico, aplicado aos conteúdos programáticos do 8º ano	Costa (2013)	Jogo de tabuleiro/Reações químicas
Utilização de jogo didático para o ensino de tabela periódica	Santos e Araújo (2017)	Jogo digital/Tabela periódica: elementos químicos
Jogo de tampinhas de garrafa pet como recurso mediador de aprendizagem no ensino de Fórmula Molecular e Balanceamento de Reações Químicas	Santos, Naiman e Soares (2016)	Jogo de tampas de garrafa pet e EVA /Fórmula molecular e balanceamento de reações químicas
O lúdico como ferramenta de ensino na química orgânica no curso técnico em química do SENAI Jaraguá do Sul	Alves Junior, Correa e Comiotto (2016)	Nomenclatura de hidrocarbonetos
Funções inorgânicas - uma metodologia lúdica para o ensino médio	Oliveira <i>et al.</i> (2015)	Jogo de cartas/ Funções Inorgânicas
Trilha orgânica: a influência do jogo digital na aprendizagem de funções orgânicas oxigenadas com alunos da 3ª série do ensino médio	Silva (2020)	Software/Funções orgânicas oxigenadas

Fonte: Autorial Própria.

Com relação aos trabalhos apresentados no Quadro 1, constatamos que independente da natureza do recurso (digital, cartas ou tabuleiro), nenhum deles fez referência ao uso da gamificação que tem como maior característica o uso da mecânica e pensamento de jogos em situações de não-jogo cuja a finalidade não é exclusivamente o entretenimento, mas motivar e engajar pessoas a realizarem tarefas de forma mais prazerosa. Além disso, ao analisar cada recurso, verificamos que nas descrições referentes a criação, os autores quase não mencionam os elementos de jogos (com exceção das regras) e nem sua finalidade no jogo para atingir o objetivo de aprendizagem.

Diante desta ausência de produções que fizessem uso de jogos e da gamificação, publicamos um artigo que consistiu na criação de um jogo digital, desenvolvido na plataforma *App Inventor*² para o ensino e aprendizagem dos números quânticos no ensino de Química de alunos do 1º ano do Ensino Médio. Como objetivo, buscamos investigar o uso do aplicativo na aprendizagem, tendo a gamificação como referência no uso de jogos no processo de aprendizagem. O jogo no formato de perguntas e respostas foi estruturado em três fases: a evolução dos modelos atômicos, modelo de Bohr e números quânticos. Ao final do estudo, obtivemos resultados satisfatórios, visto que o jogo mostrou-se promissor no sentido de auxiliar na aprendizagem e na organização de ideias/conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, conforme relatam Rocha e Cabral Neto (2021) no decorrer do trabalho.

Na mesma perspectiva, submetemos outro artigo a partir de alguns dados obtidos durante o desenvolvimento desta pesquisa, no qual propomos o uso de um jogo pensado para ser um recurso tecnológico para auxiliar aluno e professor no ensino e aprendizagem da relação entre os números quânticos e a estrutura/organização dos elétrons no átomo, em que se usa princípios da gamificação, para alunos do 1º ano do Ensino Médio. Os resultados mostraram evidências do jogo ser promissor, pois foi possível observar aprendizagem do conteúdo a partir do processo de conhecer e reconhecer os números quânticos e sua relação com o átomo. Ao final do processo de ensino e aprendizagem, o jogo foi bem avaliado pelos alunos, considerando algumas dimensões.

Além dos trabalhos mencionados, outras iniciativas como a de Santos e Anglada-Rivera (2018), mesmo não sendo no ensino da Química, pode ser utilizada como base para outros trabalhos com o mesmo viés, pois os autores descrevem o processo de investigação e criação

² *App Inventor*: Plataforma que utiliza programação visual em blocos, desenvolvida para a criação de aplicativos móveis.

de um jogo digital intitulado GameAlfa como recurso facilitador da alfabetização, por meio do desenvolvimento de habilidades de consciência fonológica em alunos do segundo ano do ensino fundamental. Os resultados advindos do trabalho foram considerados satisfatórios, pois indicaram o desenvolvimento de habilidades de consciência fonológica na maioria dos alunos que participaram da pesquisa, a partir do uso do jogo como recurso tecnológico.

Diante de tais discussões e apontamentos acerca do tema, temos o seguinte problema de pesquisa: De que modo um jogo digital pode promover o ensino e aprendizagem dos números quânticos para alunos do 1º ano do Ensino Médio? Como forma de responder ao problema, partimos das seguintes questões norteadoras elaboradas respectivamente: 1) Que recurso pode-se usar para construir um jogo digital sem a necessidade de conhecimento em linguagem de programação? 2) Quais os elementos caracterizam um jogo como gamificação? 3) Como avaliar o ganho de aprendizagem no ensino dos números quânticos usando um jogo digital?

Resultantes do problema investigado e das questões norteadoras elaboradas respectivamente, tem-se como objetivo geral: Construir um jogo digital para o ensino e aprendizagem de números quânticos destinado a alunos do 1º ano do Ensino Médio. Relacionados ao objetivo geral, formulamos três objetivos específicos: 1) Adotar uma plataforma capaz de oportunizar a construção de um jogo sem a necessidade de conhecimento em linguagem de programação. 2) Caracterizar os elementos que compõem a dinâmica, mecânica e os componentes existentes em um jogo na perspectiva de gerar uma experiência a partir de um sistema gamificado. 3) Utilizar os pressupostos da aprendizagem da aprendizagem significativa para averiguar a aprendizagem sobre os números quânticos.

CAPÍTULO 2: GAMIFICAÇÃO

Neste capítulo, iremos descrever o cenário no qual a gamificação surgiu, sua definição, objetivo, principais conceitos que a envolve (motivação, engajamento e elementos de jogos) e como ocorreu o processo de gamificar nesta pesquisa e sua relação com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

2.1 O que é a Gamificação?

O termo gamificação foi citado pela primeira vez em 2002 pelo programador e pesquisador britânico Nick Pelling, para descrever a aplicação de *interfaces*, nas quais a aparência era semelhante a jogos com a finalidade de tornar transações eletrônicas mais rápidas e confortáveis para o cliente (BURKE, 2015). Segundo Alves (2015), Pelling fundou uma empresa de consultoria chamada Conunda com o objetivo de promover a gamificação de produtos de consumo, porém não obteve sucesso e a empresa fechou.

Com o passar do tempo, aspectos sobre *videogames* que incluem o fator digital, valorização do *status*, moeda virtual e outras características formaram uma massa crítica acumulada para a sociedade. Até que no ano de 2010 dois momentos importantes deram um novo direcionamento nas corporações para o uso desse tipo de mecanismo de motivação, seja com clientes ou funcionários (COHEN, 2017).

O primeiro deles foi com a *game design* norte-americana Jane McGonigal com a publicação do livro *A realidade em jogo: Por que os games nos tornam melhores e como eles podem mudar o mundo*, considerado um divisor de águas em relação ao mundo anterior para o atual em termos de gamificação. Em sua obra, ela descreve que na vida real as pessoas não apresentam motivação para realizar tarefas de seu cotidiano e o único momento em que ficavam empolgadas eram quando estavam jogando. Além disso, defende a ideia de que os jogos podem promover um bem estar social, porém em nenhum momento McGonigal usa ou sugere gamificação (COHEN, 2017).

Além da publicação do livro, Vianna *et al.* (2013) destacam a importância da palestra realizada no mesmo ano por McGonigal no TED Talk³ intitulada “*Jogando por um mundo melhor*”, no qual chamou a atenção ao relatar que, se somada todas as horas que os jogadores ao redor do mundo gastam jogando *World of Warcraft*, obtém-se um total de mais de 50 milhões de horas coletivas. Tal reflexão foi relevante para mostrar sobre quais resultados poderiam ser obtidos se fossem aplicados os mesmos esforços para resolver problemas reais, como: erradicação da pobreza, aquecimento global, mobilidade urbana e cura de doenças (VIANNA *et al.*, 2013).

O segundo momento veio com o americano projetista de *videogame* Jesse Schell quando realizou uma apresentação na conferência DICE intitulada *Design Outside the Box* que reuniu grandes nomes da indústria de *games*. Sua apresentação espalhou-se rapidamente em virtude

³ TED Talk: É uma série de Conferências que visam espalhar ideias inovadoras e inspirações por meio de palestras disponíveis na internet

de um novo mundo que ele mesmo sugeriu, destacando que em um futuro bem próximo os jogos invadiriam o mundo real, de forma que a realização de tarefas cotidianas (ir as compras, tirar boas notas ou praticar aulas de piano) seriam recompensadas com pontos (COHEN, 2017).

Os dois momentos aqui descritos, foram favoráveis para o surgimento da gamificação que é um termo originado do inglês *gamification* que condiz ao uso de mecanismos de jogos direcionados pelo objetivo de solucionar problemas ou despertar o engajamento de um público com alguma finalidade específica (VIANNA *et al.*, 2013).

A *design* instrucional Alves (2015) em seu livro *Gamification - como criar experiências de aprendizagem engajadora. Um guia completo: do conceito à prática* caracteriza a gamificação como o uso dos elementos e técnicas de *design* de jogos em contextos diferentes dos de jogos. No entanto, para a ela a gamificação não é simplesmente utilizar os elementos dos jogos, mas pode ser empregada para resolver problemas por meio da motivação e do engajamento de um certo público. Da mesma forma, Dutra (2018) também considera que a gamificação é uma maneira de engajar e motivar as pessoas em situações tidas como não prazerosas por meio da diversão. Para isso, a autora descreve a gamificação como

Um jeito de engajar e motivar as pessoas em situações que seriam difíceis, tediosas ou cansativas sem o lúdico, elemento capaz de torná-las atraentes e, portanto, promover resultados espontâneos através da “diversão”. Não é transformar tudo em jogos, pois te mantém no mundo real. É tornar a experiência melhor, aprender com os jogos, achar os elementos que podem aprimorar a experiência que já está sendo vivida (DUTRA, 2018, p. 40-41).

De modo semelhante, Tóneis (2017) explica que a gamificação pode ser compreendida como o conceito de aplicar elementos básicos que tornam os jogos atividades divertidas e atraentes para outras atividades que, geralmente, não seriam consideradas um jogo, também conhecido como “*funware*”. Partindo desta compreensão, o autor argumenta que a base de toda a gamificação se encontra na *Fun Theory* ou Teoria da Diversão que parece uma brincadeira, mas demonstra a necessidade humana pela diversão aliada a utilidade.

Zichermann e Cunningham (2011) também entendem que a gamificação reúne elementos de jogos para o uso num contexto de não-jogo, para tornar as tarefas diárias em atividades divertidas. Os autores mencionam a gamificação como “o processo de *game-thinking* e da mecânica do jogo para engajar os usuários e resolver problemas” (p. xiv).

Nessa compreensão surge o termo *game-thinking*, que segundo Marczewski (2015), pode ser descrito como o uso de jogos e abordagens semelhantes a jogos para solucionar problemas e criar experiências mais agradáveis. O mesmo autor destaca que o *game-thinking*

contém quatro categorias principais: a gamificação, o jogo inspirado/*design* divertido, os jogos sérios e os jogos, cada um com seu propósito.

Ainda segundo Marczewski (2015), as definições apresentadas para a gamificação, mostram-se vastas, uma vez que se torna uma expressão usada como um todo, para definir soluções baseadas em jogos. Só que isso não é um problema, porém pode confundir as pessoas sobre o que realmente é a gamificação. Zichermann e Cunningham (2011) contribuem com esta ideia afirmando que a gamificação é vista como uma união de todos os tópicos que se apropriam das vantagens dos jogos em contextos reais.

Deterding *et al.* (2011), na perspectiva de definir a gamificação desenvolveram um trabalho intitulado “*From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification*” em que utilizam dois eixos para situar a gamificação e diferenciá-la de outros conceitos. Na Figura 7, o eixo horizontal é representado pelos jogos inteiros ou artefatos em oposição às partes dos jogos. No outro eixo, jogar e brincar são extremos opostos. Jogar é analisado como algo que envolve regras, estruturas, pontos, vencedor ou perdedor, enquanto brincar é puramente diversão.

Figura 7: Situando a gamificação



Fonte: Alves (2015, p. 31).

Ainda conforme a Figura 7, a brincadeira se encontra no quadrante que usa um artefato inteiro, ou seja, brincar com alguma coisa, no qual temos os brinquedos. À direita do quadrante, temos as brincadeiras que utilizam partes de jogos e que recebem o nome de “*Playful Design*”, isto é, há elementos de *design* de jogos, mas há também uma estrutura com regras e outros elementos. Em seguida, está o quadrante onde estão os jogos com regras, objetivos, elementos e estrutura como um todo, com finalidade organizacionais, nomeados de jogos sérios. Por

último, a gamificação está no quadrante em que usa elementos de jogos e se joga por algo mais que a diversão.

Assim, compreendemos gamificação como o processo em que se usa elementos de jogos, não necessariamente, de não-jogo (um contexto de não entretenimento) na intenção de solucionar um problema e para isso é de fundamental importância o engajamento dos participantes. No âmbito do ensino, o problema é uma situação de aprendizagem com solução gamificada e os participantes/jogadores são alunos.

Quanto ao seu principal objetivo, temos que a gamificação visa incentivar o usuário de sistemas não relacionados a jogos a assumirem o comportamento de jogador. Para isso, seu envolvimento ocorre a nível emocional, com o intuito de motivá-lo e não somente entretê-lo ou compensá-lo como ocorre com os *videogames* e programas de recompensa, respectivamente (BURKE, 2015).

Borges *et al.* (2013) pontuaram os principais objetivos identificados em trabalhos analisados que utilizaram a gamificação, que são:

- (1) Aprimorar determinadas habilidades;
- (2) propor desafios que dão propósito/contexto a aprendizagem;
- (3) engajar os alunos em atividades mais participativas, interativas e interessantes;
- (4) maximizar o aprendizado de um determinado conteúdo;
- (5) promover a mudança de comportamento premiando ações adequadas e penalizando as inadequadas;
- (6) oferecer mecanismos de socialização e aprendizagem em grupo; e, finalmente,
- (7) discutir os benefícios da gamificação na motivação dos alunos para propor soluções aos diversos problemas de aprendizagem (BORGES *et al.*, 2013, p. 240).

Ao transpor seu objetivo para o ensino, Tóneis (2017) acredita que a gamificação deve ser planejada e aplicada com foco em gerar uma experiência que seja engajadora e que mantenha os alunos motivados (intrínseca e extrinsecamente) para aprenderem algo que impulse seu desempenho no processo desejado.

Borges (2020) ressalta que o uso da gamificação demanda uma abordagem mais complexa e que seu alcance não se limita ao uso de elementos que compõem um jogo, como desafio, regras, interatividade e *feedbacks*. Seu objetivo é maior do que simplesmente entreter o jogador. Fatores fundamentais como o engajamento, a motivação e o sentimento de conquista e fracasso ajudam para que o participante aprenda e desenvolva várias habilidades.

2.2 Fatores Fundamentais da Gamificação

2.2.1 Motivação

Borges *et al.* (2013) realizaram um mapeamento sistemático⁴ com a finalidade de fornecer uma visão geral de pesquisas que vêm sendo conduzidas sobre gamificação aplicada à área de educação. No trabalho, constatou-se que o termo motivação é usado com frequência como forma de justificar as pesquisas desenvolvidas ou motivo pelo qual o potencial da gamificação deve ser estudado. Diante disso, os autores concluíram que a busca por inovações capazes de promover a motivação dos estudantes é um ponto mencionado em todos os estudos analisados.

Deste modo, a gamificação busca identificar as motivações intrínsecas e extrínsecas do público-alvo. De acordo com Zichermann e Cunningham (2011), às motivações intrínsecas não dependem de estímulos externos, o indivíduo se sente motivado a fazer algo de forma espontânea por estímulo, interesse e prazer. Essa motivação está fundamentada no conceito de fluxo, estado mental que permite alcançar um elevado nível de motivação.

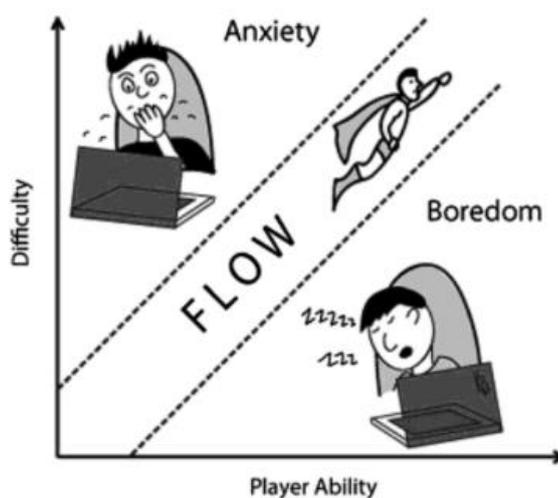
A teoria de estado de fluxo (*Flow*) foi idealizada pelo psicólogo Húngaro Mihaly Csikszentmihalyi conhecido pelos estudos na área de criatividade e felicidade do ser humano. Sua teoria considera que um indivíduo atinge uma condição mental de intensa concentração em que tarefas antes tidas como difíceis se tornam fáceis e prazerosas, pois os desafios lançados associam-se com a habilidade de resolvê-los (FILATRO *et al.*, 2019).

Na percepção do psicólogo, a felicidade humana é proveniente do estado de *Flow*: um estado em que o sujeito experimenta uma entrega total a uma certa atividade, pois identifica que tanto os desafios quanto suas capacidades são elevadas. Nesse estado, há um envolvimento tão intenso com a atividade que sua realização promove grande satisfação (COHEN, 2017). Baseado nesse estado de fluxo que *designers* de jogos desenvolvem seu trabalho, buscando formas de fazer com que o jogador esteja em harmonia com o jogo. Trata-se de uma busca constante de trazer o jogador para dentro do sistema até alcançar o nível mais alto do fluxo (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2011).

⁴ Mapeamento sistemático: fornece uma visão ampla de pesquisas realizadas sobre um determinado objeto de interesse, estabelece existência de evidência científicas sobre o objeto de interesse (KITCHLENHAM; CHARTERS, 2007).

Segundo a teoria, quando temos um indivíduo envolvido em algo que o faz esquecer do mundo ao seu redor, este atinge um estado mental de foco total, permanecendo imerso e engajado em uma atividade. Contudo, se a atividade proposta dispõe de dificuldades elevadas no início do jogo, o participante enfrenta muita ansiedade para realizar os desafios, podendo abandonar pela dificuldade. Por outro lado, se a facilidade permanece a mesma com o tempo e as novas tarefas mantêm o mesmo grau de dificuldade, o participante fica entediado e não se sente motivado, como é representado na Figura 8:

Figura 8: Estado de Fluxo



Fonte: Kapp (2012, p. 72).

Já quanto às motivações extrínsecas, são descritas por Dutra (2018) como momentos promovidos pelos estímulos do meio externo, ou seja, por alguma recompensa como prêmios, *status*, reconhecimento profissional ou até mesmo para o indivíduo não receber alguma punição. Cohen (2017) explica que essa motivação, normalmente, surge no formato de “uma premiação em dinheiro para quem atingir determinada cota de venda; ou o colaborador que, ao completar dez anos numa empresa, recebe um pin (alfinete de ouro)” (p. 74).

Dutra (2018) relata que na pretensão de utilizar a gamificação a nível de motivação é importante identificar quais são as motivações intrínsecas dos jogadores e traçar estratégias mais adequadas. Contudo, é válido destacar que essa motivação é a mais eficaz no sentido de incentivar pessoas a assumirem determinado comportamento em vez de fazer o uso da motivação extrínseca apenas para gerar recompensa.

Cohen (2017) defende a posição de utilizar, no primeiro momento, algum tipo de motivação extrínseca (recompensa, *status*, emblemas etc.) como forma de atrair o público de interesse para que posteriormente (já inserido no processo), desfrutem dos benefícios das

motivações intrínsecas que surgirão. De forma semelhante, Tóneis (2017) acredita que na gamificação os jogadores devem usufruir de estímulos intrínsecos e extrínsecos para concluir as tarefas apresentadas.

2.2.2 Engajamento

O termo engajamento, no sentido comercial, indica uma conexão entre um consumidor e um produto ou serviço. Dessa maneira, podemos considerar que o termo é definido pelo período de tempo em que se tem uma grande conexão com uma pessoa, lugar, coisa ou ideia, segundo Zichermann e Cunningham (2011). Para os autores não existe uma métrica única capaz de mensurar suficientemente o engajamento, mas uma combinação de métricas que são conhecidas, como: recentidade, frequência, duração, capacidade de ser viral e avaliações.

Smiderle, Rigo e Jaques (2019), ao estudarem o impacto da gamificação na aprendizagem, mensuraram o engajamento dos alunos por meio do número de *logins*, medalhas, pontos e o número de visualizações dos elementos de gamificação em uma plataforma de programação. Quando se refere a um jogo, o nível de engajamento é mensurado pela dedicação destinada às tarefas solicitadas, como considera Vianna *et al.* (2013). Essa dedicação, resulta em soluções, favorecendo o processo de imersão em um ambiente considerado lúdico para o aluno.

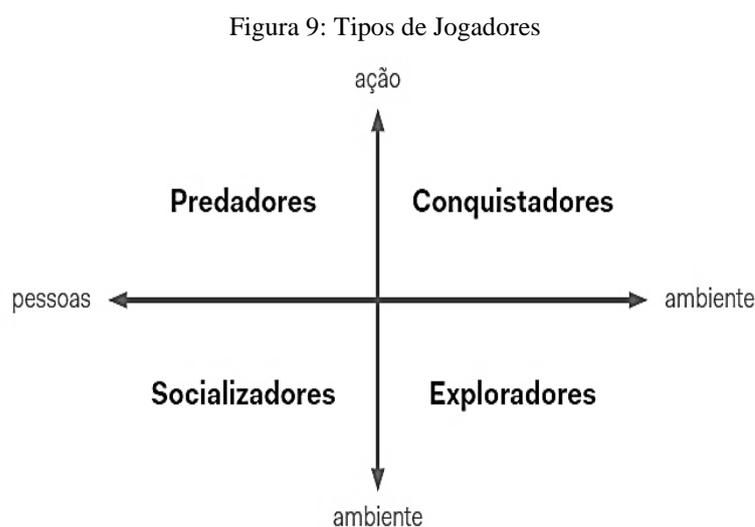
Como forma de obter o engajamento desejado, Tóneis (2017) acredita que a gamificação deve responder tais perguntas: "Quem eu quero engajar com esta solução gamificada?" e "o que fazer para que essas pessoas se sintam engajadas?". Dessa forma, ao iniciar o processo de criação de uma solução de aprendizagem gamificada, é necessário identificar o perfil do público-alvo, como explica Alves (2015):

Enquanto alguns são extremamente competitivos, jogam para ganhar e não gostam de perder sob a pena de ficarem até mesmo deprimidos, outros jogam por razões como, por exemplo, pelo prazer do desafio, pelo desejo de superarem um obstáculo ou atingirem uma meta. [...] há ainda pessoas que jogam muito mais pelo aspecto social, pelo altruísmo de ajudar alguém ou até mesmo salvar o mundo, ainda que virtualmente. Também nos deparamos com pessoas que jogam para explorar os elementos dos jogos e descobrir o significado de cada um deles pelo prazer da descoberta (ALVES, 2015, p. 80).

Para a autora, a importância de identificar o perfil dos jogadores parte do princípio de que eles são os protagonistas das soluções de aprendizagem gamificadas as quais serão criadas e estas soluções precisam ser tão diversificadas quanto os perfis das pessoas envolvidas. Tonéis

(2017) ratifica isso associando o engajamento a tipologia de Richard Bartle que busca traçar o perfil de indivíduos, enquanto jogadores.

O pesquisador de jogos britânico Richard Bartle é tido como uma referência na área, pois ele elaborou em meados dos anos 90 uma ferramenta de *game design* nomeada de teoria dos tipos de jogadores (*player type theory*), mais conhecida como teoria de Bartle (TONÉIS, 2017). Os tipos de jogadores são quatro personagens definidos por dois eixos direcionais, conforme apresentado na Figura 9.



Fonte: Vianna *et al.* (2013, p. 34).

Essa tipologia criada, procura descrever o comportamento dos jogadores podendo ser aplicada a diferentes categorias de jogos e derivados, inclusive na gamificação. Sua abordagem surge a partir da inter-relação entre duas dimensões: a ação versus interação (eixo y) e orientação para o mundo virtual versus orientação para o jogador (eixo x). Os quatro tipos de jogadores são definidos a seguir:

Predadores (*Killers*): Perfil mais competitivo, onde os jogadores entram na competição apenas motivados por derrotar os adversários. O que importa na disputa é ser o melhor (VIANNA *et al.*, 2013). Os predadores são indicados na Figura 9 como pessoas que buscam agir sobre os demais jogadores e estão sempre no topo das tabelas de classificação.

Conquistadores ou Realizadores (*Achievers*): Esses jogadores valorizam a sensação de vitória, mesmo que o objetivo proposto não seja tão importante. Sua motivação principal centra-se na realização de todas as atividades que o jogo apresenta (VIANNA *et al.*, 2013). Os conquistadores são indicados na Figura 9 como pessoas que buscam agir com o ambiente como forma de alcançar realizações no contexto do jogo.

Exploradores (*Explorers*): Nesse perfil, os jogadores destinam-se a desvendar todas as possibilidades e porquês do jogo, ou seja, estão sempre tentando descobrir o máximo possível sobre o ambiente que se passa o jogo e seus possíveis desafios (VIANNA *et al.*, 2013). Os exploradores são indicados na Figura 9 como pessoas empenhadas em interagir com o ambiente do jogo.

Socializadores (*Socializers*): Para esse perfil, o mais importante é estabelecer vínculos sociais ao invés de atingir objetivos ou concluir tarefas. Em virtude disso, os jogadores têm por preferência os jogos cooperativos que exigem trabalho em equipe e revelam personalidades colaborativas (VIANNA *et al.*, 2013). Os socializadores são indicados na Figura 9 como pessoas empenhadas em interagir com outros jogadores, tendo o jogo como meio.

Diante dos perfis apresentados, vale destacar que não existe uma hierarquia entre os tipos e Bartle reconhece uma combinação entre eles, ou seja, esses perfis não são moldes exclusivos. Isso implica dizer que, um jogador predominantemente socializador pode ser motivado também por outros elementos que seriam características de conquistadores, entre outros exemplos possíveis (TONÉIS, 2017).

Cohen (2017) ressalta que o estudo dos tipos de jogadores, não buscou formular um catálogo de personalidades, mas caracterizar os comportamentos. Todavia, com a consolidação dos jogos ao longo dos anos foi possível comprovar que o uso desses arquétipos mostrou-se relevante na gamificação. Em virtude dessa importância, Toda *et al.* (2018) relatam a carência de trabalhos que usam a gamificação com base no perfil e sinalizam a sua relevância para desenvolver estratégias que se adequem ao perfil identificado como forma de personalizar a gamificação.

2.2.3 Elementos de jogos

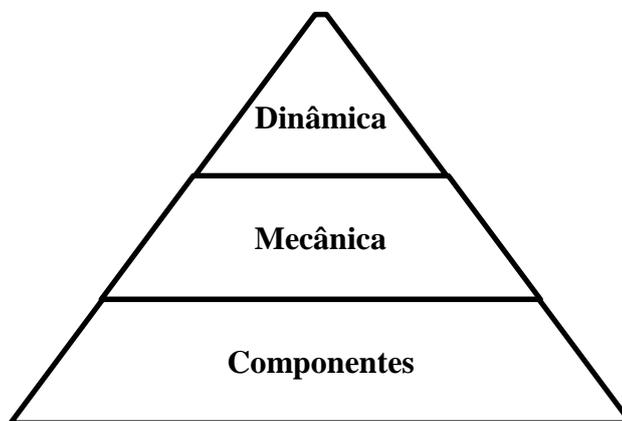
Pontos, emblemas e tabela de classificação ou PBL (*Point, Badges e Leaderboards*) são concebidos como um sistema básico presentes nos jogos e na gamificação. É muito difícil encontrar algum trabalho relacionado que, quando implementado com êxito, não apresente ao participante seus pontos e desempenho final. Contudo, não se pode considerar esses três elementos como básico para a gamificação, mas sim uma parte básica dos jogos, tendo em vista que o uso exclusivo desta tríade pode desmotivar o jogador a curto prazo, uma vez que não recorrem para as variadas emoções que podem ser despertadas no participante (COHEN, 2017).

Ainda segundo Cohen (2017), a maior falha dos jogos ou projetos de gamificação é a concentração exagerada na tríade PBL, que com o passar do tempo perdem a graça, pois os participantes visionam outras metas que vão além de ganhar somente pontos. Para isso, existem maneiras de tornar o processo convidativo e divertido, por meio de enigmas, problemas, desafios e uma série de outros mecanismos ligados à diversão que compõem uma estrutura chamada elementos de jogos.

Os elementos de jogos podem ser considerados como pedaços responsáveis pela composição de um jogo. Zichermann e Cunningham (2011) descrevem que uma das estruturas de *design* de jogos mais usadas é chamada de MDA, que significa mecânica, dinâmica e estética ou componentes para outros autores. Essa estrutura, analisa os elementos de jogos e auxilia a descrever a interação desses elementos e como aplicá-los.

Em busca de promover uma experiência gamificada, Kevin Werbach elaborou um modelo para definir os elementos mais usados em um jogo, enfatizando que não há um ou outro elemento que seja melhor ou mais eficaz, e sim finalidades para alcançar um certo objetivo. Seu modelo se encontra estruturado em uma pirâmide (Figura 10) dividida em: mecânica, dinâmica e componentes (COHEN, 2017).

Figura 10: Elementos de jogos



Fonte: Werbach (2012, *apud* Alves, 2015).

A dinâmica do jogo, segundo Werbach e Hunter (2015), está relacionada ao modo como o jogo está estruturado, tem o maior nível de abstração e representa aspectos gerais da gamificação. Essa categoria conta principalmente com cinco elementos, são eles: restrições, emoções, narrativa, progressão e relacionamento. Cohen (2017, p. 93), discute questões sobre a dinâmica e apresenta as definições dos elementos que a compõem:

- Restrições: o que limita as ações do jogador;

- Emoções: sentimentos despertados no jogador (curiosidade, competitividade, frustração, alegria etc.);
- Narrativa: sistema criado para fornecer coerência e sentido as ações indicadas, levando o jogador a permanecer no jogo e a continuar passando de fase;
- Progressão: como o jogador percebe que avança e se desenvolve; e
- Relacionamento: associação possível de se fazer com outros jogadores para juntos vencerem obstáculos.

A mecânica do jogo é responsável por promover ação, por meio de elementos, como: chances, cooperação e competição, *feedback*, aquisição de recursos, recompensas, transações, jogada e estado de vitória (WERBACH; HUNTER, 2012 *apud* ALVES, 2018). Cohen (2017, p. 94-95) apresenta definições para os elementos que abrangem a mecânica:

- Desafios: tarefas que demandam alguma solução e capacite o jogador;
- Chances: elemento de aleatoriedade que acarreta algum benefício ao jogador;
- Competição: pode ser uma rivalidade, um combate que surge como obstáculo ou concorrência para obter mais pontos no placar final;
- Cooperação: momento no qual o jogador se une a outros para alcançar um objetivo;
- *Feedback*: mecanismo imediato que informa se uma ação foi bem-sucedida ou não;
- Aquisição de recursos: pode ser acúmulo de pontos ou a compra de itens;
- Recompensas: benefícios advindos de alguma ação realizada ou de uma conquista;
- Transações: Caso em que o jogador realiza trocas ou negócios para realizar ações;
- Jogada: Dependendo do jogo, trata-se da participação sequencial de cada jogador, como é o caso do jogo de damas ou xadrez; e
- Estado de vitória: é o estado que determina se o jogador foi vitorioso, se empatou ou perdeu.

Os componentes são aplicações específicas da mecânica e dinâmica e representam o nível mais concreto, pois seus elementos podem ser visualizados na *interface*, segundo Cohen (2017, p. 95-98). Para esta categoria, o autor pontua os seguintes elementos:

- Realizações: premiações ao realizar tarefas ou atividades;
- Avatares: representações visuais do personagem de um jogador;
- Emblemas: representações visuais das conquistas do jogador;
- *Boss fights*: Desafio mais elevado de um nível;
- Coleções: itens ou emblemas para acumular no jogo;

- Combate: Batalha definida com duração curta;
- Desbloqueio de conteúdos: conteúdos disponíveis para o jogador que alcançar os objetivos;
- Doar: possibilidade de compartilhar recursos com outros jogadores;
- Placar (*Ranking*): listagem da pontuação obtida no jogo;
- Níveis: diferentes graus de dificuldades que vão sendo apresentado ao jogador;
- Pontos: representação numérica da evolução do jogador;
- Investigação/exploração: buscar, explorar ou investigar algo para atingir um resultado;
- Gráfico social: representação da rede social do jogador no jogo; e
- Bens virtuais: itens que os jogadores estão dispostos a pagar em moeda virtual ou verdadeira.

Assim, nesta seção, apresentamos a gamificação e algumas definições para auxiliar na sua compreensão. Para isso, destacamos três conceitos fundamentais para melhor compreendê-la, que são: a motivação (intrínseca e extrínseca), o engajamento que pode ser alcançado por meio da identificação do perfil dos jogadores e por último os elementos de jogos distribuídos na mecânica, dinâmica e componentes que devem ser selecionados de acordo com o objetivo que se deseja alcançar.

2.3 Exemplos de Gamificação

Em decorrência dos fatores fundamentais mencionados, diversas áreas fazem uso da gamificação, pois é tida como uma estratégia que pode ser aplicada em situações que demandam a criação ou adaptação de uma experiência voltada para um produto, serviço ou processo (VIANNA *et al.*, 2013). Nesse entendimento, os autores explicam que a gamificação surge com o propósito de reter clientes, a partir do desenvolvimento de produtos e serviços mais assertivos como também possibilitar, ao longo do tempo, uma relação de confiança que se converterá em fidelização. Já na categoria processos, o objetivo é levar o sujeito a assumir determinado comportamento. Assim, apresentamos alguns exemplos exitosos distribuídos nas categorias: produto, serviço e processo.

- **Produto**

Na categoria produto, temos como primeiro exemplo o *The Sims* que trata-se de uma série de jogos digitais desenvolvida por uma empresa norte americana de jogos eletrônicos que

simulam a vida real com situações que o jogador deverá administrar (COHEN, 2017). Inicialmente, o jogador cria personagens virtuais e administra suas necessidades, humores e desejos, que quando forem desconsiderados impossibilita realizar outras atividades deixando os personagens com um nível de humor baixo e podendo vir a morrer. Além disso, os jogadores podem inserir seus personagens em casas em construção ou construí-las, além de poder também de construir lotes comunitários, como praças, bares e restaurantes.

Na mesma categoria, o próximo exemplo é a *Samsung Nation* que foi um projeto da *Samsung*, uma empresa de fabricantes de eletroeletrônicos que buscou maior aproximação de seus clientes e dessa forma promover a marca. Nesse projeto, os clientes criavam perfis próprios e recebiam pontos por assistir a vídeos de lançamentos, comentar em artigos e publicá-los em suas redes sociais (*Twitter* ou *Facebook*), além de participar de uma série de questionários no *site* da *Samsung*. As premiações incluíam ganhar produtos da marca, como *tablets* e outros eletrônicos (COHEN, 2017).

Outro exemplo que segue a mesma linha é *Nike+*. A *Nike* como forma de estimular os clientes a comprarem mais os seus produtos e incentivá-los a ter uma vida mais saudável criou um aplicativo chamado *Nike+* que permite aos usuários acompanharem seu progresso (individual ou coletivo) em relação às metas estabelecidas e valendo pontos. Quilômetros corridos garantem ao corredor pontos e dependendo da quantidade podem ser trocados por produtos da marca em lojas específicas (COHEN, 2017).

○ Serviço

Na categoria serviço, o exemplo mais popular é *Duolingo* que é uma plataforma *online* colaborativa voltada para a aprendizagem gratuita de idiomas com um serviço de tradução. A plataforma foi idealizada de modo que, o estudante, mesmo que de forma implícita, ajude a traduzir *sites* e documentos *online*. Os iniciantes começam traduzindo textos simples e conforme seu avanço recebem trechos maiores e pontos de acordo com as lições cumpridas (VIANNA *et al.*, 2013).

O *Duolingo* é uma das maiores referências de gamificação no ensino. Para tanto, trazemos como iniciativa o trabalho de Corrêa (2019) que descreveu o processo de ensino e aprendizagem de uma segunda língua por meio da educação *online* aberta (gratuita/sem assinatura), tendo como base o uso de tecnologias digitais e da gamificação. Para isso, o autor escolheu o curso-base *Duolingo*, este se propõe a ensinar línguas utilizando características de gamificação. O curso-base adotado apesar de ser considerado insuficiente quanto à competência

comunicativa, associado a outras estratégias de aprendizagem regulares e conscientes pode levar os participantes a conquistar o desempenho desejado. Quanto aos elementos de jogos presente no recurso, teve o mérito de manter os estudantes comprometidos e engajados em boa parte do tempo, e isso, por si só, já é considerado um aspecto positivo para o autor.

O próximo exemplo é o *Fousquare*, um aplicativo móvel usado para conceituar os serviços de estabelecimento comercial. Para cada local que alguém visitasse, pontos seriam acumulados, gerando dois *rankings* de classificação, um da pessoa e de sua rede de contatos e outro incluindo todos os jogadores da cidade. Destarte, quanto mais uma pessoa frequentasse um lugar, mais chances teria de se tornar prefeito do local, posição de *status*, e com isso ganhando privilégios como uma rodada grátis.

Na mesma categoria, temos também o *Waze* que é um aplicativo que realiza o mapeamento de trânsito baseado na rede de usuários e no compartilhamento de informações com a finalidade de informar a respeito do trânsito e traçar rotas mais inteligentes. Para obter uma boa colocação no *ranking* e ganhar pontos, o usuário precisa contribuir com informações. Além disso, o aplicativo se encontra vinculado a outras redes sociais, disponibilizando as informações obtidas, consoante citação de Alves, Minho e Diniz (2014).

○ **Processo/Mudança de comportamento**

Na categoria processo, trazemos o *Khan Academy* que é uma organização sem fins lucrativos com o objetivo de disponibilizar educação de alta qualidade por meio de uma coleção grátis de mais de 3.800 vídeos das mais diversas áreas. Como forma de manter o estudante engajado usa-se barra de progresso, tempo gasto em cada prova ou vídeo, emblemas e *feedbacks* durante seu desenvolvimento (COHEN, 2017).

Outro exemplo bastante popular é a *Escada de piano* que foi um dos experimentos criados pela DDB Stockholm, uma agência de publicidade que tinha como finalidade estimular usuários de um metrô a subir uma escadaria de 24 degraus vazia ao invés de uma estreita escada rolante. Para isso a DDB converteu a escada convencional em um piano. Como resposta, inicialmente, a maioria optou pela escada rolante, mas aos poucos se renderam a escada de piano que logo se tornou popular e os usuários passaram a se exercitar mais (ALTER, 2018).

Por último, temos a *Loteria de câmeras de controle de velocidade* que surgiu a partir da ideia de Kevin Richardson premiada em 2010 em um concurso. Após Kevin presenciar o atropelamento de três crianças passou a pensar de que forma poderia contribuir para que os motoristas diminuíssem os limites de velocidade ao dirigir. Logo, de forma simplificada, sua

ideia foi fotografar a todos e multar quem ultrapassasse os limites de velocidade e destinar o dinheiro ou parte dele, para os que obedeciam a lei (ALVES, 2015).

De posse dos exemplos apresentados, consideramos relevante mencionar o ponto de vista de Robson *et al.* (2014) sobre a atual aplicação da gamificação. Os autores enfatizam que a experiência não se trata apenas de jogos ou da sua indústria e também não deve ser apenas a inclusão de recompensas e pontos para incentivar os consumidores ou *ranking* para comparar desempenhos. O fator diferenciador incide sobre a questão da gamificação se debruçar sobre problemas do mundo real, sendo aplicada em processos ou situações específicas. Para tanto, Zichermann e Cunningham (2011) mencionam que a gamificação é principalmente um processo, que deve considerar os envolvidos e todo o ambiente ao seu redor.

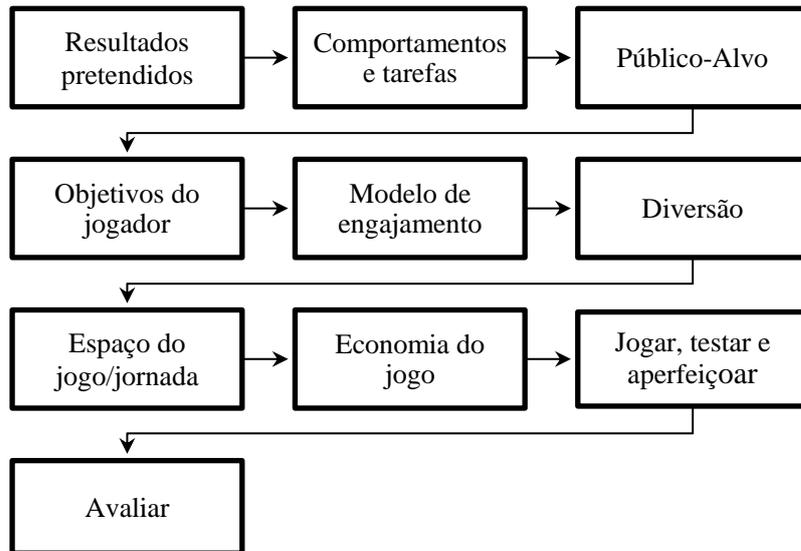
2.4 Gamificando

No ensino, a gamificação tem sido muito utilizada para aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes em contextos educacionais, ampliando o interesse por parte de professores. Entretanto, há um consenso na literatura quanto à necessidade de métodos, processos e/ou *frameworks* para apoiar o planejamento da gamificação, de forma que os seus efeitos benéficos sejam atingidos (TODA *et al.*, 2018). Pensando nisso, descrevemos a seguir as etapas adotadas nesta pesquisa para gamificar.

No primeiro momento, definimos o tipo de gamificação usada neste trabalho. Alves (2015) cita que há dois tipos de gamificação: a estrutural e a de conteúdo. Na estrutural se usa elementos de jogos sem que haja alterações significativas no conteúdo e sim na estrutura ao seu redor, pois o conteúdo não fica parecido com um jogo. Já na gamificação de conteúdo usa-se de elementos e pensamentos de jogos para alterar o conteúdo de modo que este se assemelhe a um jogo. Uma forma de fazer isso é inserir uma narrativa e personagens relacionados a um desafio ou problema que deve ser solucionado pelo jogador.

Após definir o tipo de gamificação, iniciamos o processo de gamificar, que em outras palavras significa modificar processos, gerar motivação e prazeres mudando a maneira de alcançar um objetivo (TONÉIS, 2017). Para este fim, optamos em utilizar uma estrutura que mescla os trabalhos desenvolvido por Burke (2015) e Alves (2015), conforme representado no esquema da Figura 11.

Figura 11: Estruturar para gamificar



Fonte: Elaborado a partir de Burke (2015) e Alves (2015).

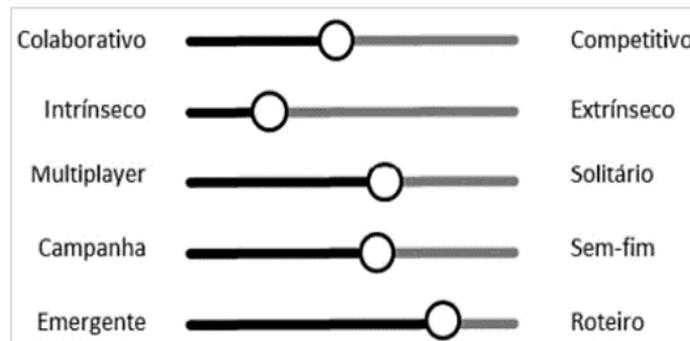
O primeiro ponto mencionado no esquema da Figura 11 é definir os resultados esperados e estipular datas ou períodos de acompanhamento, pois o erro de algumas soluções gamificadas é implementar um processo sem definir os resultados que se busca alcançar (COHEN, 2017).

Com os resultados definidos, é determinado os comportamentos e tarefas que precisam ser executadas pelo aluno/jogador, considerando o tipo de conhecimento envolvido, o tipo de gamificação (estrutural ou de conteúdo) e os elementos de jogos (considerando dinâmica, mecânica e componentes) que serão utilizados no sistema.

O próximo passo é conhecer o público-alvo, definindo o seu perfil, enquanto jogadores. Uma das formas de fazer essa definição é por meio do uso da tipologia de Bartle que visa auxiliar na identificação dos jogadores em quatro categorias (predadores, conquistadores, comunicadores e exploradores), para assim adequar o projeto aos perfis identificados.

Ao definir o perfil do jogador, conseguimos identificar seus objetivos em um jogo e assim adequar o projeto e verificar o tipo de ação que precisa ser promovida. Posteriormente, definimos o modelo de engajamento, tendo como referência o modelo elaborado por Burke (2015), representado na Figura 12.

Figura 12: Modelo de engajamento



Fonte: Cohen (2017, p. 116).

Como podemos observar, a Figura 12 mostra como um projeto pode ser planejado inserindo o enfoque em um aspecto ou em outro. Uma breve explicação dos conceitos apresentados no modelo de Burke é feita por Cohen (2017):

- Colaborativo X Competitivo: Nos jogos colaborativos, a proposta é que colegas encorajem e ajudem uns aos outros a alcançar suas metas. Nos jogos competitivos, a finalidade é estimular a competição entre os participantes.
- Intrínseco X Extrínseco: Em um jogo, o lado intrínseco se destaca quando envolve prazer em fazer algo, cujo único retorno é a satisfação em fazer algo da melhor forma. No extrínseco, o participante é premiado com algum tipo de recompensa em forma de pontos ou *status*.
- Multiplayer X Solitário: Um jogo no formato *multiplayer* permite jogar contra ou com outros participantes, compartilhar estratégias, pontos e uma infinidade de aspectos que tornam o jogo mais complexo. Em um jogo do tipo solitário, o participante se envolve e interage de forma individual com o próprio jogo.
- Campanha X Sem-Fim: Um estilo de gamificação do tipo campanha estabelece uma data inicial e outra final para o projeto/jogo, ideal para impulsionar um novo comportamento. O estilo sem-fim envolve algo que se torna permanente/duradouro, sendo necessário pensar na evolução deste com passar do tempo.
- Emergente X Roteiro: Os jogos emergentes são aqueles em que o resultado é desconhecido, estrutura comum de projetos que envolvem inovação. Por outro lado, os jogos de roteiro são aqueles que contam com passos já conhecidos para o participante executar (orientações, como: avance n casas e faça tal coisa).

Em linhas gerais, ao definir um modelo de engajamento, podemos escolher se o projeto será colaborativo ou competitivo. Como forma de gerar recompensas é possível fazer o uso de recompensas intrínsecas e extrínsecas ou ambas (favorecendo uma delas). Em relação à

interação, o projeto pode ser no formato *multiplayer* que possibilita a inserção de vários alunos ao mesmo tempo ou solitário. Quanto a sua duração, podemos adequar ao formato de campanha que tem um final e é ideal para ensinar uma nova habilidade ou sem-fim ideal para atividades contínuas e constantes. Já em relação às orientações, podemos optar por um formato emergente que permite a criação de diferentes situações ou roteirizado, no qual os resultados são conhecidos e é voltado mais para a jornada do aprendiz (BURKE, 2015).

Outro fator importante no projeto é a presença da diversão. Uma das formas de fazer isso, é inserir atividades para explorar o espaço de cada fase, coletar coisas, desvendar mistérios, resolver problemas e entre outros. Arelado a isso, temos que uma atividade pode ser ou não divertida pelo grau de dificuldade atribuída, assim regulamos seu grau de dificuldade, fazendo com que jogo não fique tão difícil e nem tão fácil, mas que permita alcançar o estado de *Flow* ou Fluxo que é um estado de intensa concentração e imersão, como cita Alves (2015).

Já o espaço do jogo trata-se do ambiente oferecido aos jogadores para que eles se envolvam com o jogo e entre si. Geralmente, as soluções gamificadas não apresentam mundos virtuais muito sofisticados como os *videogames*, mas disponibiliza o básico que é o perfil dos jogadores, seu progresso e recursos necessários para o engajamento. Já a jornada do jogo, descreve o caminho que os jogadores escolheram para atingir os objetivos (BURKE, 2015).

Quanto à economia do jogo, Burke (2015) cita que normalmente não se encontra associada a dinheiro, mas a incentivos e recompensas que os jogadores recebem ao realizar uma tarefa com sucesso, na superação de desafios e no alcance de objetivos. Desse modo, com as etapas descritas, temos um protótipo de uma solução gamificada, pronta para ser jogada, testada e aperfeiçoada. Este último é o principal item, pois na gamificação o produto nunca será terminado, mas deverá evoluir com o tempo tendo novas funcionalidades para se manter inovador e engajar os alunos de outras formas.

Ao final das etapas, sentimos a necessidade de avaliar se os resultados pretendidos foram alcançados e inserimos mais uma etapa no esquema da Figura 12. Em concordância, Quinaud e Baldessar (2017) citam que em conjunto com a criação de projetos gamificados, deve-se desenvolver avaliações para verificar os resultados.

2.4.1 Pressupostos da Aprendizagem Significativa

Diante de várias teorias de aprendizagem, o presente trabalho se baseou na Aprendizagem Potencialmente Significativa (APS) que é uma teoria cognitiva desenvolvida pelo psicólogo americano David Paul Ausubel, professor emérito da Universidade de Columbia, em Nova York, que tem como foco a aprendizagem, tal como ela ocorre na sala de aula e na maioria das escolas, como explica Moreira (1999).

Na percepção do psicólogo, uma aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação relaciona-se com conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Dessa forma,

Para Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceitos *subsunçores* ou, simplesmente, *subsunçores (subsumers)*, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *conceitos relevantes* preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 7).

No entanto, a natureza do processo de aprendizagem significativa se encontra nas ideias simbolicamente expressas que precisam ser relacionadas de maneira não-arbitrária e substantiva (não-literal) ao que o aprendiz já sabe (MOREIRA; MASINI, 1982). Neste entendimento, temos dois termos importantes na aprendizagem significativa: a não arbitrariedade e a substantividade.

Não arbitrário significa que o novo conhecimento (o que será aprendido) deve relacionar-se com um conhecimento relevante na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse conhecimento tido como relevante é conhecido como *subsunçor* que pode ser uma ideia, um conceito já existente na estrutura cognitiva e que irá atuar como uma espécie de ancoragem para que as novas informações possam se relacionar com aquelas que o aprendiz possui (AUSUBEL, 2003).

A substantividade, também compreendida como não literal, significa que nem a aprendizagem, nem os significados em desenvolvimento, dependem do uso restrito de palavras específicas, excluindo outras. Assim, um dado conceito ou proposição pode ser expressado de diferentes formas, recorrendo a sinônimos e, mesmo assim, transmitir o mesmo significado ao aprendiz (AUSUBEL, 2003). Com isso, temos que um indivíduo pode, uma vez aprendido um determinado conceito, valer-se de suas próprias palavras ou outras formas de linguagem.

Ausubel menciona ainda que há três tipos de aprendizagem significativa, que são: aprendizagem representacional, aprendizagem conceitual e aprendizagem proposicional. A primeira, a representacional é o tipo mais básico que corresponde aos símbolos individuais utilizados ou a aprendizagem dos significados envolvidos. A segunda, a conceitual é uma espécie de aprendizagem representacional, pois lida com conceitos e estes muitas vezes são representados por símbolos. A última, a proposicional difere da conceitual, pois envolve o significado de ideias manifestados por um grupo de palavras e não por palavras isoladas ou combinadas, conforme descreve Moreira (1999).

2.4.2 Gamificação e APS

Com a finalidade de proporcionar aos alunos uma APS, Ausubel (2003) cita que essa aprendizagem ocorre mediante a duas condições, que são: 1) O uso de um material potencialmente significativo que se relacione com sua estrutura cognitiva de forma não arbitrária e não literal; e 2) A predisposição do aprendiz em aprender, também conhecida como postura de aprendizagem.

A primeira condição afirma que os materiais utilizados no ensino devem ser potencialmente significativos para o aluno. Assim, um material potencialmente significativo é aquele que permite uma relação entre os conceitos nele apresentados e a estrutura cognitiva do aprendiz de forma não literal e não arbitrária, como descreve Moreira (1999):

[...] o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito *potencialmente significativo*. Essa condição implica não só que o material seja suficientemente não-arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados (MOREIRA, 1999, p. 156).

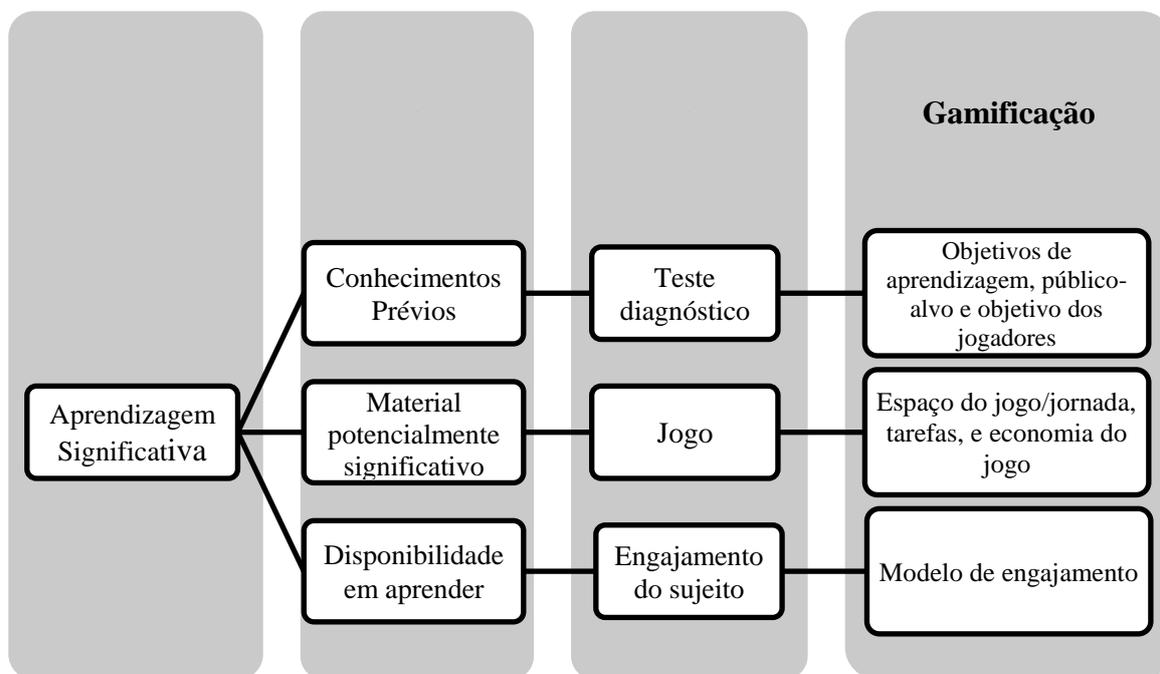
A segunda condição destaca a importância da predisposição do aluno em aprender que ocorre mediante a vontade deste de relacionar de forma substantiva e não literal os novos conceitos apresentados por meio do material potencialmente significativo à sua estrutura cognitiva (Moreira, 1999). O autor ressalta ainda que

[...] independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos). De maneira recíproca, independentemente de quão disposto para aprender estiver o indivíduo, nem o processo nem o produto da aprendizagem serão significativos, se o material não for potencialmente significativo (MOREIRA, 1999, p. 156).

Uma vez que a APS ocorre os conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em virtude de várias interações. Quando as ideias mais gerais e mais inclusivas são apresentadas no início para depois serem progressivamente diferenciadas, temos o princípio da diferenciação progressiva. Por outro lado, quando ideias são relacionadas, destacando similaridades e diferenças relevantes e reconciliando divergências reais ou aparentes, temos uma reconciliação integradora (MOREIRA; MANSINI, 1982).

Na compreensão de Moreira (2011), a teoria da aprendizagem significativa em sala de aula está longe de ser considerada trivial, assim como a gamificação que necessita seguir etapas que ainda são pouco exploradas na área do ensino. Na figura 13, buscamos relacionar a APS com a gamificação, mais precisamente, as etapas usadas no processo de gamificar.

Figura 13: Relação APS e Gamificação



Fonte: Autoria própria.

No esquema da Figura 13, relacionamos algumas das principais características da APS. Entre elas o conhecimento anterior (o âncora), o qual o aluno deveria ter tido o contato na série anterior. Esse fato é analisado realizando-se um diagnóstico para verificar os conhecimentos prévios no tange o estudo do átomo e a experiência dos alunos com os jogos. Neste último, em termos de gamificação, buscamos definir os objetivos de aprendizagem, conhecer o público em questão, o perfil como jogador e assim seus objetivos em um jogo.

Outro ponto mencionado anteriormente é o material potencialmente significativo que deve envolver o aluno, chamar sua atenção, mas de forma não-arbitrária. Ao longo do

planejamento desta pesquisa foi criado um jogo no formato digital para computador. Na criação do jogo, definimos as seguintes etapas: espaço do jogo, jornada, tarefas e economia do jogo. Esses itens foram pensados considerando as respostas obtidas no teste diagnóstico.

Uma outra característica relevante que pode ser visualizada na Figura 13 é a disponibilidade do sujeito em aprender, pois é necessário que o estudante esteja disposto a aprender, para assim estabelecer relações entre a nova informação com aquilo que já conhece. A gamificação contribui nesse engajamento do estudante pelo fato de utilizar a mecânica de jogos no contexto real. Além disso, permite criar uma proposta voltada para o público desejado, para assim dispor de um modelo com grandes possibilidades de engajar.

Um outro ponto que precisa ser considerado na APS é a substantividade, em outras palavras, a forma que o aluno aprendeu. Relacionado com a gamificação, após jogar, o aluno é submetido a um teste no qual apresentará suas ideias sobre um conceito ou teoria referente à temática apresentada nas fases do jogo como forma de evidenciar o quanto aprendeu. Com as respostas fornecidas pelos alunos, teremos condições de identificar o tipo de aprendizagem percebida, seja ela representacional, conceitual ou proposicional.

Por último, temos a questão da diferenciação progressiva, princípio pelo qual estabelece que o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusos são apresentados primeiro e, posteriormente, de forma progressiva são diferenciados em relação a detalhes e especificidades. Isso pode ser evidenciado nas diferentes fases que compõem o jogo, no qual o aumento das dificuldades é gradual, de modo que um problema ou tarefa é dividido em subtarefas (perguntas ao final de cada fase). Sendo assim, optamos em apresentar o conteúdo seguindo uma hierarquia que inicia com o estudo do átomo para subsidiar a compreensão dos números quânticos. A mesma linha de pensamento foi usada para elaborar o teste pós-jogo.

Já a reconciliação integradora será verificada na medida que cada fase aborda uma teoria atômica, possibilitando ao aluno estabelecer relações entre estas, suas similaridades e diferenças significativas. Com relação aos números quânticos, o jogo aborda seu surgimento, quais são, suas especificidades e como utilizar desses conhecimentos para caracterizar o elétron em um átomo. Tal ideia também é explorada no teste pós-jogo.

CAPÍTULO 3: CONCEPÇÕES E ORGANIZAÇÕES DA PESQUISA

3.1 Elementos Básicos da Pesquisa

Neste capítulo, descrevemos os caminhos percorridos durante a pesquisa. Como referencial teórico-metodológico optamos pela abordagem qualitativa e como metodologia a pesquisa-ação. Para a coleta de dados, contamos com a pesquisa bibliográfica, observação participante, entrevista e questionário.

3.1.1 Local da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida na Escola Estadual Professor Ruy Alencar, localizada na Avenida Margarita s/n, Quadra 160, bairro Cidade Nova. A escola atende alunos do Ensino Médio nos turnos matutino, vespertino e noturno.

3.1.2 Sujeitos da Pesquisa

A pesquisa foi realizada na disciplina de Química Geral, turno vespertino, com duas turmas (turma A e B) do 1º ano do Ensino Médio, contendo 73 alunos entre 14 a 17 anos. Contudo, devido à pandemia provocada pela COVID-19, as aulas foram suspensas no dia 17 de março de 2020 e a partir do dia 23 de março de 2020 passaram a ser remotas. No dia 10 de agosto de 2020, retornamos com as aulas presenciais com 42 alunos. Devido à necessidade de manter distanciamento mínimo entre os alunos em sala de aula, o quantitativo de 42 alunos foi dividido em duas turmas, uma com 20 e outra com 22 alunos. Mas, a carga horária de duas aulas por semana (45 minutos cada aula) foi mantida para cada turma.

3.1.3 Opção pela Pesquisa

A pesquisa pautou-se na abordagem qualitativa que tem como objetivo estudar uma realidade específica, em seguida entender e descrever fenômenos sociais de várias formas: estudando experiências individuais ou coletivas; observando a comunicação e a relação estabelecida. Nessa perspectiva, a abordagem busca experiências, interações de um dado

contexto, de forma que seja possível ter acesso às suas particularidades e os materiais estudados (FLICK, 2009).

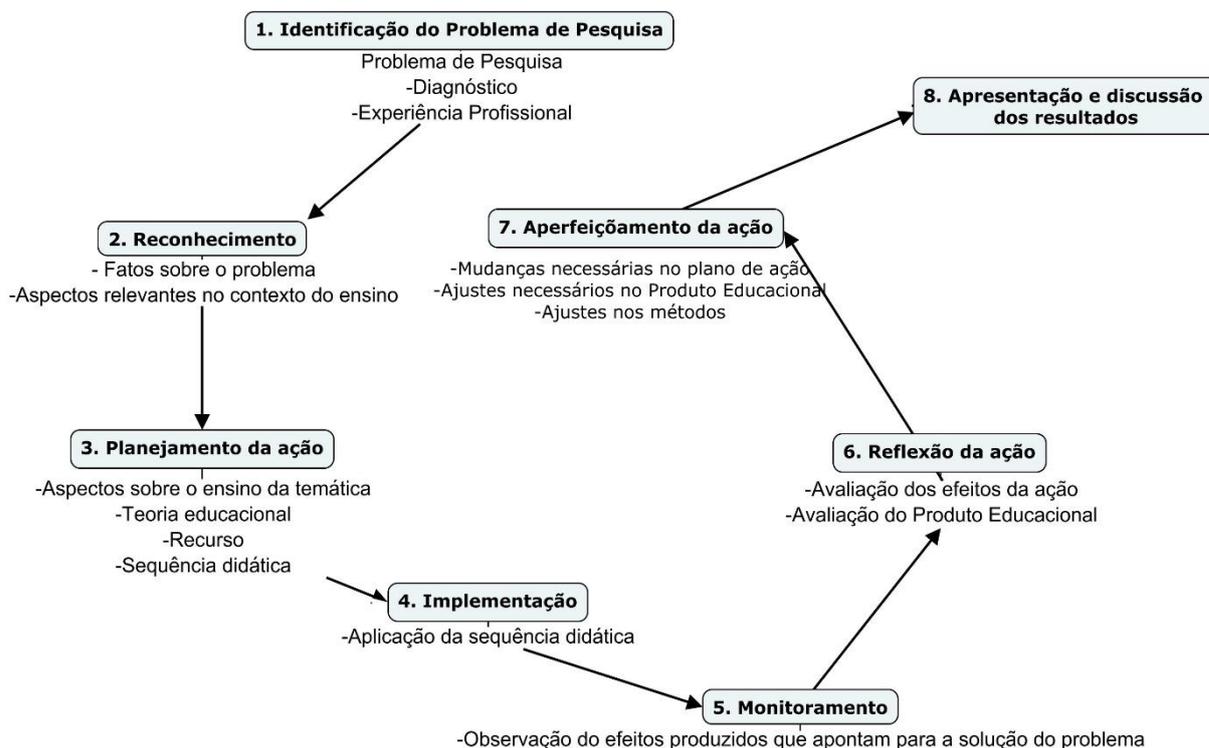
Na abordagem qualitativa, a pesquisa fundamentou-se na pesquisa-ação, a qual foi desenvolvida por Kurt Lewin em 1946, em um contexto de pós-guerra, dentro de uma abordagem de pesquisa experimental, de campo (FRANCO, 2005). A pesquisa-ação, dentre as diversas definições possíveis “é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo” (THIOLLENT, 1986, p. 14). Além disso, conta com a participação de todos os envolvidos no problema de forma cooperativa e colaborativa, segundo o autor.

Essa estratégia metodológica é considerada como um dos diversos tipos de investigação-ação que caracteriza qualquer processo que siga um ciclo em torno da prática investigada. O ciclo apresenta, geralmente, as seguintes etapas: planejar, implementar, descrever e avaliar uma mudança para a melhoria de sua prática, adquirindo conhecimento no processo, tanto com relação à prática quanto à própria investigação (TRIPP, 2005).

Em outras palavras, o mesmo autor explica que o ciclo que descreve as etapas, demonstra que a solução de um dado problema, inicia com sua identificação, o planejamento de uma possível solução, sua implementação, seu monitoramento e a avaliação dos resultados obtidos com a ação, podendo ser necessário refazer uma ou mais etapas para alcançar o objetivo. Em conformidade, Moreira (2011) explica que, apesar da pesquisa-ação ser caracterizada por uma espiral de ciclos de reconhecimentos, este caráter cíclico não indica um processo linear, sequenciado e mecânico, pois seu objetivo é melhorar a prática, uma realidade específica.

Outro ponto importante é com relação ao tipo da pesquisa. A pesquisa foi desenvolvida com duas turmas na qual não houve nenhum contato anterior entre pesquisador e sujeitos da pesquisa, assim considera-se que esta se classifica no tipo de pesquisa-ação estratégico em que “a transformação é previamente planejada, sem a participação dos sujeitos, e apenas o pesquisador acompanhará os efeitos e avaliará os resultados de sua aplicação, essa pesquisa perde o qualificativo de pesquisa-ação crítica, podendo ser denominada de *pesquisa-ação estratégica*” (FRANCO, 2005, p. 486). Na figura 14, apresentamos o percurso da referida pesquisa.

Figura 14: Etapas da pesquisa-ação



Fonte: Autoria Própria.

Seguidamente, descrevemos cada etapa contida no percurso da pesquisa-ação e os materiais de coleta de dados que foram utilizados.

3.2 Identificação do Problema de Pesquisa

No primeiro momento, foi feito um levantamento bibliográfico voltado para a fundamentação teórica, por meio de livros e artigos científicos, a respeito dos números quânticos com ênfase no ensino e na disciplina de Química. Posteriormente, nos detemos a gamificação e suas etapas para iniciar a construção do recurso.

De posse de alguns dados referentes ao ensino, realizamos uma entrevista semiestruturada individual (gravada e transcrita) com duas professoras de Química da Escola, cujo objetivo era, a partir do olhar delas, identificar as dificuldades demonstradas pelos alunos na aprendizagem da temática de trabalho. As professoras assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A) para que tivessem cientes da pesquisa e dos procedimentos usados durante o processo, bem como os possíveis riscos e benefícios na participação.

Na entrevista fizemos as seguintes perguntas: 1) No processo de ensino-aprendizagem dos conceitos envolvendo evolução atômica e números quânticos, que dificuldades podem ser evidenciadas da parte dos alunos?; 2) Na sua opinião, estas dificuldades no processo de ensino-aprendizagem destes conceitos estariam associadas a que fatores?; 3) No exercício da sua prática, que tipo de atividades e recursos você utiliza para trabalhar os conceitos envolvendo a estrutura atômica e os números quânticos?; 4) Quais as formas que você utiliza para avaliar os alunos em relação aos conteúdos citados?

Com os alunos, fizemos o uso de um questionário que é uma técnica que objetiva conhecer opiniões, interesses, expectativas e situações vivenciadas, segundo Gil (1999). Assim, elaboramos um questionário (Apêndice C) para identificar os conhecimentos prévios dos alunos, pois estes recém-chegados ao 1º ano do Ensino Médio, que na área de Ciências da Natureza, unidade temática Matéria e Energia, objeto de conhecimento estrutura da matéria, deveriam demonstrar conhecimentos prévios sobre o que é o átomo e os modelos idealizados para o átomo. Nesse mesmo questionário, buscamos também identificar sobre o hábito de jogar, preferência do tipo de jogo, perfil como jogador e experiência com o jogo na aprendizagem.

3.3 Reconhecimento

Para a compreensão da estrutura da matéria, seu ensino deve contemplar os modelos atômicos que buscam descrever a estrutura do átomo, mediante a um elevado nível de abstração para analisar e explicar fenômenos relacionados à interação matéria e energia. Neste contexto, tem-se o surgimento dos NQ's relacionados ao estudo do átomo na componente curricular de Química Geral com a função de auxiliar na caracterização do elétron em um átomo.

Assim, na etapa de reconhecimento, buscamos compreender como se dar o ensino da temático, tendo como base a literatura especializada, as entrevistas realizadas com as professoras e o teste diagnóstico. De posse dos dados, teremos condições de discorrer sobre o ensino da estrutura do átomo e dos números quânticos, bem como a relação destes e quais as dificuldades são evidenciadas no processo pelos alunos.

3.4 Planejamento da ação

Com os resultados obtidos, construímos um recurso didático no formato de um jogo digital voltado para o ensino e aprendizagem de Química, especificamente nos conteúdos de

modelos atômicos e números quânticos para alunos do Ensino Médio. Para sua criação, nos baseamos na gamificação de conteúdo que usa elementos, mecânica e pensamento de um jogo para tornar o conteúdo que se quer ensinar mais próximo de um jogo. Em seguida, selecionamos os elementos de jogos e como seriam usados (Quadro 5).

Para a produção do jogo digital, optamos pelo Construct 3 que possibilita a construção de jogos 2D em HTML e permite a exportação do jogo criado para diversas opções de portabilidade. Essa ferramenta, foi desenvolvida pela empresa Sierra⁵ que disponibiliza em seu *site* a versão gratuita e paga. Na versão gratuita, o usuário tem um limite de páginas de criação/eventos (cinquenta), efeitos especiais limitados (dois), não tem permissão para criar jogos *multiplayer* e apenas duas possibilidades de exportar o projeto, que são: em HTML5 e no Construct Arcade. Na versão paga, o usuário tem páginas de criação/eventos e efeitos ilimitados, permissão para criar jogos *multiplayer*, além de mais opções para exportar o projeto: HTML5, *desktop*, Construct Arcade, aplicativo Android e iOS (*iPhones* e *iPads*).

Apesar da existência de inúmeras plataformas para construção de jogos, optamos pelo Construct 3, devido à facilidade de uso e acesso, pois não demanda conhecimento em linguagem de programação, apresenta uma *interface* gráfica simples e intuitiva e pode ser usado na versão *on-line* e *off-line* pelos sistemas operacionais: Windows, Linux, MacOs ou Android. Além disso, contamos com suporte para o desenvolvimento do jogo a partir de tutoriais disponíveis no *You Tube* e no próprio *site* do Construct.

Para o uso do recurso criado, elaboramos uma sequência didática que é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de determinados objetivos educacionais, que têm seu início e fim conhecidos pelos professores e alunos, como descreve Zabala (1998). Baseado nisso, organizamos a sequência desta pesquisa da seguinte forma:

- 1) Socialização da proposta aos alunos: apresentar a proposta e sua estratégia, bem como os resultados esperados e como será sistematizada a sequência;
- 2) Diagnóstico: averiguar os conhecimentos prévios dos alunos e identificar quais as dificuldades são demonstradas por eles no estudo de modelos atômicos e números quânticos
- 3) Planejamento da sequência/implementação: elaborar plano de ensino e plano de aula contendo o jogo, estratégias de ensino e as atividades, bem com os critérios de avaliação;

⁵ <https://www.scirra.com/>

- 4) Avaliação da aprendizagem: avaliar a aprendizagem dos alunos após o jogo por meio de um teste.

Para esta última etapa da sequência, utilizamos a teoria da aprendizagem significativa com a perspectiva de compreender como ocorreu o processo de aprendizagem dos alunos.

3.5 Implementação

Em virtude da pandemia provocada pela Covid-19, implementamos o produto educacional apenas no segundo semestre de 2020. Em curso normal, este conteúdo é estudado logo nas primeiras semanas do ano letivo. Para as aulas que compõem a sequência foram construídos planos de ensino (veja Apêndice E) para cada aula, num total de quatro aulas para as turmas A e quatro aulas para a turma B, agora com 20 e 22 alunos cada, com os seguintes objetivos de aprendizagem: (1) Conhecer os números quânticos; (2) Reconhecer os números quânticos; e (3) Aplicar os conceitos relacionados aos números quânticos para compreender a estrutura/organização dos elétrons no átomo.

Como o recurso está contido na sequência didática, na quarta aula, implementamos o jogo como recurso para o ensino e aprendizagem dos números quânticos. Os alunos participaram do jogo (individualmente) usando computadores do laboratório de informática da escola (Figura 15) e o tempo destinado à atividade foi de dois tempos de aula. Além da implementação do jogo, os alunos foram submetidos a um teste após-jogo e avaliaram o recurso.

Figura 15: Alunos jogando “Aventuras de Atomildo”



Fonte: Autoria Própria.

Com os alunos devidamente alocados, destinamos o início da aula a parte instrucional do jogo em que solicitamos que estes selecionassem primeiro os botões de história, objetivo e controle, respectivamente, para em seguida iniciar o jogo.

3.6 Monitoramento

Como forma de observar os efeitos produzidos que apontam para a solução do problema, utilizamos na pesquisa a observação participante. Este método é definido como “uma estratégia de campo que combina, simultaneamente, a análise de documentos, a entrevista de respondentes e informantes, a participação e a observação direta e a introspecção” (DENZIN, 1989, p. 157-158). Com o andamento da pesquisa, tal etapa se intensificou na implementação do recurso, no qual tivemos o jogo e observamos a relação deste com os alunos, tendo como foco verificar a aprendizagem, o desempenho do recurso, assim como suas funcionalidades.

3.7 Reflexão da ação

A compreensão significativa de um conceito ou proposição demanda a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Portanto, ao verificar essa compreensão apenas solicitando ao aluno que escreva ou diga quais as características de um conceito ou os elementos essenciais de uma proposição, pode-se obter apenas respostas mecânicas/memorizadas, segundo Moreira (1999). Para o autor, uma forma de buscar evidências de compreensão significativa e evitar uma simulação da aprendizagem significativa é formulando questões de uma maneira não familiar, diferente daquela originalmente encontrada no material instrucional.

De acordo com esse pensamento, para averiguar a aprendizagem, elaboramos um teste pós-jogo que mesclou questões objetivas, de relacionar e do tipo leia e complete as lacunas. É válido ressaltar que apesar de mesclar a forma que as questões foram apresentadas, tivemos o cuidado de inserir as teorias e conceitos apresentados ao longo do jogo. Com isso, após a aplicação do recurso, avaliamos a aprendizagem dos alunos por meio de um teste pós-jogo (Apêndice F) contendo quatro questões: (1) do que a matéria é constituída, (2) que relacionassem o princípio fundamental da idealização do átomo ao seu idealizador, (3) em que contexto surgiram os números quânticos e quais são, e (4) que identificassem os NQ's do subnível mais energético do elemento químico argônio (Ar).

Quanto ao jogo desenvolvido, após sua implementação, consideramos essencial avaliá-lo a fim de obter evidências de suas contribuições. Assim, criamos uma escala do tipo *likert* (Apêndice G) de cinco pontos que utiliza o método MEEGA+⁶ descrito por Petri, Gresse von Wangenheim e Borgatto (2019). Nesse método, o aluno avalia o jogo por meio de um questionário contendo as seguintes dimensões descritas pelos autores:

- Usabilidade: avalia o quanto o jogador é capaz de aprender, controlar e entender o jogo;
- Jogabilidade: avalia o quanto o jogo é fácil e intuitivo;
- Desafio: avalia quanto o jogo é desafiador em relação ao nível de competência do aluno;
- Satisfação: avalia se os usuários sentem que o esforço aplicado resulta em aprendizagem;
- Interação social: avalia se o jogo promove interação com outras pessoas em atividades de cooperação ou competição;
- Diversão: avalia a sensação de prazer, felicidade, relaxamento e distração dos usuários;
- Atenção focada: avalia a atenção, concentração, absorção temporal dos alunos;
- Relevância: avalia se os alunos identificam que a proposta é consistente com seus objetivos e que podem vincular o conteúdo ao futuro profissional ou acadêmico; e
- Aprendizagem percebida: avalia o efeito geral do jogo na aprendizagem dos alunos.

Cada dimensão pontuada é composta por afirmações sobre o jogo, onde os alunos escolhem uma dentre várias opções, normalmente cinco, sendo elas nomeadas, como: discordo totalmente (DT), discordo (D), nem discordo nem concordo (NCND), concordo (C) ou concordo totalmente (CT).

Para uma melhor análise, dividimos as afirmações contidas na escala em dimensões (Quadro 2). Em seguida, estabelecemos o *Ranking* Médio (RM) para mensurar o grau de concordância ou discordância das afirmações avaliadas, em que valores menores que 3 são considerados como discordantes, maiores que 3, como concordantes, considerando uma escala de 5 pontos.

Quadro 2: Definição das dimensões

Dimensão	Descrição
Usabilidade	A aparência do jogo é interessante
	O jogo é fácil de jogar
	O jogo apresenta um ambiente simples e de fácil navegação
Jogabilidade	As regras do jogo são claras e compreensíveis

⁶ MEEGA+: versão atualizada do modelo MEEGA (Model for the Evaluation of Educational Games) de Savi, Gresse von Wangenheim e Borgatto (2011).

	O objetivo do jogo é claro
Desafio	O jogo é desafiador o suficiente para mim
	O jogo oferece novos desafios (obstáculos/situações) de forma adequada
Satisfação	Realizar as tarefas no jogo me proporcionou satisfação
	Me sinto satisfeito (a) com que aprendi no jogo
	Eu recomendo este jogo para outros amigos
Interação social	O jogo promove competição
Diversão	Eu me diverti com o jogo
Atenção focada	Me envolvi tanto no jogo que perdi a noção do tempo
Relevância	O conteúdo do jogo me interessa
	O conteúdo do jogo está relacionado com a disciplina
	Eu prefiro aprender o conteúdo usando este jogo
Aprendizagem percebida	O jogo me proporcionou aprendizagem

Fonte: Elaborado a partir de Petri, Gresse von Wangenheim e Borgatto (2019).

3.8 Aperfeiçoamento da Ação

Nesta etapa, verificamos quais mudanças seriam necessárias considerando o plano de ação, produto educacional e o método adotado. Destarte, no decorrer da pesquisa, sentimos a necessidade de realizar alguns ajustes no que tange o produto educacional, visando um melhor desempenho do recurso no ensino da temática proposta.

A seguir, apresentaremos os resultados obtidos ao longo da pesquisa como forma de avaliá-los a fim de expor as contribuições alcançadas na aprendizagem com o produto desenvolvido e implementado.

CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Diagnóstico Professoras e Alunos

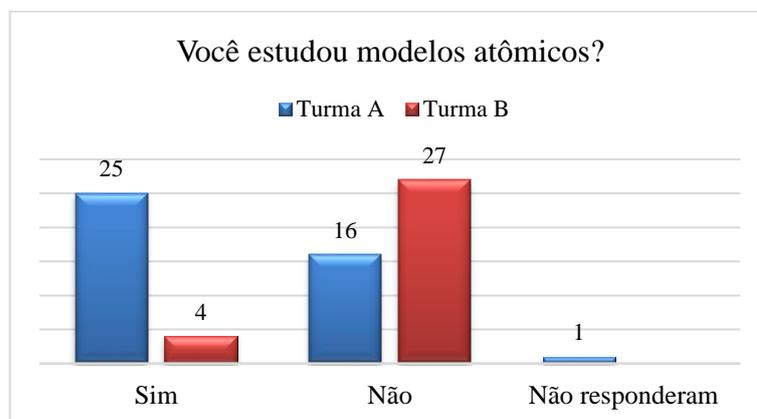
Com base nas respostas obtidas pelas professoras, tivemos indícios de que o conteúdo de números quânticos é pouco trabalhado em sala de aula, além da falta de afinidade das professoras com o conteúdo, indicando não apresentarem ou apresentarem de maneira superficial uma formação que deveria incluir fundamentos da Física Moderna e Contemporânea necessária para compreender a estrutura do átomo. Como prova disso, identificamos que apenas uma professora já havia trabalhado o ensino destes números por meio do método operacional, cuja finalidade é ilustrativa voltada apenas para caracterizar o átomo na tabela periódica e sem relação com outros conteúdos.

Quanto às dificuldades percebidas no ensino e aprendizagem dos conteúdos em questão, as professoras enfatizaram a falta de interesse por parte dos alunos, tendo como agravante a abstração do conteúdo. Carvalho (2007) ratifica isso, ao relatar que inúmeras vezes a disciplina não é bem compreendida pelos alunos, pelo fato de considerarem a Química abstrata e fora do seu cotidiano.

Com relação aos recursos usados em sala de aula, uma professora mencionou que para o ensino de modelos atômicos usava como recurso o livro didático, confecção dos modelos (a partir de materiais de baixo custo, como o isopor) e tecnologias (simulação dos modelos) como uma forma de materializar o conteúdo. Já a outra professora, recorria à parte visual (desenhos de modelos no quadro) para trabalhar o mesmo conteúdo. Quanto ao ensino de NQ's, nenhuma das professoras manifestou o uso de um recurso específico, além do quadro e pincel, quando o conteúdo era abordado.

Em relação aos resultados obtidos com o teste diagnóstico, tivemos que quase 60% do total das duas turmas (Gráfico 1), turmas A e B, não estudaram conceitos ou a Física que envolve o conhecimento sobre estrutura da matéria, o átomo. O átomo é o elemento base para formar moléculas e matéria, a compreensão a seu respeito, na disciplina de Química Geral, é de fundamental importância porque o conceito de elemento químico (modo como é representado o átomo e suas propriedades físicas e químicas) depende do conhecimento da estrutura do átomo. A estrutura é definida por um modelo idealizado que nos auxilia com o modo de como os elétrons estão distribuídos. Geralmente, o processo de ensino e aprendizagem do átomo inicia com uma narrativa histórica dos vários modelos pensados, de como ele é estruturado e isso pode ser abordado no 9º ano do Ensino Fundamental, porém normalmente é abordado no 1º ano do Ensino Médio, como relatam Silva, Machado e Silveira (2015).

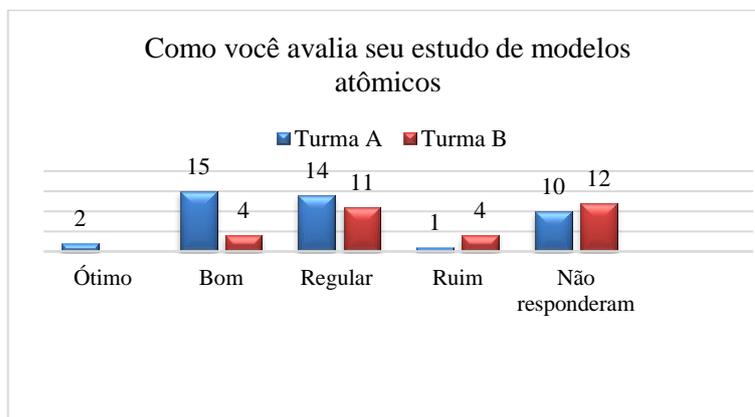
Gráfico 1: Alunos que estudaram modelos atômicos



Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico

Em seguida, perguntamos como os alunos avaliam o estudo que tiveram sobre o átomo e seus modelos idealizados. Os resultados nos dão evidências de não ter sido significativo no seu processo de formação no Ensino Fundamental, pois 26% avaliaram como bom e 34% como regular a experiência vivenciada, conforme apresentamos no Gráfico 2.

Gráfico 2 Avaliação dos alunos sobre o estudo do átomo



Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico

Para aprofundar a busca por conhecimentos prévios, pedimos aos alunos que discorressem sobre o que sabem do átomo. No Quadro 3, apresentamos algumas respostas fornecidas pelos alunos das respectivas turmas.

Quadro 3: O conceito de átomo fornecido pelos alunos

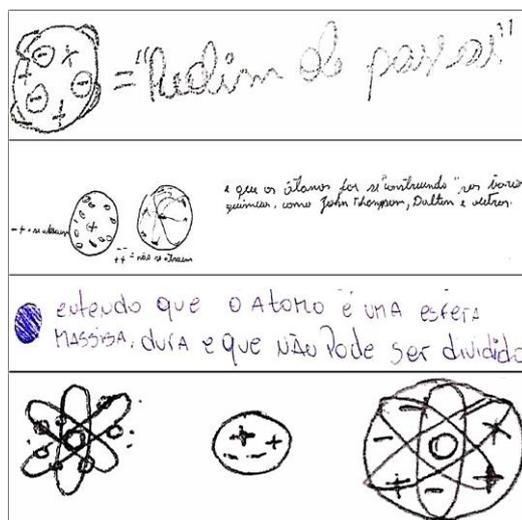
Pergunta	Respostas – Turma A	Respostas – Turma B
Com base no seu estudo de modelos atômicos, o que você entende por Átomo? Caso preferir desenhe	<i>O átomo é uma unidade básica da matéria</i>	<i>Por mim átomo é algo muito importante e bem interessante, algo que tem estudo para ser descoberto cada vez mais</i>
	<i>Entendi que tudo é formado por átomos, de tamanho e formas diferentes</i>	<i>Tem alguma coisa haver com átomos, são aquelas siglas e substâncias da tabela periódica, tem algo a ver com sistema quântico</i>
	<i>Coisas indivisíveis</i>	<i>Átomo é a menor partícula, indivisível e que quando se junta formam moléculas</i>
	<i>Uma bola de sinuca</i>	<i>Átomo = Vida ou existência</i>
	<i>O átomo é base de tudo, tudo possui átomo, pois os átomos são aqueles que nos formam, são a nossa estrutura</i>	

Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico.

A expressão do que sabem do átomo tem enfoque superficial, limitando a questões relacionadas ao tamanho, como formador da matéria e a ideia de indivisibilidade remete ao

modelo de Dalton de 1766, modelo já superado. O pré-teste considerou que, caso sentissem alguma dificuldade para expor seu conhecimento na forma escrita, podiam desenhar o átomo com base em alguma teoria atômica conhecida. Os alunos da turma A optaram em desenhar o átomo e na Figura 16 mostramos alguns destes desenhos.

Figura 16: Desenho do átomo dos alunos da Turma A

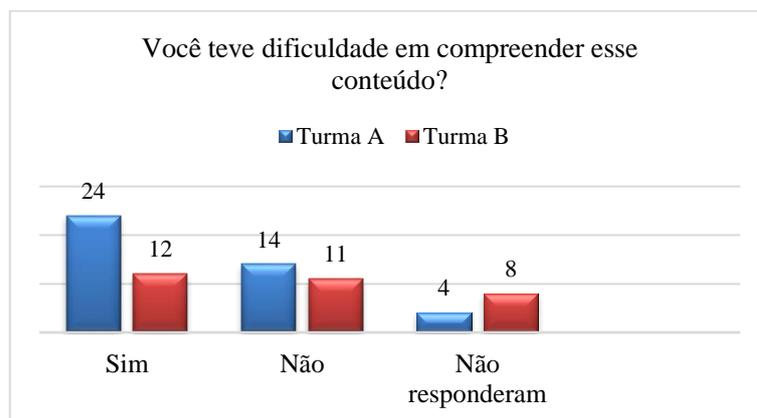


Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico

Os desenhos demonstram que a ideia de átomo está arraigada aos modelos de Dalton, de 1766, de Thomson, proposto em 1898, e de Rutherford de 1911. Esses modelos não são capazes de explicar uma série de fenômenos associados à natureza da matéria. Por exemplo, o modelo de Dalton não prevê a existência do elétron, o de Thomson não prevê os orbitais e níveis de energia e o de Rutherford não explica a estabilidade do átomo. Esse resultado também vai de encontro com as afirmações de Melo e Lima Neto (2013), pois para os autores os alunos apresentam uma ideia de átomo baseado em um único modelo não considerando o processo de construção do conhecimento científico e as reformulações que foram necessárias para se chegar ao modelo atômico mais atual.

Sobre possíveis dificuldades enfrentadas na aprendizagem de conhecimentos prévios alusivos aos modelos atômicos, em ambas as turmas, parte dos discentes declararam ter sentido dificuldade com o conteúdo, como pode ser constatado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Alunos que apresentaram dificuldade no estudo do átomo



Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico

Na percepção de Pozo e Crespo (2009) tal dificuldade é recorrente tanto para alunos quanto para professores. De um lado, temos o aluno que busca representações macroscópicas (vivências, materializações) de um mundo submicroscópico. Do outro, temos o professor que tenta articular os dois mundos para auxiliar na compreensão do aluno.

Embora a maioria que estudou a estrutura atômica tenha declarado sentir dificuldade na aprendizagem, poucos descreveram quais seriam essas possíveis dificuldades (Quadro 4).

Quadro 4: Dificuldades dos alunos na compreensão do átomo

Pergunta	Respostas - Turma A	Respostas – Turma B
Qual a dificuldade em compreender o conteúdo de modelos atômicos?	<i>As Teorias</i>	<i>Em entender as formas, os objetivos e como funciona</i>
	<i>Todas</i>	
	<i>São muitos nomes diferentes e informações que são totalmente desconhecidas, mas espero ter menos dificuldades no futuro</i>	

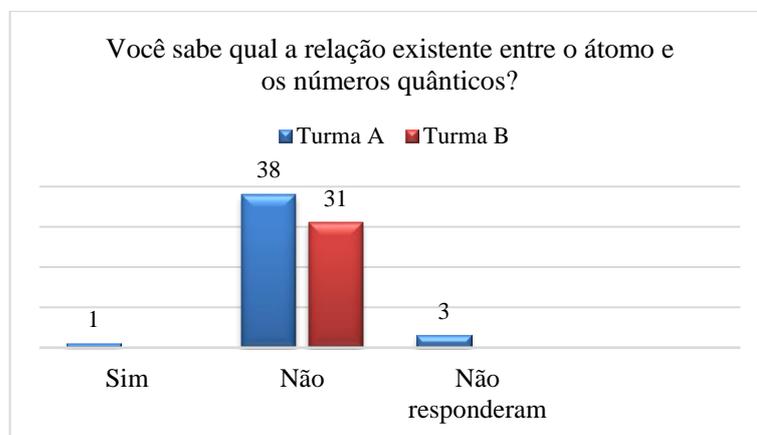
Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico.

No Quadro 4, tivemos como pista a questão das várias teorias que englobam o conteúdo. No entanto, acreditamos que as teorias que compõem os modelos precisam ser trabalhadas em sala de aula, pois são resultados de produção humana e avanço científico. Nessa perspectiva e considerando que o conteúdo tem como objetivo desenvolver o conceito de átomo a cada modelo que surge, Romanelli (1996) afirma que para o estudo do átomo é necessário um processo de ensino e aprendizagem que considere noções abstratas.

Posteriormente, perguntamos se os alunos sabiam identificar alguma relação existente entre o átomo e os números quânticos. De modo quase unânime (mais de 90% da turma A e 100% da turma B), os alunos declararam não saber de nenhuma relação entre os conteúdos

mencionados (Gráfico 4). Os que responderam saber, discorreram sobre qual(is) relação(es) conheciam (na turma B nenhum dos alunos expressaram suas ideias), e quando escreveram observamos um enfoque superficial associando a cálculo matemático.

Gráfico 4: Respostas dos alunos sobre a relação entre átomo e números quânticos

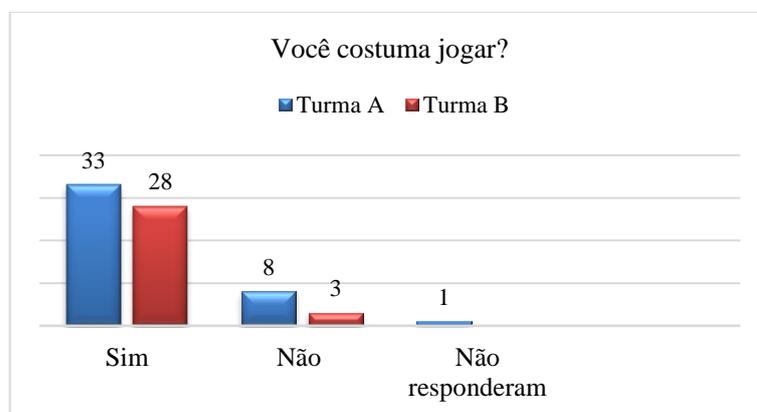


Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico

Sobre o estudo de números quânticos, constatamos que é um conteúdo pouco abordado em sala de aula, diferente dos demais presentes no primeiro ano do Ensino Médio. Por outro lado, quando é abordado, podemos identificar que não há uma ligação com o estudo de modelos atômicos. Ratificando tais constatações, Siqueira, Silva e Júnior (2011) descrevem que os conteúdos trabalhados na disciplina de Química são fragmentados e descontextualizados, contribuindo para um ensino pouco significativo e de difícil compreensão para os alunos.

Após o levantamento dos conhecimentos prévios, buscamos identificar se os sujeitos da pesquisa tinham o hábito de jogar. Com base no Gráfico 5, a maior parte dos alunos declararam que costumam jogar, indicando ser uma atividade que faz parte do cotidiano, uma vez que possibilita uma interação (aluno e jogo) pelos mais diversos meios e lugares.

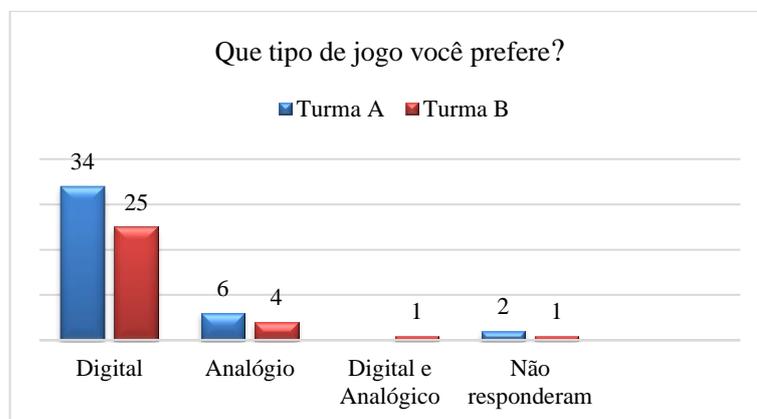
Gráfico 5: Alunos que costumam jogar



Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico.

Em seguida, perguntamos qual a categoria de jogos os alunos tinham por preferência. De acordo com o Gráfico 6, a maior parte dos alunos em ambas as turmas optaram pelos jogos do tipo digital.

Gráfico 6: Tipo de jogo que os alunos preferem



Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico.

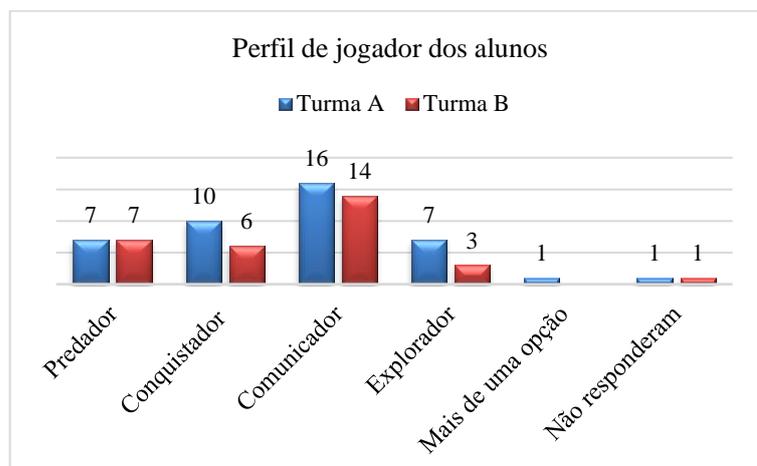
Diante da preferência por jogos no formato digital, Prensky (2012) acredita que estamos diante de uma nova geração com uma combinação de habilidades cognitivas que divergem dos seus antecessores, a geração dos jogos. O autor denomina esta geração como:

As gerações dos jogos – outros preferem usar os termos *N-gen* [de net] (geração internet) ou *D-gen* [de digital] (geração digital) – são *falantes nativos* da linguagem digital dos computadores, videogames e da internet. Aqueles de nós que não nasceram nesse universo, mas adquiriram, pelo menos em algum momento da vida, certo fascínio pelas novas tecnologias, tendo adotado muitos ou a maior parte de seus aspectos, são e sempre serão os “imigrantes digitais” quando comparados a eles (PRENSKY, 2012, p. 75).

O autor ressalta ainda, que por conta das novas tecnologias e mídias digitais, a geração mais jovem apresenta uma grande variedade de novas necessidades e preferências, principalmente na área da aprendizagem. Neste último quesito, Prensky (2012) cita que, assim como os alunos não são mais os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi projetado, a forma de pensar e aprender também se modificou.

Para completar nossa investigação, buscamos também identificar os possíveis perfis de jogadores nas turmas, para assim propor uma estratégia de ensino que proporcione o engajamento desejado. Com base no Gráfico 7, o perfil está distribuído em: 42% comunicador, 21% conquistador, 15% explorador, 19% predador, 2% não responderam e 1% escolheu mais de um perfil. Para este último caso, Cohen (2017) explica que uma pessoa não pertence apenas a um dos quatro tipos de jogadores, o que ocorre é que a maioria tem alguma porcentagem de cada tipo de jogador.

Gráfico 7: Tipos de jogadores

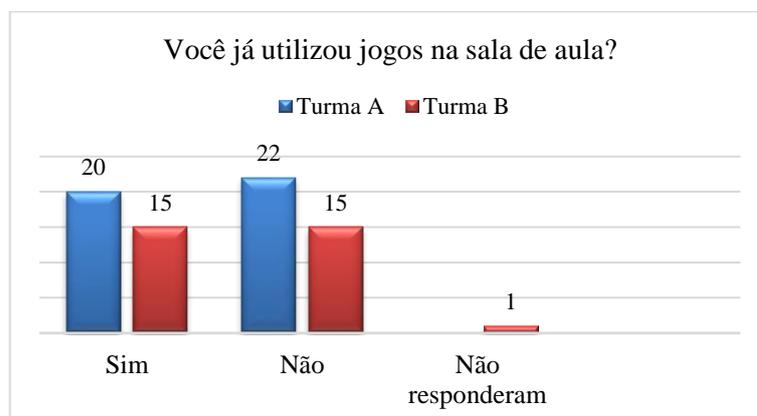


Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico.

Como o jogo construído não possibilitou uma comunicação entre os jogadores dentro do jogo, pelo fato de não ser *multiplayer* e nem colaborativo, optamos em mesclar o perfil conquistador (inserção de pontos, recompensas e fases), predador (inserção do chefe no último nível para ser exterminado) e explorador (inserção de pistas e objetivos a serem cumpridos). Este último perfil foi privilegiado, pois de acordo com Alves (2015) uma forma de proporcionar a diversão em solução gamificada é inserindo atividades para explorar o espaço de cada fase, coletar itens e resolver problemas.

Com relação ao uso de jogos, perguntamos aos alunos se estes haviam utilizado em sala de aula. De acordo com o Gráfico 8, constatamos que alguns alunos já haviam utilizado o referido recurso no ensino.

Gráfico 8: Alunos que utilizaram jogos na sala de aula

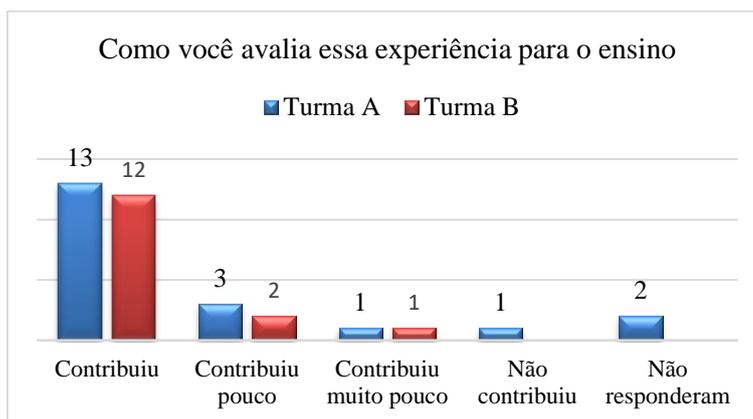


Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico.

Em seguida, para os alunos que haviam usado o jogo, perguntamos sobre sua experiência. Com base no Gráfico 9, tivemos que 71 % dos alunos consideraram que a experiência contribuiu, indicando que para este público, o jogo proporcionou um ensino mais

dinâmico, no qual a aprendizagem ocorre de forma lúdica e interessante, como menciona Cid (2017). Ainda para este público, podemos considerar que o uso do jogo foi visto como uma atividade diferenciada que possibilitou a aprendizagem e permitiu modificações na rotina de sala de aula. Com isso, compreendemos também que os alunos anseiam pela utilização de recursos didáticos mais dinâmicos e divertidos para despertar o interesse pela aprendizagem.

Gráfico 9: Experiência dos alunos com jogos



Fonte: Dados obtidos no teste diagnóstico.

De modo geral, com os resultados aqui evidenciados, conseguimos identificar que os alunos apresentam dificuldades no que se refere a conceitos ou à Física que envolve o conhecimento sobre o átomo e sua estrutura. Para a disciplina de Química, o átomo é o elemento base para a formação da matéria, de moléculas e do próprio conceito de elemento químico que é comumente utilizado no estudo da tabela periódica. No que tange ao ensino de números quânticos, boa parte dos alunos declararam não ter estudado e nem saber sua relação com o conteúdo de modelos atômicos, fornecendo-nos indícios que os conteúdos trabalhados na disciplina são fragmentados e apresentados fora de um contexto.

O levantamento quanto à experiência com jogos ou *videogame* mostrou que a maioria dos alunos declararam ter hábito de jogar e preferência por jogos digitais. Assim, como forma de garantir o engajamento dos alunos, identificamos o perfil destes enquanto jogadores e optamos em mesclar o perfil conquistador, predador e explorador, privilegiando este último.

Assim, diante dos relatos fornecidos pelas professoras e pelos estudantes no teste diagnóstico, buscamos trabalhar uma proposta visando contextualizar historicamente como a evolução dos modelos atômicos se sucederam e a partir disso introduzir o ensino de números quânticos. Para isso, e como forma de despertar o interesse dos alunos, optamos pela criação de um jogo digital tendo como referencial a gamificação.

4.2 O Jogo “Aventuras de Atomildo”

A partir das informações obtidas com o teste diagnóstico dos alunos, desenvolvemos um jogo no formato digital voltado para o ensino de Química, especificamente nos conteúdos de modelos atômicos e números quânticos para alunos do Ensino Médio. Neste processo, investimos 8760 horas na construção e contamos com profissionais⁷ que elaboraram o *design* do jogo (personagens e ambiente do jogo, o laboratório).

A visão geral do jogo pode ser verificada no *Game Design Canvas* (Apêndice D) elaborado. Nessa ferramenta, definimos de forma rápida as principais ideias que norteiam o jogo, por meio dos seguintes tópicos: propósito, plataforma utilizada, número de jogadores, público-alvo, mecânica, história, objetivos, regras, controles, obstáculos e o gênero. Em relação a este último, apesar de identificarmos uma variedade de perfil de jogadores nas turmas, definimos o jogo como sendo predominantemente de aventura “nos quais se explora o mundo desconhecido, pegam-se objetos e solucionam-se problemas” (PRENSKY, 2012, p. 187).

Quanto à história criada, acontece em um laboratório secreto em que um grupo de cientistas do mal desenvolvem vários experimentos. Um certo dia, Atomildo, um jovem cientista entusiasmado com o universo da Química e sedento de conhecimento consegue ter acesso ao tal laboratório e descobre pistas valiosas que o ajudarão a desvendar mistérios. Essas pistas, trabalham o conteúdo de forma lúdica, visto que os alunos afirmaram sentir dificuldades no estudo do átomo pelo fato de conter muitas teorias. Além disso, o jogo conta perigos e obstáculos que o personagem deverá superar para prosseguir e conquistar pontos e medalhas.

Em seguida, definimos os elementos que seriam utilizados e sua respectiva aplicação no jogo considerando a dinâmica, mecânica e componentes (Quadros 5), pois segundo Toda *et al.* (2018) apesar de alguns trabalhos apresentarem uma listagem com os elementos dos jogos utilizados, não há um detalhamento de como é feita a ligação entre estes elementos para gamificar as atividades, ou seja, como aplicá-los a fim de alcançar os objetivos definidos.

Quadro 5: Elementos da dinâmica, mecânica e componentes do Aventuras de Atomildo

Dinâmica	
Restrições	Para ultrapassar a saída do laboratório e responder a pergunta da fase, o jogador precisa coletar todas as pistas.

⁷ Tiago Maia de Sousa: Criação da arte do jogo, personagens e alguns elementos decorativos do laboratório
Anderson Lima do Amaral: Criação dos Mecanismos do jogo, paredes e alguns elementos decorativos do laboratório

Narrativa	O jogo acontece em um laboratório secreto cercado de cientistas do mal, no qual certo dia, Atomildo consegue ter acesso e descobre pistas que o ajudarão a desvendar mistérios.
Progressão	A cada fase é mostrado ao jogador ao quão próximo está da última fase.
Mecânica	
Desafio	Desviar-se dos inimigos, acessar as pistas nos comportamentos bloqueados e responder corretamente cada pergunta.
<i>Feedback</i>	Retorno imediato a cada pergunta respondida de forma correta ou incorretamente.
Recompensa	Cada resposta correta na primeira tentativa, uma medalha é atribuída.
Chance	A cada fase, o jogador inicia com três vidas para concluir a fase.
Componentes	
Avatares	Atomildo (personagem principal) e os cientistas do mal (inimigos).
<i>Boss Fights</i>	Na fase 8, o jogador precisa exterminar o chefe para prosseguir no jogo.
Desbloqueio de conteúdo	O jogador só poderá passar para a próxima fase mediante a assertiva da questão referente à fase anterior. Além disso, o jogador deverá usar o mecanismos para desbloquear compartimentos internos e acessar as demais pistas.
Placar	Após a última fase, o jogador confere seu desempenho final.
Fases	O jogo apresenta oito níveis ou fases.
Pontos	A cada resposta correta na primeira tentativa, 10 pontos são acrescentados. Caso contrário, 1 ponto é subtraído a cada tentativa.
Exploração	O jogador coleta pistas distribuídas pelo laboratório para responder a pergunta condizente à fase.

Fonte: Autoria Própria.

A partir da junção e organização dos elementos elencados, temos um recurso projetado para *desktop* que opera nos sistemas operacionais: Windows, Linux e MacOS. Pode ser jogado *offline* e *online*, neste último exportamos o projeto para Scirra Arcade (*site* onde ficam os jogos desenvolvidos pelos usuários do Construct), no qual pode ser acessado e jogado no seguinte endereço: <https://www.construct.net/en/free-online-games/aventuras-atomildo-34355/play>. Ou baixando os arquivos de instalação do jogo disponíveis no seguinte endereço eletrônico: <https://drive.google.com/drive/folders/1Q2zh0ZdmxfEPu8mXDJoQGjiGutWuocno?usp=sharing>.

Na tela inicial do jogo encontram-se os seguintes botões: jogar, história, objetivos e controles (Figura 17). Clicando no botão jogar dar-se início ao jogo, no botão história é apresentado o propósito do jogo no intuito de fazer com que jogador tenha a sensação de que faz parte de algo maior como explica McGonigal (2017), no botão objetivos pontuamos os principais itens que devem ser seguidos no jogo para alcançar êxito e no botão controle apresentamos as teclas direcionais do computador (para movimentar o personagem), mouse (para desabilitar as pistas e selecionar botões) e a barra de espaço do computador (para atirar no chefe na última fase).

Figura 17: Tela inicial do jogo



Fonte: Elaborado por Sousa (2021).

Ao iniciar o jogo, o jogador é direcionado para a tela de cadastro. Nessa tela deverá inserir seu nome e clicar no botão “SALVAR”. Ao finalizar o cadastro, o jogo inicia com Atomildo entrando no laboratório e dando início a primeira fase do jogo (Figura 18).

Figura 18: Fase 1 do jogo



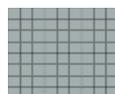
Fonte: Elaborado por Sousa e Amaral (2021).

No ambiente do laboratório, contamos com objetos decorativos, tais como: computador, bancadas, cápsulas com gases, geradores, portas, vidrarias, processador, entre outros (Figura 19). O intuito de caracterizar tal ambiente é torná-lo mais próximo de um laboratório científico na visão do jogador com a intenção proporcionar um ambiente épico que segundo McGonigal (2017) trata-se de “criar um espaço que absorva completamente e envolva o jogador em uma sensação de admiração e encantamento” (p. 131).

Figura 19: Objetos decorativos do laboratório



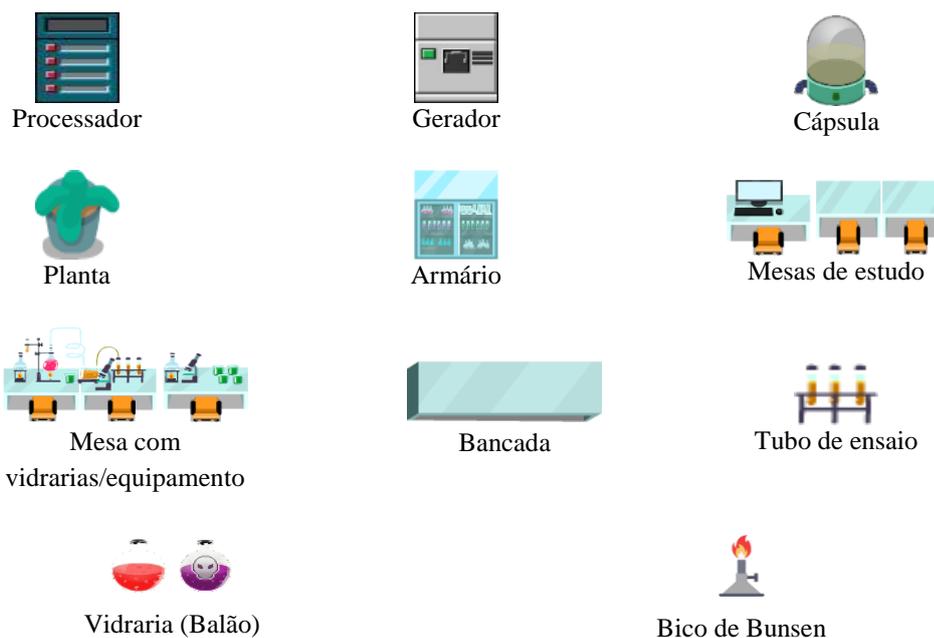
Paredes



Piso



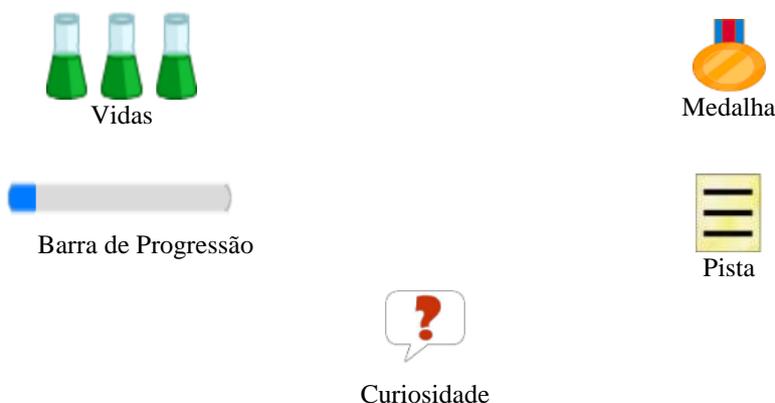
Porta de saída



Fonte: Elaborado por Sousa e Amaral (2021).

O jogo é composto por oito fases e cada uma conta com os seguintes itens estruturais: vidas, medalhas, barra de progressão, pistas e curiosidades (Figura 20). O jogador possui três vidas para concluir cada fase, caso não consiga, a fase é reiniciada com todas as pistas. A medalha representa uma espécie de emblema e é alcançada por cada pergunta respondida corretamente na primeira tentativa. A barra de progressão indica o avanço a cada fase ultrapassada, mostrando ao jogador o quão próximo se encontra do fim do jogo. As pistas são itens obrigatórios que devem ser coletadas em todas as fases. E as curiosidades podem ser coletadas, porém não se configuram como um item obrigatório para prosseguir no jogo.

Figura 20: Itens estruturais do jogo



Fonte: Elaborado por Sousa e Amaral (2021).

Quanto aos personagens, no jogo contamos com três (Figura 21). O primeiro é Atomildo, personagem principal que ao acessar um laboratório secreto descobre pistas valiosas que o ajudarão a desvendar mistérios e alcançar seus objetivos. Em seguida, temos os inimigos representados pelos cientistas do mal presente em todas as fases com o objetivo de impedir Atomildo de concluir sua aventura. Por último, temos o chefe personagem que surge na última fase do jogo e que precisa ser exterminado para que a aventura seja concluída.

Figura 21: Personagens do Jogo Aventuras de Atomildo



Atomildo

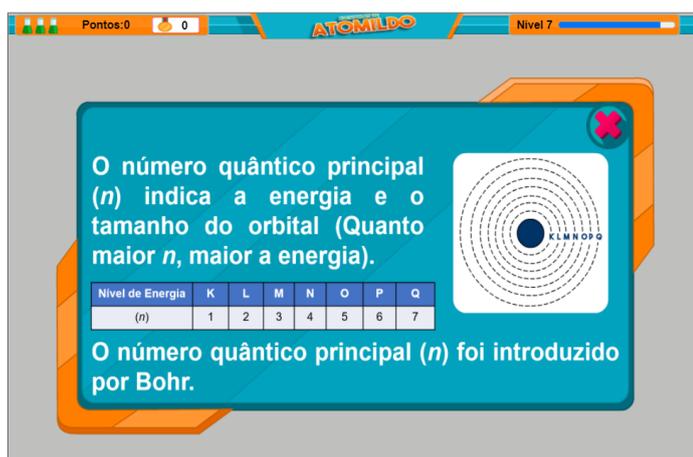
Cientista do mal

Boss

Fonte: Elaborado por Sousa (2021).

Em cada fase, quando o Atomildo vai ao encontro de uma pista, uma tela contendo conceitos alusivos aos modelos atômicos e números quânticos é apresentada ao jogador (Figura 22). Essas pistas que estão presentes em todas as fases caracterizam-se como item obrigatório, pois o personagem só poderá ultrapassar a saída do laboratório se coletar todas as pistas distribuídas no ambiente do jogo.

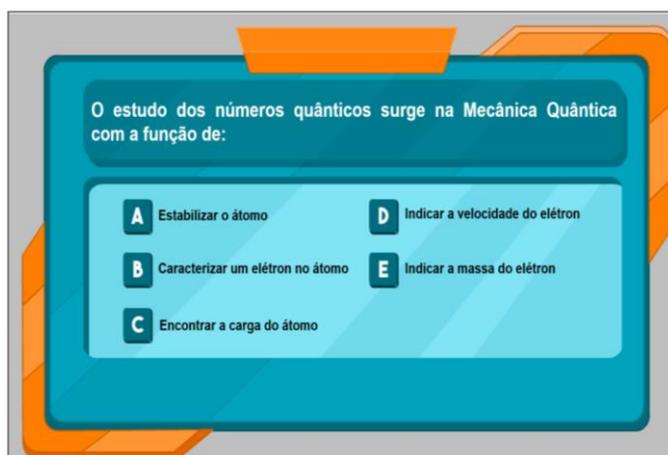
Figura 22: Tela da pista



Fonte: Elaborado por Sousa (2021).

Após coletar todas as pistas, o jogador irá responder uma pergunta referente à fase (Figura 23). Se o jogador acertar a pergunta, o mesmo poderá prosseguir no jogo e ir para a fase seguinte. Caso contrário voltará à fase e perderá um ponto a cada tentativa. Em todas as fases, cada pergunta valerá 10 pontos, exceto na última que valerá 30 pontos, possibilitando ao jogador atingir a pontuação máxima de 100 pontos e 8 medalhas.

Figura 23: Tela da pergunta



Fonte: Elaborador por Sousa (2021).

Além das pistas, o jogo conta com curiosidades. Quando o jogador colide com uma curiosidade (balão com interrogação) é apresentada uma tela com uma possível aplicação Física ou Química, cujo conhecimento advém do átomo e dos números quânticos. Mas diferente das pistas, não é obrigatório sua coleta para mudar de fase.

Como forma de estimular os alunos a elaborarem estratégias para mudar de fase e não deixar o jogo fácil do início ao fim, inserimos alguns mecanismos específicos, como: bloco, placa de pressão, alavanca e *laser* (Figura 24), para desbloquear alguns compartimentos do laboratório. O bloco tem como função prender o inimigo e acionar a placa de pressão, que por sua vez desbloqueia alguns compartimentos quando o bloco é posto sobre ela. A alavanca também desbloqueia compartimentos e é acionada por Atomildo (por contato). E o *laser* é um obstáculo que Atomildo precisa se desviar usando o bloco como proteção, para não perder uma vida a cada contato.

Figura 24: Mecanismos do Jogo Aventuras de Atomildo



Fonte: Elaborado por Amaral (2021).

Quanto à organização do conteúdo proposto neste estudo, realizamos a seguinte distribuição nas fases do jogo:

- Fase 1: início do estudo do átomo com a teoria dos filósofos Demócrito e Leucipo e outras que buscaram compreender a natureza da matéria, como a teoria dos quatro elementos (Água, Terra, Fogo e Ar).
- Fase 2: primeira teoria atômica proposta por John Dalton (1808), no qual apresentamos as principais características do modelo, que são: átomo indivisível, esférico, maciço, neutro e indestrutível e sua analogia com uma bola de bilhar.
- Fase 3: teoria atômica de Joseph John Thomson (1898). Para essa teoria, apresentamos o experimento dos raios catódicos que comprovou a existência do elétron, logo a divisibilidade do átomo. Em seguida, destacamos as características do modelo, como: esfera positiva com elétrons distribuídos uniformemente e sua analogia com o pudim de passas.
- Fase 4: modelo proposto por Ernest Rutherford (1911) e o experimento da lâmina de ouro. A partir do experimento, caracterizamos o modelo formado por duas regiões (núcleo e eletrosfera) e comparado ao sistema planetário. Por último, descrevemos a limitação do modelo, bem como uma possível correção a partir da inserção de uma partícula sem carga elétrica no núcleo.
- Fase 5: modelo proposto por Niels Bohr (1913) que fez uso de ideias de Planck (energia quantizada) e Rutherford. Para esse modelo, descrevemos sua estrutura formada por camadas ou níveis de energia (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) e os postulados para explicar o comportamento dos elétrons no átomo.
- Fase 6: o surgimento dos números quânticos (principal, secundário e magnético) a partir da equação formulada por Erwin Schrödinger (1927). Para isso, também abordamos no primeiro momento as teorias quânticas de Arnold Sommerfeld (1916), Louis de Broglie (1924) e Werner Heisenberg (1926).
- Fase 7: descrição de cada número quântico e do *spin* (quarto número quântico), incluindo seu experimento.
- Fase 8: apresentação das etapas para identificar cada número quântico de um átomo específico, abordando conceitos como: distribuição eletrônica de Linus Pauling (1939), princípio da exclusão de Pauli e Regra de Hund para este estudo.

Por fim, ao concluir a fase 8, o jogador confere seu desempenho no *ranking*, como também seus pontos e número de medalhas conquistadas. Na aplicação do jogo, disponibilizamos um *ranking online*, no qual foi possível sincronizar as informações de alguns alunos em virtude da falta de conexão com o serviço de *internet*. Devido a imprevistos como

esse, optamos em utilizar um *ranking off-line*, no qual os desempenhos só poderiam ser comparados se todos os jogadores utilizassem o mesmo computador. Nesse caso, recomendamos que o jogador faça “*Download*” (arquivo no formato json) de seus resultados para que o professor elabore seu próprio *ranking* como forma de acompanhar as pontuações e atribuir uma nota aos seus alunos.

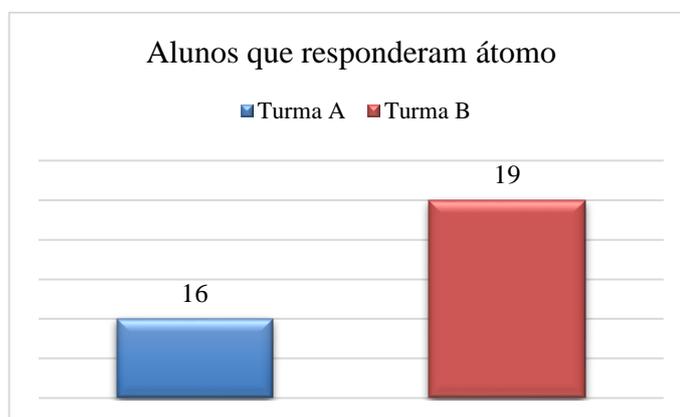
Em relação ao uso do referido recurso na sala de aula, percebemos que a maioria dos alunos apresentaram afinidade com o jogo e seu mecanismo de funcionamento, demonstrando ser uma atividade familiar e presente no seu dia a dia. Por outro lado, também constatamos que alguns alunos (poucos) apresentaram dificuldades e levaram um tempo maior para compreender a função dos mecanismos (alavanca, bloco e *laser*) e como dominá-los. Isso foi evidenciado em uma fase mais elevada do jogo (Fase 7) que requer habilidade com as teclas para mover o bloco em direção ao *laser* e usá-lo como escudo para acessar um compartimento contendo mais pistas.

Outro ponto importante que merece destaque, foi a atenção dada pelos alunos às teorias e conceitos (pistas) apresentadas no jogo, visto que estes em certos momentos escreviam no caderno os pontos mais pertinentes que não haviam sido abordados em sala de aula. Tal situação ocorreu principalmente com as curiosidades e a representação visual de algum experimento.

4.3 Avaliação Pós-Jogo

Levando em consideração a dificuldade dos alunos no ensino de modelos atômicos, perguntamos se estes sabiam do que a matéria é constituída, questão trabalhada na primeira fase do jogo e base para as demais perguntas, no qual tem-se como resposta o átomo, fornecida pela maior parte dos alunos, conforme apresentamos no Gráfico 10.

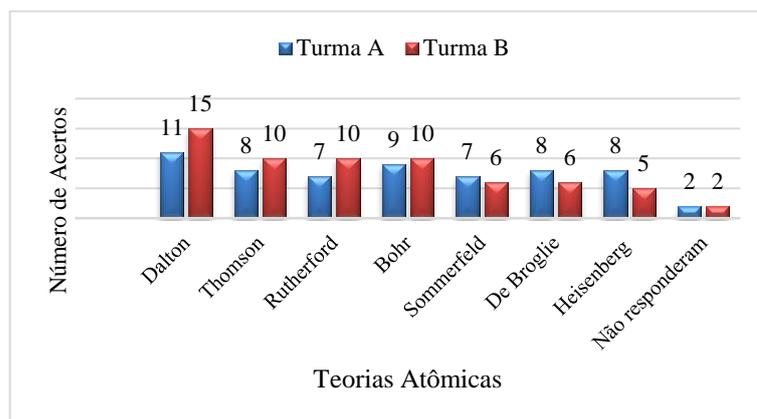
Gráfico 10: Alunos que consideraram o átomo como constituinte da matéria



Fonte: Dados obtidos no teste pós-jogo.

Como no diagnóstico identificamos dificuldades quanto às teorias que surgiram para explicar a estrutura do átomo, no jogo apresentamos as teorias atômicas em cada fase. No teste pós-jogo, disponibilizamos as teorias que surgiram para explicar a estrutura do átomo em uma coluna e seus idealizadores em outra e solicitamos que os alunos relacionassem. No Gráfico 11, apresentamos o quantitativo de acertos que cada teoria atômica obteve.

Gráfico 11: Alunos que relacionaram teoria atômica e responsável

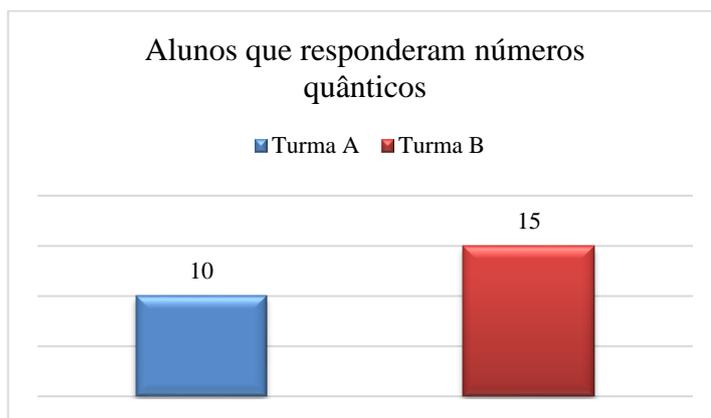


Fonte: Dados obtidos a partir do teste pós-jogo.

Conforme o gráfico 11, a média de acertos em que a idealização do átomo é vista como uma esfera maciça foi próximo de 61%. As idealizações mais clássicas (Thomson, Rutherford e Bohr) tiveram média de acerto de próximo a 42%. As idealizações mais complexas relacionadas ao conceito de orbital, dualidade onda-partícula e princípio da incerteza com aproximadamente 32% de acertos, que são assuntos que se distanciam do cotidiano do aluno e exige um alto nível de abstração e uso de conceitos matemáticos complexos, como relata Bianco e Meloni (2019).

Na pergunta seguinte, a finalidade foi conhecer os números quânticos, pois no diagnóstico, identificamos que boa parte dos alunos declararam não saber qual a relação entre átomo e números quânticos, o que são números quânticos e quais são eles. No jogo, disponibilizamos pistas a cada fase que retratavam a evolução atômica e a partir da fase 6, apresentamos algumas teorias quânticas como a do físico Erwin Schrödinger para evidenciar o surgimento desses números a partir de sua equação matemática. Desse modo, solicitamos que os alunos completassem a lacuna com o nome dado aos números que surgiram da equação de Schrödinger (Gráfico 12).

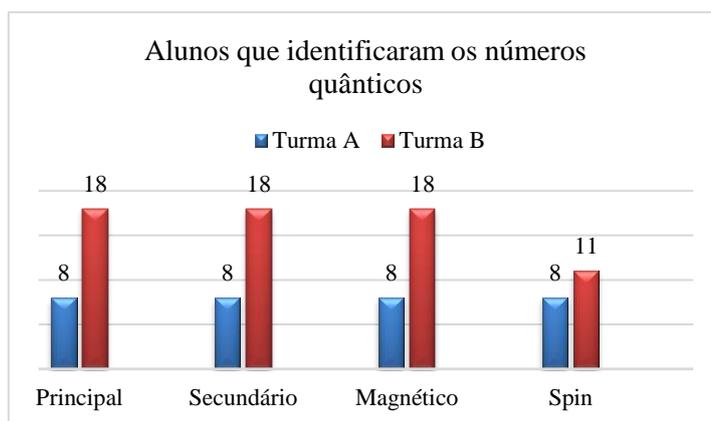
Gráfico 12: Alunos que identificaram os números oriundos da equação de Schrödinger



Fonte: Dados obtidos a partir do teste pós-jogo.

Em seguida, inserimos as demais lacunas como forma de completar a ideia com a identificação de cada número quântico, dando início ao processo de reconhecimento desses números. Para esse momento, foi solicitado que completassem com o nome ou símbolo usado para identificá-los (Gráfico 13).

Gráfico 13: Alunos que identificaram os números quânticos



Fonte: Dados obtidos a partir do teste pós-jogo.

A partir dos resultados representados nos gráficos 12 e 13, tivemos indícios de que os alunos conseguiram conhecer e reconhecer (parcialmente) os números quânticos. Como no diagnóstico não houve respostas que evidenciassem a função dos números quânticos, no pós-jogo, perguntamos aos alunos qual a função desses números de modo geral (Quadro 6).

Quadro 6: Respostas dos alunos sobre a função dos números quânticos

Pergunta	Respostas - Turma A	Respostas - Turma B
Com os números quânticos conseguimos...	<i>O endereço do átomo</i>	<i>Encontrar propriedades</i>
	<i>Nível de energia</i>	<i>Valor de energia</i>
	<i>Caracterizar e identificar o átomo</i>	<i>Endereço do elétron</i>
	<i>Localizar o elétron</i>	<i>Estimar a localização do elétron</i>

		<i>Encontrar o elétron</i>
		<i>Saber a localização deles</i>

Fonte: Dados obtidos a partir do teste pós-jogo.

Considerando que os números quânticos têm como função definir o estado de um elétron em um átomo, assim como caracterizá-lo, segundo Weller *et al.* (2017), obtivemos respostas que fizeram referência por meio de expressões, como: “*localização do elétron*” ou “*endereço do elétron*”. Por outro lado, identificamos algumas respostas voltadas a um número quântico específico, como: “*nível de energia*” ou “*valor de energia*” referente ao número quântico principal. Já outras respostas, como: “*caracterizar*” e “*identificar o átomo*”, “*endereço do átomo*” e “*saber a localização deles*”, apesar de não apresentarem a ideia no seu sentido completo, consideremos que elas fizeram alusão aos NQ’s.

Ciente da função geral que os números quânticos têm, perguntamos a função específica de cada número, respectivamente com a finalidade de concluir a etapa do reconhecimento. Para esta pergunta, no Quadro 7, apresentamos as respostas na ordem fornecida pelos alunos.

Quadro 7: Respostas dos alunos sobre a descrição de cada número quântico

Pergunta	Respostas - Turma A	Respostas - Turma B
O primeiro número indica... O segundo indica... O terceiro indica... E o quarto indica...	<i>A energia, tamanho do orbital, orientação do orbital, rotação do elétron</i>	<i>Nível de energia, tipo de orbital, orientação do orbital, rotação do elétron</i>
	<i>A energia e o tamanho do orbital tipo de orbital, orientação do orbital no espaço, rotação do elétron</i>	<i>Nível de energia, orbital, posição do elétron no orbital e rotação</i>
	<i>Nível de energia, subnível, orbital, sentido do elétron</i>	<i>A distribuição eletrônica, forma do orbital, orientação do orbital, rotação do elétron</i>
	<i>Nível ou Camada, o formato, elétron, sentido horário e anti horário</i>	<i>Valor da energia, a forma do orbital, orientação do orbital, rotação do elétron</i>
	<i>Nível de energia, subnível, em que orbital se encontra, o sentido de rotação</i>	<i>Orientação do orbital, tipo de orbital, orientação do orbital, rotação do elétron</i>

Fonte: Dados obtidos a partir do teste pós-jogo.

Para esta pergunta, buscamos verificar a aprendizagem do tipo conceitual que não deixa de ser representacional, visto que muitos conceitos são representados por símbolos. Como respostas esperadas, tínhamos como expectativa que os alunos soubessem descrever a função de cada número quântico ou utilizar de termos relacionados. Conforme o Quadro 7, verificamos que para o número quântico principal as respostas foram voltadas para o nível energia. Para o número quântico secundário, foram direcionadas à forma do orbital ou subnível. Para o número

quântico magnético, algumas respostas relacionaram-se a orientação do orbital, porém outras foram incompletas fazendo uso unicamente da palavra “orbital”. Já com relação ao *spin*, todos os alunos associaram ao sentido de rotação do elétron.

Como constatamos no diagnóstico, os alunos declararam não saber o que são números quânticos e quais são. Logo, o processo de identificação do estado do elétron por meio destes números não seria possível. Pensando nisso, na última questão solicitamos que os alunos identificassem esse estado por meio dos números quânticos (Quadro 8), considerando a distribuição eletrônica do átomo de Argônio (Ar) e seu subnível mais energético.

Quadro 8: Respostas referente aos quatro números quânticos do átomo de Argônio

Pergunta	Respostas - Turma A	Respostas - Turma B
Quais os quatro números quânticos do subnível mais energético do átomo do Ar?	$n=3, l=p= 1, m=+1, s= +1/2$	$l= 3, m= 1, n= +1, s= +1/2$
	$n= 3, l= 2, m= -2, s= -1/2$	$n= 3, l= 1, m= 2, s= +1/2$
	$n= 3, l= 1, m= -1, s= +1/2$	$n= 3, l= 1, m= -1, s= +1/2$
	$n= 3, l= 1, m= + 1, s= -1/2$	$n= 3, l= 1, m= +1, s= +1/2$

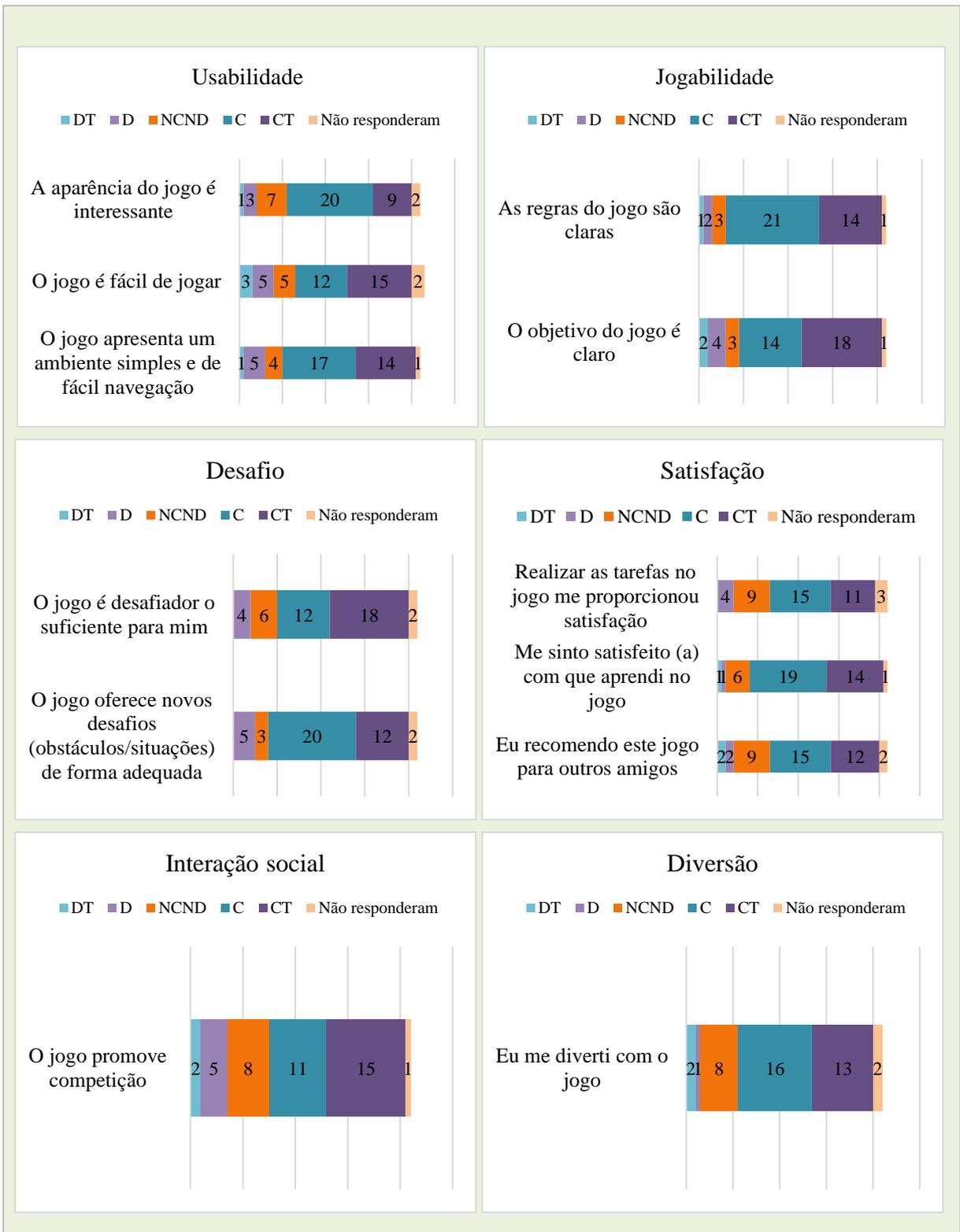
Fonte: Dados obtidos a partir do teste pós-jogo.

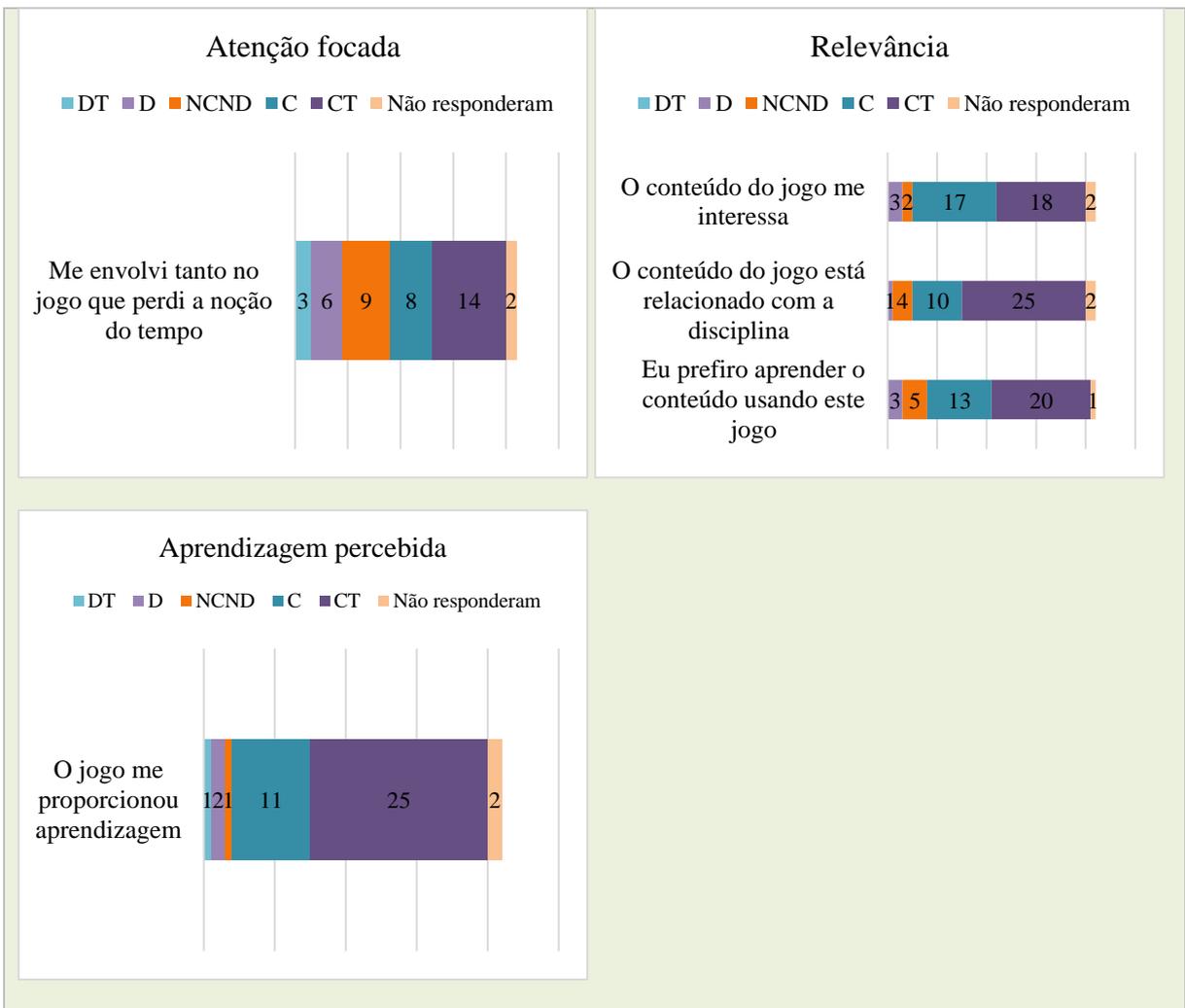
Como resposta à pergunta contida no Quadro 8, temos: $n = 3, l = 1, m = +1$ e $s = +1/2$. Sendo assim, identificamos que a maior dificuldade foi com relação ao número quântico magnético e o *spin*, que exigem dos alunos a distribuição correta dos elétrons nos orbitais por meio do princípio da exclusão de Pauli e da regra de Hund. Para o número quântico magnético, percebemos que nem todos os alunos preencheram corretamente os orbitais com os seis elétrons. Para o número quântico de *spin*, detectamos que houve troca em relação a orientação, uma vez que foi estabelecido no jogo que seta para cima, usaríamos $-1/2$ e seta para baixo $+1/2$. Além desses apontamentos, obtivemos em uma resposta a identificação de cada número quântico do átomo solicitado na ordem estabelecida, porém a simbologia usada não condizia com o número quântico em questão.

4.4 Avaliação do Jogo

Com relação ao jogo, avaliamos a usabilidade, a jogabilidade, desafio, satisfação, interação social, diversão, atenção focada, relevância e aprendizagem percebida. No conjunto de gráficos a seguir (Gráfico 14), apresentamos a opinião dos alunos sobre as dimensões mencionadas.

Gráfico 14: Avaliação dos alunos sobre o jogo Aventuras de Atomildo





Fonte: Dados obtidos na avaliação do jogo pelos alunos.

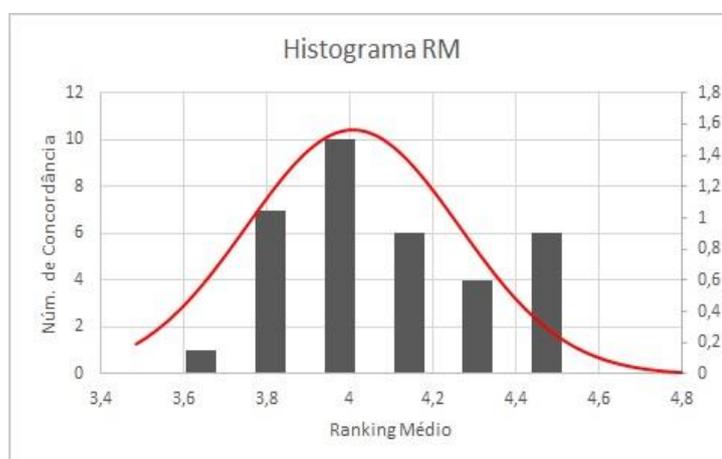
Conforme os dados apresentados, obtivemos resultados positivos quanto às dimensões analisadas. No entanto, pretendemos realizar ajustes nas seguintes dimensões: usabilidade, desafio e atenção focada. No item usabilidade, a finalidade é melhorar a aparência do jogo e torná-lo mais fácil de jogar. No quesito desafio e atenção focada, pretendemos reorganizar os obstáculos e inseri-los no jogo de forma que seu uso esteja de acordo com as habilidades dos alunos, uma vez que alguns levaram um tempo maior para compreender o funcionamento do *laser* e sua relação com bloco. Na falta dessa compreensão, a atenção focada (intensa concentração) será comprometida.

A nível de aprendizagem, destacamos os resultados das duas últimas dimensões: relevância e aprendizagem percebida. Na primeira dimensão, temos que um jogo é considerado relevante quando os alunos percebem que a proposta educacional é consistente com seus objetivos e que podem vincular o conteúdo aos seus interesses, como explicam Petri, Gresse von Wangenheim e Borgatto (2019). De acordo com esse entendimento, tivemos que o jogo foi

considerado relevante para a grande parte dos alunos, pois os mesmos declaram que o conteúdo do jogo interessa, está relacionado com a disciplina e é o mais indicado para aprender o conteúdo em questão. Para a segunda dimensão, temos que uma aprendizagem percebida ocorre mediante as percepções do efeito geral do jogo na aprendizagem dos alunos, ainda segundo Petri, Gresse von Wangenheim e Borgatto (2019). Assim, com base nas declarações, os alunos consideraram que o jogo proporcionou aprendizagem.

Na Figura 15, apresentamos os valores obtidos pelo cálculo do *Ranking Médio* sobre a avaliação do jogo em relação à opinião dos alunos que fizeram o uso do referido recurso em sala de aula para auxiliar na aprendizagem dos números quânticos.

Gráfico 15: RM do jogo



Fonte: Autoria Própria.

A partir dos resultados apresentados no Gráfico 15, constatamos de modo geral um grau de concordância das variáveis apresentadas para avaliar o jogo, uma vez que os valores obtidos a partir do cálculo do RM foram maiores que três.

Após a implementação, monitoramento e análise dos resultados, consideramos necessário realizar ajustes no jogo referente ao *design*, ao conteúdo das pistas e das perguntas feitas ao final de cada fase, no sistema de pontuação e nos obstáculos que não estavam funcionando de forma esperada e que também precisaram ser reorganizados. Além disso, inserimos alguns efeitos e trilha sonora⁸, este último não é apenas parte do pano de fundo, mas um componente fundamental para experiência de jogar, como afirma McGonigal (2017). Com isso, acreditamos que os ajustes mencionados foram essenciais considerando a natureza do recurso (jogo) e a sua finalidade que é auxiliar na aprendizagem.

⁸ Os Efeitos sonoros e a trilha sonora são do Freesound que é um repositório colaborativo de amostras de áudio licenciados em Creative Commons, disponível em: <https://freesound.org/>

Outra modificação que precisou ser feita foi quanto à estrutura do *ranking*. Este elemento foi projetado para fornecer em tempo real a classificação dos alunos, a partir de uma versão gratuita de um *site* de hospedagem. Contudo, no dia da implementação do jogo, tivemos dificuldades quanto ao acesso à *internet* no laboratório de informática, visto que este serviço se fazia importante para sincronizar nome, pontuação e medalhas conquistadas no decorrer do jogo. Em virtude disso, nem todos os alunos tiveram seus dados apresentados no *ranking*.

Após a aplicação do jogo, não realizamos nenhuma modificação no *site*, pois não sentimos tal necessidade. No entanto, com a etapa de correção das telas e do próprio *design*, direcionamo-nos ao *site* e o mesmo havia sido excluído por falta de uso, sem a opção de restaurar os dados e o próprio *ranking*. Com isso, optamos em criar um novo *ranking* (local) a partir de um componente chamado *Local Storage* disponível no próprio Construct 3, para não comprometer a estrutura do jogo.

4.5 E a Aprendizagem?

Como as etapas realizadas no decorrer da pesquisa, fez-se necessário avaliar se a aprendizagem foi significativa (APS), ou seja, se houve: captação de significados, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar os conhecimentos para resolver certas situações. Para isso, retornamos as duas condições, às quais descrevemos anteriormente, para que ocorra uma aprendizagem significativa: 1) O uso de um material potencialmente significativo; e 2) A predisposição do aprendiz em aprender

A primeira condição foi constatada anteriormente pelos alunos ao afirmarem, que o uso do material, no caso o jogo, contribuiu para a aprendizagem do conteúdo, uma vez que o recurso no formato digital se adequou a preferência dos alunos. Já em relação a segunda condição, foi possível notar a predisposição dos alunos a partir do engajamento destes em realizar as tarefas solicitadas no jogo, a fim de alcançar uma boa pontuação, tanto no jogo quanto na disciplina. Para tal resultado, consideramos que o uso do sistema de pontuação, medalhas e placar auxiliou no processo, visto que são elementos que afloram o lado competitivo do aluno que busca vencer e ter uma boa reputação (*status*) diante dos colegas de classe.

Como forma de compreender como ocorreu o processo de aprendizagem, discorreremos a seguir sobre cada questão contida no teste pós-jogo tendo como referência a teoria da aprendizagem significativa.

Na primeira questão, contextualizamos historicamente as teorias que surgiram para descrever a composição da matéria. Dentre elas, destacamos a de Demócrito e Leucipo e pedimos que os alunos respondessem do que a matéria é constituída na visão desses filósofos. Como resposta, temos o átomo, unidade básica da matéria, fornecida por 83% dos alunos, conforme consta no Gráfico 10.

Em seguida, a fim de identificar as teorias atômicas idealizadas para a estrutura do átomo, os alunos relacionaram as teorias com seus respectivos idealizadores. Com o resultado, concluímos que boa parte dos alunos conceberam o átomo como uma esfera maciça, seguida pelas teorias mais clássicas e por fim as mais complexas (Gráfico 11). Nesse processo, os alunos estabeleceram a chamada diferenciação progressiva que procede de maneira hierárquica, partindo de um conceito mais geral de átomo e indo para outros conceitos que são progressivamente diferenciados em detalhes e especificidades, como explica Moreira (1999).

Para a pergunta seguinte, a finalidade era que os alunos conhecessem e reconhecessem os números quânticos por meio de um pequeno texto que mencionava a teoria quântica do físico Erwin Schrödinger. Assim, tivemos que 59% dos alunos conseguiram conhecer os números quânticos a partir do texto (Gráfico 12), uma média 61% conseguiram reconhecer esses números em principal, secundário e magnético e 45% em *spin* (Gráfico 13). Em seguida, para concluir a etapa de reconhecimento, descreveram a função de cada número quântico, estabelecendo a aprendizagem do tipo conceitual, conforme apresentado no Quadro 7.

Posteriormente, perguntamos a função dos números quânticos na busca de averiguar a aprendizagem proposicional que envolve o significado de ideias representado por um grupo de palavras e não por palavras isoladas como foi o caso da pergunta anterior. No Quadro 6, constatamos que os alunos fizeram uso de termos específicos como “*endereço*” e “*localização*” para caracterizar o elétron no átomo. De forma semelhante, também tivemos respostas que seguiram o mesmo viés, porém com a ausência de algum termo para completar o sentido desejado. Diante disso, evidenciamos uma substantividade nas respostas que significa que, nem a aprendizagem, nem os significados em desenvolvimento, dependem do uso exclusivo de palavras específicas, conforme Ausubel (2003).

Por último, ao solicitar que os alunos identificassem os quatro números quânticos do subnível mais energético do átomo de argônio, buscamos verificar a aprendizagem do tipo representacional que é um tipo de aprendizagem relacionada com os símbolos individuais ou a aprendizagem de seus significados. Com as respostas obtidas no Quadro 8, tivemos indícios de

que houve a referida aprendizagem. Em contrapartida, constatamos uma resposta em que o aluno identificou cada número quântico do átomo solicitado na ordem estabelecida, porém a simbologia usada não condizia com o número quântico em questão, nos indicando que essa aprendizagem não foi significativa.

Para esta mesma pergunta, verificamos que houve também o processo de aplicação dos conceitos de números quânticos declarados anteriormente para identificar o estado do elétron no átomo de Ar. Quando isso ocorre, estamos diante do processo de reconciliação integrativa, visto que os alunos precisaram analisar as similaridades, diferenças e relações entre os conceitos abordados ao longo do processo.

Assim, a partir dos resultados evidenciados neste trabalho, tivemos indícios de que o recurso projetado para o ensino dos números quânticos fundamentado na gamificação auxiliou na aprendizagem, nos fornecendo indícios de uma aprendizagem potencialmente significativa.

4.6 Guia Didático: Aventuras de Atomildo

Os resultados obtidos com a implementação do jogo digital fundamentado na gamificação, serviram para conduzir a construção do guia didático intitulado “Aventuras de Atomildo” (Figura 25).

Figura 25: Capa do Guia Didático



Fonte: Elaborado por Sousa (2021).

O guia didático está dividido em três seções. Na primeira seção o jogo Aventuras de Atomildo é apresentado, destacando itens, como: o cenário no qual a história se passa, os personagens, componentes, fases, mecanismos e desafios ao decorrer do jogo. Na segunda seção, apresenta-se a parte instrucional do guia, destinada a demonstrar as maneiras para obtenção e instalação do jogo. Na terceira seção, apresentamos uma sugestão de atividade didática utilizando o recurso produzido, assim como o teste diagnóstico, planos de ensino e teste pós-jogo referenciados neste trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como forma de responder ao problema de pesquisa, utilizamos o jogo Aventuras de Atomildo, desenvolvido por meio da ferramenta Construct 3, no contexto da gamificação, como recurso tecnológico capaz de favorecer a compreensão do processo de evolução dos modelos atômicos, visando a aprendizagem do conteúdo de números quânticos. Como já mencionado, o ensino desses números dificilmente é abordado, seja nos anos finais do Ensino Fundamental (disciplina de Ciências) ou nos anos iniciais do Ensino Médio (disciplina de Química), devido à abstração e à descontextualização do conteúdo, falta de interesse por parte dos alunos e a própria formação docente. Para este último caso, acreditamos ser válido a inserção de disciplinas de Física (Física Moderna) de forma não superficial nos cursos de Química (bacharelado ou licenciatura) para melhor compreender a estrutura do átomo e auxiliar na aprendizagem dos alunos.

No que tange à implementação da proposta, obtivemos resultados que apontaram, que o jogo favoreceu a aprendizagem de conceitos ligados ao processo de evolução dos modelos atômicos e a relação desses com os números quânticos. Ao observar os resultados apresentados, é nítida a manifestação do conhecimento a respeito dos modelos atômicos principalmente com relação às teorias mais clássicas. Quanto ao estudo de números quânticos, constatamos que os alunos conheceram estes números a partir do estudo do átomo e os reconheceram a partir da descrição feita de cada um. De posse disso, aplicaram os conceitos assimilados para compreender a estrutura/organização dos elétrons no átomo de argônio, fazendo uso de conhecimentos que envolvem configuração eletrônica, princípio da exclusão de Pauli e Regra de Hund.

Em relação à análise do jogo, o mesmo foi bem avaliado pelos alunos como um recurso com requisitos necessários para auxiliar na aprendizagem dos números quânticos no ensino de Química. Após sua aplicação, realizamos ajustes referente ao *design*, sistema de pontuação e efeitos e trilha sonora, conteúdo apresentado no jogo e o *ranking* que precisou ser reestruturado para se manter no jogo e não comprometer a estrutura criada.

Logo, para esta pesquisa, a gamificação mostra-se uma grande aliada no processo de construção de um recurso voltado para o ensino, pois permitiu a inserção de elementos de jogos, visando obter as mesmas vantagens que a ação de jogar gera, proporcionando não só algo diferenciado aos alunos, mas também a possibilidade de estimular um maior engajamento destes nas atividades de aprendizagem. Apesar disso, enfatizamos que com a elaboração desta

pesquisa nos deparamos com a ausência de produções científicas que apresentassem um método ou processo para gamificar no ensino e que fizessem o uso da gamificação de conteúdo. No caso desse tipo de gamificação, normalmente na literatura, os autores se detêm ao seu conceito e não apresentam relatos de sua aplicação.

Quanto as contribuições alcançadas neste estudo, estas possuem um sentido científico e social, pois por meio da criação do recurso baseado na gamificação, disponibilizamos ao professor uma possibilidade de contextualizar o ensino na sala de aula por meio da inserção do estudo do átomo para melhor compreender o conteúdo de números quânticos, visto que tal relação não é explorada nas aulas de Química no Ensino Médio.

Também, é apresentado a comunidade científica um recurso tecnológico que por meio de sua estrutura de funcionamento (coleta de pistas) pode ser ajustado para ensinar outros conteúdos mais teóricos, como História da Química e História da Tabela Periódica, e mesmo assim, manter a estrutura do jogo apresentada. Vale destacar também que este estudo vai de encontro com alguns dos objetivos propostos pela BNCC, como o de “conceber e pôr em prática situações e procedimentos para motivar e engajar os alunos nas aprendizagens” (BRASIL, 2018, p. 17).

Como contribuição social, tivemos o desenvolvimento de um tema importante e pouco abordado de forma mais consistente com alunos do Ensino Médio, podendo, futuramente, alcançar um número maior de alunos, conforme a propagação deste estudo. Em favor disso, ressaltamos as evidências de aprendizagem e o engajamento dos alunos como principal reconhecimento do trabalho, acentuando necessidade de expandir para mais alunos e contribuir com seu aprendizado.

Para trabalhos futuros, pretendemos desenvolver outras pesquisas que possam fornecer mais resultados quanto ao uso da gamificação no ensino de Química. Como este estudo foi direcionada a gamificação de conteúdo, pouco relatada na literatura, a intenção é desenvolver trabalhos voltados para a gamificação do tipo estrutural na intenção de elaborar mais alternativas para que possam ser reproduzidas e disseminadas por outros professores. Essa perspectiva visa alcançar também escolas com carência de recursos tecnológicos básicos, como computador e serviço de *internet*.

Por fim, esperamos que com o produto desenvolvido, fruto desta pesquisa, possamos encorajar outros professores a buscar e a desenvolver recursos que ajudem na aprendizagem dos alunos e conseqüentemente no ensino.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. P. de. **Transposição didática: por onde começar?** 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- ALTER, A. Irresistível: **Por que você é viciado em tecnologia e como lidar com ela.** Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Objetiva, 2018.
- ALVES, F. **Gamification: como criar experiências de aprendizagem engajadora: um guia completo do conceito à prática.** 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: DVS Editora, 2015.
- ALVES JUNIOR, C. A.; CORREA, T. ; COMIOTTO, T. O lúdico como ferramenta de ensino na química orgânica no curso técnico em Química do SENAI Jaraguá do Sul. *In: II Colóquio Luso-Brasileiro de Educação - COLBEDUCA*, 2016, Joinville. **Anais...** Joinville - SC: 2016.
- ALVES, L. M. **Gamificação na Educação: aplicando metodologias de jogos no ambiente educacional.** Joinville: Clube de Autores, 2018.
- ALVES, L. R. G.; MINHO, M. R. S.; DINIZ, M. V. C. Gamificação: diálogos com a gamificação. *In: Luciane Maria Fadel, Vania Ribas Ulbricht, Claudia Regina Batista e Tarcísio Vanzin (Org.). Gamificação na Educação.* 1. ed. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014 [e-book].
- ATKINS, J. **Princípios de Química: los caminos del descubrimiento.** 3. ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2006.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.** 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BIANCO, A. A.; MELONI, R. A. O conhecimento escolar: Um estudo do tema Diagrama de Linus Pauling em Livros Didáticos de Química – 1960/1970. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 2, 2019.
- BORGES, R. Afinal, **o que é e como aplicar a gamificação?**. *In: LOIOLA, V. (Org.). A era exponencial exige.* São Paulo: Literare Books International, 2020.
- BORGES, S. S.; REIS, H. M.; DURELLI, V. H. S.; BITTENCOURT, I. I.; JAQUES, P.; ISOTANI, S. Gamificação Aplicada à Educação: Um Mapeamento Sistemático. *In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: USP, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf. Acesso em: 25 de Abril de 2020.
- BURKE, B. **Gamificar: como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias.** São Paulo: DVS, 2015.
- CAJAS, F. La alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. **Ensenanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, 2001.
- CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELICIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de Ciências e Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. **Caderno dos Núcleos de Ensino**, p. 35-48, 2003.

- CARVALHO, H. W. P. de; BATISTA, A. P. de L.; RIBEIRO, C. M. Ensino a aprendizagem de química na perspectiva dinâmico-interativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 2, p. 34-47, 2007.
- CASTOLDI, R.; POLINARSKI, C. A. A utilização de Recursos didáticopedagógicos na motivação da aprendizagem. In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2009, Ponta Grossa, 2009. **Anais...** Ponta Grossa: UTFPR, 2009. Disponível em: <https://atividadeparaeducacaoespecial.com/wp-content/uploads/2014/09/recursos-didatico-pedag%C3%B3gicos.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2021.
- CASTRO, B. J.; COSTA, P. C. F. Contribuições de um jogo didático para o processo de ensino e aprendizagem de Química no Ensino Fundamental segundo o contexto da Aprendizagem Significativa. **REVISTA ELECTRÓNICA DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS**, v. 6, p. 25-37, 2011.
- CASTRO, T. S.; CAVALCANTE, E. L. D. **Números Quânticos: evolução ou involução do conteúdo nos livros didáticos**. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ). Florianópolis, SC, 2016.
- CHANG, R. **Físico química: para as ciências químicas e biológicas**. v. 2, São Paulo: Bookman, 2010.
- CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Química**. 11. ed. Porto Alegre: McGraw Hill, 2013.
- CHANG, R. **Química Geral: Conceitos Essenciais**. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2007.
- CHASSOT, Á. I. **A educação no ensino de química**. Ijuí: Ed. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 1990.
- CHEVALLARD, Y. **La transposicion Didactica: del saber sábio al saber ensinado**. Argetina: La Pensée Sauvage, 1991.
- CHODA, J.; CHENPRAKHON, P. A Hands-On Physical Model For Teaching Quantum Numbers And Rules For Writing Electron Configuration. **Proceeding of the 3rd Global Summit on Education 2015, Kuala Lumpur, Malaysia**, 2015.
- CID, E. F. K. **O uso de jogos como estratégia motivadora no processo de ensino e aprendizagem da educação profissional**. 1. ed., v. 1, Vitória: Cousa, 2017.
- COHEN, R. **Gamification em Help e Service Desk: Promovendo Engajamento e Motivação no Século 21 em Centros de Suporte, Help Desk e Service Desk**. 1. ed., v. 1. São Paulo: Novatec, 2017.
- CORRÊA, C. A gamificação e o ensino/aprendizagem de segunda língua: um olhar investigativo sobre o Duolingo. **Revista Linguagem & Ensino**, Pelotas, v. 22, n. 4, 2019.
- COSTA, M. L. de C. S. **Construção de um jogo interativo para o ensino da química no 3º ciclo do Ensino Básico, aplicado aos conteúdos programáticos do 8º ano**. 2013. 163 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho. Escola de Ciências. Mestrado em Ciências - Formação Contínua de Professores Área de Especialização em Física e Química, Braga, 2013.
- CUNHA, M. B. Jogos de química: desenvolvendo habilidades e socializando o grupo. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 2004. Resumos ENEQ – 028. Goiânia, 2004. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1gtHMUsDnX52CffRc9yoJpZuVGu2kiz4O/view>. Acesso em: 28 mai. 2021.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Revista Química Nova na Escola**, n. 2, v. 34, p. 92-98, 2012. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/07-PE-53-11.pdf. Acesso em: 28 mai. 2021.

DENZIN, N. K. **The research act**. 3thd. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989.

DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. E. From game design elements to gamefulness: defining gamification. **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments**. ACM, 2011.

DUTRA, F. **O efeito melão: potencialize a flexibilidade cognitiva pela arte e gamificação**. São Paulo: DVS Editora, 2018.

EICHLER, M. L. **A construção de noções fundamentais à química**. São Paulo, SP, 2007.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.

FERNANDES, A. C.; ALVES, M.M.; LIMA, V. M. M.; SOUSA, M. M. da C.; GAMELEIRA, S. T.; SILVA, O. G. da S. Ensino de química: uma análise comparativa entre as redes públicas de ensino estadual e federal no município de Pau dos Ferros-RN. *In: XVI Encontro Nacional de ensino de Química, Salvador. Anais...* Salvador - BA, 2012.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C.; AZEVEDO JR., D. P.; NOGUEIRA, O. **DI 4.0 - Inovação em educação corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação, 2019.

FLICK, U. **Qualidade na pesquisa qualitativa: Coleção Pesquisa Qualitativa**. São Paulo: Bookman, 2009.

FORTMAN, J. J. Pictorial Analogies VII: Quantum Numbers and Orbitals. **Journal of Chemical Education**, v. 70, p. 649 - 650, 1993.

FRANCO, M. A. S. Pedagogia da pesquisa-ação. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 483-502, 2005.

GAROFALO, A. Housing electrons: relating quantum numbers, energy levels, and electron configuration. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 6, p. 709, 1997.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOH, N. K.; CHIA, L. S.; TAN, D. Some Analogies for Teaching Atomic Structure at the High School Level. **Journal of Chemical Education**, v. 71, n. 9, 1994.

GOMES, G. G.; PIETROCOLA, M. O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, v. 33, n. 2, p. 1-11, 2011.

JIMÉNEZ LISO, M. R.; SANCHES GUADIX, M. A.; DE MANUEL, E. T. Química cotidiana para la alfabetización científica: ¿realidad o utopía? **Educación Química**, v. 13, n. 4, 2002.

KAPP, K. M. **The Gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education**. Pfeiffer, 2012.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Cortez Editora, 1996.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**, 2007.

KNIGHT, R. **Física 1: Uma abordagem estratégica**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

- LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 12, n. 136, p. 95-101, 2012.
- LOPES, A. R. C. Potencial de redução e eletronegatividade: exemplo de obstáculo verbal. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 21-23, 1996.
- LUCA, A. G. de. **O ensino de Química nas leituras de embalagens/rótulos**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.
- MARCZEWSKI, A. **Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking & Motivational Design**. United Kingdom: Blurb, 2015.
- MARTINS, I. P. Dos Percursos de Ensino da Química aos Desafios da Educação Científica. Em A. Neto et al. (org.), **Didáticas e Metodologias de Educação - Percursos e Desafios**, v. 2 (pp. 1097-1103), Évora: Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora, 2003.
- MCGONIGAL, J. **A realidade em jogo** [recurso eletrônico] / Jane McGonigal; tradução Eduardo Rieche. 1. ed. Rio de Janeiro: Best Seller, 2017.
- MELO, M. R.; LIMA NETO, E. G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**. v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista/ Meaningful Learning Review**, Porto Alegre, RS, v. 1, n. 3, p. 25- 46, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Teoria de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.
- NASCIMENTO, E. C. S. do; MESQUITA, D. W. de O.; CORRÊA, G. M.; MOURA, D. F. de. Tabela Periódica: Jogos Didáticos como Ferramentas de Aprendizagem no Ensino de Química. **Scientia Amazonia**, v. 8, n. 2, 2019.
- NOVAES, M.; STUDART, N. **Mecânica Quântica Básica**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- OLIVEIRA, G. A. da R. de O.; REZENDE, L. S.; LIMA, M. C.; MICHELS, M. L. Funções orgânicas – Uma metodologia lúdica para o ensino médio. **Revista Cadernos Acadêmicos**, v. 7, n. 1, 2015.
- PERUZZO, J. **Física quântica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Edição do Autor, 2014.
- PETRI, G.; GRESSE VON WANGENHEIM, C.; BORGATTO, A. F. MEEGA+: Um Modelo para a Avaliação de Jogos Educacionais para o ensino de Computação. **Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE)**, v. 27, 2019.
- PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Tradução de Naila Freitas. 5. ed., Porto Alegre: Artmed, 2009.
- QUINAUD, A. L.; BALDESSAR, M. J. A educação no século XXI: gamificação aprendizagem com criatividade. **Temática - Revista eletrônica de publicação mensal**, v. 13, 2017.

- ROBSON, K.; PLANGGER, K.; KIETZMANN, J.; MCCARTHY, I.; PITT, L. **Understanding Gamification of Consumer Experiences**. Advances in Consumer Research, 2014.
- ROCHA, A. C.; CABRAL NETO, J. S. Uso da gamificação no ensino de química. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 7, e151321, 2021.
- ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito do átomo. **Química Nova na Escola**, n. 3, 1996.
- RUSSELL, J. B. **Química Geral**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1994.
- SALA, Oswaldo. Uma introdução à espectroscopia atômica. II - O espectro do sódio. **Química Nova na Escola**, v. 30, n. 8, p. 2057-2061, 2007.
- SANTOS, A. Q; ANGLADA-RIVERA, J. A. **GameAlfa: JOGO digital como recurso tecnológico para alunos em processo de alfabetização do segundo ano do ensino fundamental**. 2018. 136 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2018.
- SANTOS, A. P. do; NAIMAN, W. M.; SOARES, F. A. Jogo de tampinhas de Garrafa Pet Como recurso mediador de aprendizagem no ensino de fórmula molecular e balanceamento de reações químicas. *In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Santa Catarina, 2016.
- SANTOS, A. V. dos; ARAÚJO, F. B. Utilização de jogo didático para o ensino de tabela periódica. **Revista eletrônica Ludus Scientiae (RELuS)**, v. 1, n. 2, 2017.
- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. Função social: o que significa ensino de química para formar cidadão? **Química Nova na Escola**, v. 4, n. 4, p. 28-34, 1996.
- SCHNETZLER, R. Apontamentos sobre a história do ensino de química no Brasil. *In: SANTOS, W.L.P. e MALDANER, O.A. (Orgs). Ensino de química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 51-75, 2010.
- SILVA, B; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Jogo Didático Investigativo: Uma ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2015.
- SILVA, F. G. de B. **A trilha orgânica: Influência do jogo digital na aprendizagem de funções orgânicas oxigenadas com alunos da 3ª série do ensino médio**. 2020. 119 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2020.
- SILVA, G. R.; CHAGAS, E. **Transposição Didática: Uma Análise do Distanciamento dos Saberes de Química Quântica nos Livros Didáticos do Ensino Médio**. *Holos - Natal*, v. 7, 2017.
- SILVA, G. R da S.; MACHADO, A. H.; SILVEIRA, K. P. Modelos para o átomo: Atividades com a utilização de recursos multimídia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 2, 2015.
- SILVA, L. P. C. A água e suas propriedades: O uso do jogo didático no ensino de química. *In: 5º Encontro Regional de Química e 4º Encontro Nacional de Química*, 2015, Mossoró – RN, 2015.

- SIQUEIRA, R. M.; SILVA, N. S. da; JÚNIOR, L. C. F. A recursividade no Ensino de Química: Promoção de Aprendizagem e Desenvolvimento Cognitivo. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, 2011.
- SMIDERLE, R.; RIGO, S.; JAQUES, P. A. Estudando o impacto da gamificação na aprendizagem e engajamento de alunos de acordo com os traços de personalidade e a orientação motivacional. In: XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (Brazilian Symposium on Computers in Education). Brasília. **Anais...** Brasília: Distrito Federal, 2019.
- SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: teoria, métodos e aplicações. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Curitiba: UFPR, 2008.
- SOUSA, F. M. A. de S.; LINS, F. A. V.; SILVA, H. A. da; FILHO, J. I. Relato de experiência: a utilização de jogos de cartas como facilitador no processo de ensino-aprendizagem de introdução ao laboratório. In: VI Congresso Nacional de Educação. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<http://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/62474>>. Acesso em: 01/04/2021.
- SOUZA, S. E. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. In: I Encontro de Pesquisa em Educação, IV Jornada de Prática de Ensino, XIII Semana de Pedagogia da UEM: “Infância e Práticas Educativas”. Maringá, PR, 2007.
- TODA, A. M.; SANTOS, W. O.; KLOCK, A. C. T.; GASPARINI, I.; BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S. Frameworks para o Planejamento da Gamificação em Contextos Educacionais - Uma revisão da literatura nacional. **REVISTA NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO (RENOTE)**, v. 16, p. 1-10, 2018.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 2. ed. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1986. (Coleção Temas Básicos de Pesquisa-ação).
- TONÉIS, C. N. **Os games na sala de aula: Games na educação ou a Gamificação da educação?**. 1. ed. São Paulo: Bookess, 2017.
- TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educ. Pesqui., São Paulo, v. 31, n. 3, 2005.
- VIANNA, Y.; VIANNA, M.; MEDINA, B.; TANAKA, S. **Gamification, Inc: como reinventar empresas a partir de jogos**. 1 ed. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.
- VICENTE, R. A.; COMIOTTO, T. Materiais didático-pedagógicos para o Ensino de Química. In: II Colóquio luso-brasileiro de educação. Joinville. **Anais...** Joinville: UDESC, 2016.
- WELLER, M.; OVERTON, T.; ROURKE, J.; ARMSTRONG, F. **Química Inorgânica**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.
- WERBACH, Kevin; HUNTER, Dan. **The gamification toolkit: dynamics, mechanics, and components for the win**. Wharton School Press, 2015.
- ZABALA, A. **A prática educativa: Como ensinar**. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps**. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc. 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

APÊNDICE B – TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM AS PROFESSORAS

APÊNDICE C – TESTE DIAGNÓSTICO

APÊNDICE D – GAME DESIGN CANVAS

APÊNDICE E – PLANO DE AULA

APÊNDICE F – TESTE PÓS-JOGO

APÊNDICE G – AVALIAÇÃO DO JOGO

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa “Ensinando Números Quânticos usando Gamificação”. Neste estudo pretendemos: Utilizar uma plataforma para desenvolver um jogo digital, caracterizar os elementos da gamificação usadas no jogo e avaliar a aprendizagem sobre os Números Quânticos, observando os pressupostos a Aprendizagem Potencialmente Significativa.

O motivo que nos leva a este estudo parte do princípio de que algumas dificuldades de aprendizagem no ensino de Química se encontra relacionada aos conteúdos que são trabalhados de maneira descontextualizada e desconexa, contribuindo para um ensino por memorização, e assim conferindo o insucesso na aprendizagem. Dentre esses conteúdos se encontra os Números Quânticos que surgem naturalmente da resolução da equação de Schrödinger para cada sistema físico específico com a finalidade de caracterizar um elétron no átomo. Nessa perspectiva, nossa proposta pauta-se em gamificar o conteúdo como o objetivo de motivar e engajar os alunos que participarão da pesquisa.

Assim, destacamos que para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pela pesquisadora.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada, sua identidade será tratada dentro dos padrões profissionais de sigilo, seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão e o (a) Sr. (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável em pastas próprias e a outra será fornecida a você e, caso haja danos decorrentes dos riscos previstos, a pesquisadora assumirá a responsabilidade pelos mesmos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos do estudo “Ensinando Números Quânticos usando Gamificação”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo, que recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e que me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Manaus-AM, _____ de _____ de 2020

Assinatura do participante

Assinatura da pesquisadora

Em caso de dúvidas, você poderá entrar em contato com a Coordenação do Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) na Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro Bloco do CDI. Telefone: (92) 3621-6732/ E-mail: sec.mpet.cmc@ifam.edu.br

APÊNDICE B – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS

1. No processo de ensino-aprendizagem dos conceitos envolvendo evolução atômica e números quânticos, que dificuldades podem ser evidenciadas nesse processo?

Quando perguntamos sobre as dificuldades que poderiam ser evidenciadas no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos envolvendo evolução atômica e números quânticos, pudemos constatar no depoimento de ambas as professoras a falta de interesse por parte dos alunos: “[risos] eu acho que, não só nesse conteúdo, mas em geral é a falta de interesse mesmo do aluno. Eles não estudam em casa, né? Eles não revisam, não querem fazer as atividades, aí acho que é isso que dificulta, mesmo (Professora A, Entrevista, 2020).

Já professora B, considera também que a falta de interesse é um agravante, porém é fortalecida pelo sistema público de ensino:

Como eles têm dificuldade na matemática básica e na língua portuguesa. Eles têm essa dificuldade em acompanhar, né? Tem muitos deles que vem com essa defasagem desde as séries iniciais, né? Já faz bastante tempo que o Governo está passando, tem que passar o aluno sem saber de nada, né? Aí então, a gente tem que revisar, ensinar os alunos a fazer interpretação, a montar, a resolver algum problema. É geral, desde o primeiro ano até [...]. Quando você fala assim, que o aluno tem que sair da sua realidade, aí eles ficam perdidos, mas têm aqueles assim, que conseguem te acompanhar, né? São poucos e também tem a falta de interesse, na realidade, a maioria é falta de interesse, como eles já têm essa consciência que tem que passar, se não o culpado é o professor [...], por exemplo, eu sou de uma época que tem que estudar, ou estuda ou repete. Eles não, se eles não estudarem, vão passar do mesmo jeito aí faz trabalho em dupla, grupo, aí o colega vai puxando (Professora B, Entrevista, 2020).

2. Na sua opinião, estas dificuldades no processo de ensino-aprendizagem destes conceitos estariam associadas a que fatores?

Segundo a Professora A, a falta de interesse citada por ela, estaria relacionada a abstração envolvendo os conteúdos:

Eu acho que é a distância, né? Que eles têm da realidade, assim da química, né? É como tu falaste é abstrato, né? Eles nunca viram, quando eles chegam no ensino médio [...], assim a parte de Biologia eles já viram bastante no fundamental, mas quando chega química e física é novidade para eles, acho que isso é o que mais atrapalha eles (Professora A, Entrevista, 2020).

3. No exercício da sua prática, que tipo de atividades e recursos você utiliza para trabalhar os conceitos envolvendo a estrutura atômica e os números quânticos?

A professora A trabalha com desenhos e com o livro didático: “É mais visual, né? A parte da estrutura atômica é desenhar na lousa, acha no livro, né? Cartaz que tem aí. É mais isso. [...] os números quânticos [risos] já faz uns dez anos que eu não trabalho com isso por causa da grade curricular [...] é [...] o átomo também era trabalho a parte mais visual, desenho”.

A professora B, recorre a alternativas que sejam “mão na massa” como a confecção dos modelos atômicos e a própria tecnologia: “[...] a sala de mídias, faço montagem de modelos [...]. Já números quânticos é mais difícil. Eu tento colocar para eles umas aulas na mídia, né? No computador para eles visualizarem como seria, né? [...] pudessem ver, mas aquilo é só uma imagem para eles, não é real” (Professora B, Entrevista, 2020).

4. Quais as formas que você utiliza para avaliar os alunos em relação aos conteúdos citados?

Quanto à avaliação dos conteúdos, as professoras apresentam critérios diferenciados para avaliar o aluno. No caso da professora A, a mesma comenta que não trabalha mais os conteúdos, mas que utilizava avaliação teórica:

[Risos] deixa eu me lembrar, quando eu era jovem, trabalhava esses conteúdos [...]. Os números quânticos era muito exercício mesmo, né? Colocava o número atômico e pedia para eles encontrarem os números quânticos, faz a distribuição eletrônica e encontra os quatro números quânticos. Basicamente é isso, nesse conteúdo. O átomo é mais conceitual, peço a diferença de cada modelo, é mais conceitual.

Por outro lado, a professora B diz avaliar um conjunto composto pelo interesse e a participação do aluno:

Atualmente, temos que olhar o todo, participação, né? Quando eu estou explicando, tem aluno que acompanha, pergunta, né? Têm alunos que sempre quando estou na sala de aula [...] porque antes de iniciar no 1º ano, 2º ano eu coloco todos os conteúdos para eles, aí tem uns que vão pesquisando e dizem: Professora, eu vi tal coisa, assim [...] então, isso para mim é muito importante, eles já se anteciparam e digo: Bom, vocês já sabem o que a gente vai trabalhar, né? Está no seu livro [...]. Eu digo para eles que hoje em dia você só chega zerado na sala de aula se você quiser, você não vai esperar só pelo professor, você tem que sempre está na frente e vir para escola só para tirar dúvidas [...] então, eu faço exercícios, né? O aluno que participa da resolução vai no quadro. Então, eu tenho que olhar esse todo. Se eu fizer prova vai ser zero, zero, zero...infinito. Para muitos, a química é um bicho de sete cabeças, assim como a física. Aí eu tenho que colocar (a disciplina) de uma forma mais prática, mais prazerosa [...] eu faço aulas práticas com eles [...] esse assunto é difícil (números quânticos) (Professora B, Entrevista, 2020).

APÊNDICE C - TESTE DIAGNÓSTICO

Nome:	Idade:	Sexo: () F () M
-------	--------	-------------------

1. Você costuma jogar?

() Sim	() Não
---------	---------

2. Que tipo de jogo você prefere?

() Digital	() Analógico (Tabuleiro)
-------------	---------------------------

3. Com qual das frases você mais se identifica em um jogo?

() “Eu gosto de estar no topo, quanto mais ponto, dinheiro e recompensas conseguir, melhor”
() “Quando entro no jogo é pra ganhar. Se eu puder provocar os adversários, a vitória é em dobro”
() “Qual a graça de jogar e acabar uma partida tão rápida se podemos explorar e encontrar coisas perdidas? Nossa! O que tem naquela caixa?”
() “É bom jogar, mas um bate-papo, ajudar o próximo e fazer amizade, é o que importante”

4. O jogo é um recurso lúdico muito utilizado pelos professores no ensino. Você já utilizou jogos na sala de aula para aprender algum assunto?

() Sim	Não ()
---------	---------

5. Caso sua resposta seja sim, como você avalia essa experiência?

() Contribuiu para melhorar a compreensão do conteúdo
() Contribuiu pouco para melhorar a compreensão do conteúdo
() Contribuiu muito pouco para melhorar a compreensão do conteúdo
() Não contribuiu para melhorar a compreensão do conteúdo

6. Você estudou Modelos Atômicos?

() Sim	() Não
---------	---------

7. Sobre seu estudo de Modelos atômicos como você avalia?

() Ótimo	() Bom	() Regular	() Ruim
-----------	---------	-------------	----------

8. Com base no seu estudo de modelos atômicos, o que você entende por Átomo? Caso preferir desenhe

9. Você teve dificuldade em compreender esse conteúdo? Qual (s)?

<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
------------------------------	------------------------------

10. Você sabe qual a relação existente entre o Átomo e os Números Quânticos? Caso sua resposta seja sim, qual?

<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
------------------------------	------------------------------

11. O que você entende por Números Quânticos? Cite aqueles que você conhece.



APÊNDICE D – GAME DESIGN CANVAS

PROPÓSITO DO JOGO	PLATAFORMA	NÚMERO DE JOGADORES	PÚBLICO-ALVO
Ensinar números quânticos a partir do estudo do átomo.	Construct 3	Um jogador	Alunos do 1º do Ensino Médio
GÊNERO	ESTÉTICA	HISTÓRIA	MECÂNICA
Educacional/Aventura	O jogo se passa em um laboratório	Em um laboratório secreto, um grupo de cientistas do mal realizam diversos experimentos. Certo dia, Atomildo, um jovem cientista consegue ter acesso ao laboratório e descobre pistas valiosas que o ajudarão a desvendar mistérios da Química. Contudo, deverá vencer perigos e obstáculos.	Atomildo deverá se desviar dos inimigos, coletar curiosidades e pistas. Este último, permitirá ultrapassar a saída e responder a uma pergunta para mudar de fase. Se a pergunta for respondida corretamente, o jogador terá 10 pontos e uma medalha. Caso contrário, voltará ao nível e perderá um ponto a cada tentativa.
OBJETIVOS	REGRAS	OBSTÁCULOS	CONTROLES
Coletar todas as pistas; Desviar-se dos inimigos; Responder à pergunta de cada fase corretamente.	Para sair da fase, o jogador deverá coletar todas as pistas. Ao coletá-las deverá responder a uma pergunta corretamente para mudar de fase.	Cientista do mal; Compartimentos internos que precisam ser desbloqueados por meio de mecanismos (bloco, alavanca e placa de pressão); Laser; Chefão.	Teclas direcionais do computador para movimentar Atomildo; Mouse para desabilitar pistas e selecionar botões; Barra de espaço para atirar no chefão na última fase; Tecla K + teclas direcionais para puxar o bloco.

APÊNDICE E - PLANO DE AULA

Tema da Sequência Didática: Química Geral

Objetivo: Utilizar os pressupostos da aprendizagem significativa para averiguar a aprendizagem sobre os números quânticos.

Conteúdo: Números Quânticos

Habilidades da BNCC a serem desenvolvidas:

- (EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica;
- (EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

Quantidade de aulas previstas: 5 aulas de 45 minutos cada

Aula 1: Estudo dos Modelos Atômicos		Data: 19 e 20/10/2021
Objetivos:	-Conhecer as teorias atômicas formuladas para descrever a estrutura do átomo; -A partir da teoria de Schrödinger, conhecer os números quânticos (m , l e m) e posteriormente o números quântico de <i>spin</i>	
Carga horária:	45 minutos	
Atividade:	Professor (a)	Aluno (a)
	Apresentar as seguintes teorias atômicas: - Demócrito e Leucipo; - John Dalton; - Joseph John Thomson; - Ernest Rutherford; - Niels Bohr; - Erwin Schrödinger	Prestar atenção nas teorias atômicas abordadas; Perguntar sempre que for necessário; Realizar anotações acerca dos termos, conceitos e características abordadas para cada modelo atômico.
Recursos:	Projetor; Computador; Quadro e Pincel.	
Atividade:	Atividade de fixação disponibilizadas ao final da aula	

Aula 2: Reconhecer os números quânticos e suas respectivas funções	Data: 26 e 27/10/11
---	----------------------------

Objetivos:	<p>-Identificar o número quântico principal e descrever sua função (indica o nível de energia do elétron);</p> <p>-Identificar o número quântico secundário e descrever sua função (indica o tipo de orbital);</p> <p>-Identificar o número quântico magnético e descrever sua função (indica a orientação do orbital no espaço);</p> <p>-Identificar o número quântico spin e descrever sua função (indica a rotação do elétron no espaço).</p>	
Carga horária:	45 minutos	
Atividade:	Professor (a)	Aluno (a)
	Apresentar os números quânticos: principal, secundário, magnético e spin e suas respectivas funções	<p>Prestar atenção na explicação referente aos números quânticos;</p> <p>Perguntar sempre que for necessário;</p> <p>Realizar anotações acerca dos termos, conceitos e características abordados para descrever cada número quântico.</p>
Recursos:	Projetor; Computador; Quadro e Pincel.	
Atividade:	Atividade de fixação disponibilizada ao final da aula	

Aula 3: Aplicar os conceitos relacionados aos Números Quânticos para compreender a estrutura/organização dos elétrons no átomo		Data: 11 e 12/11/2020
Objetivos:	<p>-Realizar a distribuição eletrônica de um dado átomo;</p> <p>-Identificar a camada de valência;</p> <p>-Identificar o n;</p> <p>-Identificar o l;</p> <p>-Identificar o m e s com auxílio do Princípio da exclusão de Pauli e da Regra de Hung</p>	
Carga horária:	45 minutos	
Atividade:	Professor (a)	Aluno (a)
	Apresentar os números quânticos: principal, secundário, magnético e spin e suas respectivas funções	Prestar atenção na explicação referente aos números quânticos;

		Perguntar sempre que for necessário; Realizar anotações acerca dos termos, conceitos e características abordados para descrever cada número quântico.
Recursos:	Projetor; Computador; Quadro e Pincel.	
Atividade:	Atividade de fixação disponibilizada ao final da aula	

Aula 4: Conhecer e reconhecer os números quânticos e aplicar os conceitos relacionados a estes números para compreender a estrutura/organização dos elétrons no átomo.		Data: 23 e 24/11/2020
Objetivos:	<ul style="list-style-type: none"> - Coletas as pistas relacionadas aos conteúdos de modelos atômicos e números quânticos; - Ultrapassar os obstáculos, como: os inimigos, portas desbloqueadas, <i>laser</i>, chefe e o desafio em forma de questão ao final de cada fase (enigma) - Utilizar dos conhecimentos fornecidos nas pistas para responder a uma pergunta feita ao final de cada fase e prosseguir no jogo. 	
Carga horária:	1 hora e 30 minutos	
Atividade:	Professor (a)	Aluno (a)
	Apresentar o jogo, bem como suas regras, objetivos e controles.	Prestar atenção na explicação referente ao funcionamento do jogo e seu objetivo; Perguntar sempre que for necessário; Jogar e conferir seu desempenho no jogo (pontos e medalhas)
Recursos:	Projetor; Computadores Jogo digital Aventuras de Atomildo	
Atividade:	Resolução de desafios no jogo	

APÊNDICE F – TESTE PÓS-JOGO

Nome:	Turma:
-------	--------

1. Em busca de compreender a natureza da matéria, alguns filósofos acreditavam que esta era constituída por alguns elementos como: Água, Terra, Fogo e Ar. Por outro lado, outros como Demócrito e Leucipo acreditavam que a matéria era constituída por pequenas partículas chamadas de?
2. Várias teorias surgiram com a intenção de descrever e aperfeiçoar a estrutura do átomo. Sendo assim, associe as afirmações abaixo a seus respectivos responsáveis:

- 1 O átomo é uma esfera maciça, indivisível e indestrutível como uma bola de bilhar () Thomson
- 2 O átomo é formado por duas regiões: o núcleo composto por prótons e a eletrosfera com os elétrons () Sommerfeld
- 3 Os níveis de energia ou camadas estão subdivididos em regiões menores chamadas de subníveis de energia: s, p, d e f () Bohr
- 4 O átomo é formado é uma esfera carregada positivamente como os elétrons dispersos semelhante a um pudim de passas () Heisenberg
- 5 No átomo, os elétrons se movem ao redor do núcleo em órbitas definidas conhecidas por camadas eletrônicas (K, L, M, N, O, P e Q) () De Broglie
- 6 O elétron apresenta comportamento dual de partícula-onda () Rutherford
- 7 É impossível calcular a posição e a velocidade de um elétron, num mesmo instante () Dalton

3. Leia e complete as lacunas:

As teorias que surgiram ao longo da história contribuíram para o desenvolvimento do modelo atômico atual que teve contribuições de grandes nomes como: Louis De Broglie, Heisenberg e Schrödinger. Este último, descreveu o movimento do elétron ao redor do núcleo, em 1927, por meio de uma equação matemática. Dessa equação, surgiram três números conhecidos como _____ que são: _____, _____ e _____. Posteriormente, surgiu o quarto número, o _____. Com esses números conseguimos _____, pois o primeiro número indica _____, o segundo indica _____, o terceiro indica _____ e o quarto indica _____.

4. O elemento químico Argônio (Ar) é muito utilizado em lâmpadas e demais equipamentos de iluminação. Para esse elemento de número atômico 18 e configuração eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, quais os valores dos números quânticos do subnível mais energético?

APÊNDICE G - AVALIAÇÃO DO JOGO

Nome:	Turma:
-------	--------

					
A aparência do jogo é interessante					
As regras do jogo são claras e compreensíveis					
O objetivo do jogo é claro					
O jogo é fácil de jogar					
O jogo apresenta ambiente simples e de fácil navegação					
O jogo é desafiador o suficiente para mim					
O jogo oferece novos desafios (obstáculos/situações) de forma adequada					
O jogo não se torna entediante na medida que as tarefas são cumpridas					
Realizar as tarefas no jogo me proporcionou satisfação					
Me sinto satisfeito (a) com que aprendi no jogo					
O jogo promove competição					
Me envolvi tanto no jogo que perdi a noção do tempo					
Eu me diverti com o jogo					
O conteúdo do jogo me interessa					
O conteúdo do jogo está relacionado com a disciplina					
O jogo proporcionou aprendizagem					
Eu recomendo este jogo para outros amigos					
Eu prefiro aprender o conteúdo usando este jogo					

	= Discordo Totalmente		= Discordo		= Não concordo e nem discordo		= Concordo		= Concordo Totalmente
---	-----------------------	---	------------	--	-------------------------------	---	------------	---	-----------------------