



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E**  
**MATEMÁTICA**

**JOSÉ TATIANO DA SILVA**

**O JOGO DIGITAL RADIO LAB COMO MEDIADOR NO PROCESSO DE**  
**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE: um estudo a partir da**  
**imaginação**

**CARUARU**

**2023**

JOSÉ TATIANO DA SILVA

**O JOGO DIGITAL RADIO LAB COMO MEDIADOR NO PROCESSO DE  
APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE: um estudo a partir da  
imaginação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática. Área de concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva

CARUARU

2023

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S586j Silva, José Tatiano da.  
O jogo digital Radio Lab como mediador no processo de aprendizagem de conceitos de radioatividade: um estudo a partir da imaginação. / José Tatiano da Silva. – 2023.  
100 f.; il.: 30 cm.

Orientador: João Roberto Ratis Tenório da Silva.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, 2023.  
Inclui Referências.

1. Jogos educativos. 2. Tecnologia educacional. 3. Jogos no ensino de ciências – Pernambuco. 4. Imaginação. 5. Significação (Psicologia). 6. Radioatividade.  
I. Silva, João Roberto Ratis Tenório da (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.) UFPE (CAA 2023-070)

JOSÉ TATIANO DA SILVA

**O JOGO DIGITAL RADIO LAB COMO MEDIADOR NO PROCESSO DE  
APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE: um estudo a partir da  
imaginação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática. Área de concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Aprovada em: 30/08/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

Prof. Dr. Eduardo Luiz Dias Cavalcanti (Examinador Interno)

Universidade de Brasília – UnB

---

Prof. Dr. Gabriel Fortes Cavalcanti de Macêdo (Examinador Externo)

Universidade Alberto Hurtado – UAH

Dedico este trabalho primeiramente ao meu maravilhoso Deus pela oportunidade de viver, e ter condições de enfrentar, lutar e vencer os obstáculos. Obrigado por cada segundo de existência meu Deus.

## AGRADECIMENTOS

Antes de entrar na graduação nunca havia passado em minha mente concluir um curso de mestrado, na verdade não sabia nem o que significava. É importante frisar que ingressar no curso superior sempre foi um sonho, mesmo distante. Minha realidade ao concluir o Ensino Médio não era das melhores, visto que não tinha condições financeiras para pagar uma faculdade, o trabalho rural sem remuneração, as estradas de acesso à cidade eram precárias, muitas vezes caminhei por 12 km até chegar à escola, a falta oportunidades nas Universidades e Institutos Federais, já que na época só existiam nas capitais. Essas sem dúvidas foram as grandes dificuldades que marcaram minha vida até o acesso à universidade.

Entretanto, como diz Albert Einstein, “a mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”. Ao ingressar no curso de Normal Médio, as sinapses, os esquemas mentais foram ativados, no sentido de novas aprendizagens e conseqüentemente o surgimento das oportunidades.

Consegui uma bolsa integral pelo Prouni no curso de Ciências Contábeis. Fiz apenas um ano, pois não me identifiquei com o curso, não era para ser. Surge a interiorização da Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste. As perspectivas passam a melhorar, participo de uma seleção para ser estudante do curso Pré-Vestibular na UFPE, sou aprovado e embora as dificuldades cognitivas e logísticas, consigo-me manter até o término. Chega o final do ano e não sou atraído pelos cursos oferecidos pela instituição. No ano seguinte, participo novamente do curso Pré-Vestibular, surge nesse período os cursos de licenciatura em Química, Física e Matemática. Um desses três cursos foi o meu foco, acabei juntando o útil com o agradável, estudar química e ser professor. Porém no meio do ano de 2009 fiz o vestibular, fiquei no remanejamento, não fui chamado. No final do mesmo ano fiz novamente o vestibular e consegui ingressar, passei alguns dias sem acreditar, mas foi real, passei a ser estudante de uma Universidade Federal. Durante os primeiros períodos do curso tive muitas dificuldades, teve dias de choro, mas nunca passou por minha cabeça em desistir. O sonho era mais forte do que qualquer dificuldade ou problema, a motivação e Deus sempre esteve comigo.

Aos poucos fui superando as grandes dificuldades por meio da participação nos projetos, monitorias, grupo de estudos, participação em eventos científicos. Para isso, as bolsas e os auxílios financeiros disponibilizados pela Universidade foram fundamentais para a minha manutenção durante todo o curso. Assim, agradeço profundamente a assistente social Patrícia, que sempre teve um olhar humano para com os estudantes.

Durante a graduação, organizei-me para ingressar no mercado de trabalho, pois minha prioridade era se manter, ser independente financeiramente e não correr o risco de voltar a vida que tive na zona rural. Coloquei o mestrado como segundo plano, mas sem perder o foco. Concluí a graduação em 2016 e no ano seguinte o Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática abriu inscrição, mas só vim participar da seleção em 2021, conseguindo ser aprovado na primeira tentativa.

Agradeço de modo especial a pessoa que mais prestou apoio, estando comigo todos os dias, minha esposa Alcione, cuja teve a paciência e compreensão de ir dormir inúmeras vezes sem minha presença física.

Ao meu orientador por ter aceitado orientar esse trabalho. Sua paciência, compreensão, disponibilidade, contribuição cognitiva foram essenciais para essa realização histórica em minha vida.

Quero agradecer também de maneira especial também a meus pais, Maria e Reginaldo, aos meus irmãos e irmãs por sempre estarem acreditando no meu potencial e considerando-me como uma pessoa importante na família.

Aos que participaram da minha turma de mestrado, especialmente aqueles fizeram composição de grupos de estudos e apresentações e trabalhos, como Ronaldo, Ernestina, Jader, Mary de Melo, Gustavo Amorim, Joicy, Juliane.

Aos professores do Ensino Médio Alberto Félix, Paulo Cesar e professora Givaneide Sobral que até hoje marcam minha vida de maneira significativa, pelos incentivos, confiança e contribuição cognitiva. Vocês foram fundamentais durante todo meu processo acadêmico e profissional.

A todos os professores e professoras do PPGECM da UFPE, professores externos que foram importantíssimos durante todo o programa que de maneira direta ou indireta contribuíram para tal conquista.

“O aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas” (Vigotski, 2007, p. 103).

## RESUMO

Os processos imaginativos têm importância central no estabelecimento de nossas relações com o mundo exterior, isso porque considera a imaginação como uma função mental superior primordial que possibilita a elaboração de significados por meio dos signos linguísticos e icônicos, o que vai de encontro com a Psicologia Cultural Semiótica. É com base nesses pressupostos que este estudo teve como o objetivo analisar o processo de construção de significados do conteúdo de Radioatividade por meio da mediação do jogo digital Radio Lab a partir do papel da imaginação. Na metodologia, utilizou-se uma abordagem qualitativa de natureza aplicada. Assim, os procedimentos estão voltados para análises de estudo de caso, que é um método específico de pesquisa de campo. Quanto aos participantes, a pesquisa foi direcionada para um grupo de 10 estudantes matriculados no 2º ano do Ensino Médio da escola pública da rede estadual de Pernambuco. Para a coleta de dados, os estudantes participaram de uma oficina sobre a temática Radioatividade, a qual se constituiu por um questionário prévio, uma aula expositiva dialogada, pela aplicação do jogo digital Radio Lab e por conseguinte um seminário. Os registros foram por meio de áudio, vídeo e fotografias durante toda oficina. A análise de dados ocorreu a partir de um processo dinâmico de classificação dos signos icônicos e simbólicos, presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar o processo de aprendizagem. Nos resultados, as concepções prévias dos estudantes foram insuficientes em sua maioria para representar o conceito de radioatividade, visto que boa parte das definições distanciaram quando comparadas com a literatura. Entretanto, a maioria dos questionamentos que demandava visão geral sobre a temática radioatividade, como aspectos históricos, culturais e econômicos, as respostas apresentaram suficiência. Os signos presentes no jogo foram classificados em icônicos e simbólicos, segundo Peirce, havendo uma predominância de representações por meio do signo do tipo símbolo. A aula expositiva contribuiu para uma melhor compreensão dos conceitos concernentes à radioatividade, promovendo uma aproximação com os elementos culturais do jogo. Assim, foi possível potencializar e ampliar as aprendizagens por meio de da construção de novos conhecimentos. Portanto, os resultados mostram que as experiências, as concepções prévias foram de suma importância no processo de construção de significados, principalmente quando se confronta com novas informações, gerando assim, as aprendizagens e uma mudança de perfil conceitual nos estudantes.

**Palavras-chave:** jogo digital; ensino de ciências; imaginação; signos; radioatividade.

## ABSTRACT

Imaginative processes are of central importance in establishing our relationships with the outside world, because it considers imagination as a primordial superior mental function that enables the elaboration of meanings through linguistic and iconic signs, which is in line with Cultural Psychology Semiotics. It is based on these assumptions that this study aimed to analyze the process of construction of meanings of Radioactivity content through the mediation of the digital game Radio Lab from the role of imagination. In the methodology, a qualitative approach of an applied nature was used. Thus, the procedures are focused on case study analysis, which is a specific method of field research. As for the participants, the research was directed to a group of 10 students enrolled in the 2nd year of high school at a public school in the state network of Pernambuco. For data collection, the students participated in a workshop on the theme Radioactivity, which consisted of a previous questionnaire, a dialogued expository class, the application of the Radio Lab digital game and, consequently, a seminar. The records were through audio, video and photographs throughout the workshop. Data analysis took place from a dynamic process of classification of iconic and symbolic signs, present in the Radio Lab digital game that can mediate the learning process. In the results, the previous conceptions of the students were mostly insufficient to represent the concept of radioactivity, since a good part of the definitions distanced when compared with the literature. However, most of the questions that demanded an overview of the radioactivity theme, such as historical, cultural and economic aspects, the answers were sufficient. The signs present in the game were classified as iconic and symbolic, according to Peirce, with a predominance of representations through the symbol-type sign. The expository class contributed to a better understanding of the concepts concerning radioactivity, promoting an approximation with the cultural elements of the game. Thus, it was possible to enhance and expand learning through the construction of new knowledge. Therefore, the results show that the experiences, the previous conceptions were of paramount importance in the process of construction of meanings, mainly when confronted with new information, thus generating learning and a change of conceptual profile in the students.

**Keywords:** digital game; science teaching; imagination; signs; radioactivity.

## LISTA DE FIGURAS

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 1-  | Apresentação do jogo.....   | 28 |
| Figura 2-  | Elementos radioativos.....  | 29 |
| Figura 3-  | Caixas de contenção e partículas radioativas.....                     | 29 |
| Figura 4-  | Níveis das caixas de contenção (blindagem).....                       | 30 |
| Figura 5-  | Tutorial do funcionamento do jogo (1) apresentado para o jogador..... | 30 |
| Figura 6-  | Tempo de meia-vida dos elementos.....                                 | 31 |
| Figura 7-  | Esteira superior.....   | 31 |
| Figura 8-  | Representação da semiose ou da ação do signo.....                     | 35 |
| Figura 9-  | Diferentes formas de resistência "ver como" .....                     | 41 |
| Figura 10- | Vetores de significação ( <i>Gegenstand</i> ).....                    | 47 |
| Figura 11- | Radioisótopos.....  | 49 |
| Figura 12- | Níveis das caixas de contenção (blindagem).....                       | 49 |
| Figura 13- | Círculo amarelo denota instabilidade do elemento.....                 | 49 |
| Figura 14- | Processo de estabilidade dos elementos químicos.....                  | 50 |
| Figura 15- | Representação para a radioatividade.....                              | 68 |
| Figura 16- | Representação para o modelo atômico de Rutherford.....                | 68 |
| Figura 17- | Representação gráfica da relação entre partículas e blindagem.....    | 69 |

## LISTA DE QUADROS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Quadro 1-  | Perguntas do questionário acerca da temática radioatividade.....           | 44 |
| Quadro 2-  | Categorização do conhecimento prévio dos estudantes.....                   | 53 |
| Quadro 3-  | Concepções prévias apresentadas por estudantes para questão 4.....         | 54 |
| Quadro 4-  | Concepções prévias apresentadas por estudantes para questão 5.....         | 55 |
| Quadro 5-  | Concepções prévias apresentadas por estudantes para questão 6.....         | 56 |
| Quadro 6-  | Classificação dos signos presentes no jogo.....                            | 58 |
| Quadro 7-  | Identificação dos vetores de significação durante a aplicação do jogo..... | 61 |
| Quadro 8-  | Identificação dos vetores de significação durante a aplicação do jogo..... | 62 |
| Quadro 9-  | Identificação dos vetores de significação durante a aplicação do jogo..... | 63 |
| Quadro 10- | Conceitos sobre radioatividade expostos nos cartazes do grupo 1.....       | 66 |
| Quadro 11- | Conceitos sobre radioatividade expostos nos cartazes do grupo 2.....       | 67 |
| Quadro 12- | Resultados do seminário quanto aos tipos de signos.....                    | 69 |

## SUMÁRIO

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>2</b>     | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>   | <b>18</b> |
| 2.1          | RADIOATIVIDADE: UM BREVE HISTÓRICO E O ENSINO.....                                    | 18        |
| 2.2          | JOGOS ANALÓGICOS E DIGITAIS.....  | 21        |
| <b>2.2.1</b> | <b>Jogos digitais e o ensino de ciências.....</b>                                     | <b>24</b> |
| <b>2.2.2</b> | <b>O jogo digital educacional Radio Lab.....</b>                                      | <b>27</b> |
| 2.3          | APRENDIZAGEM E ELEMENTOS CULTURAIS.....   | 32        |
| <b>2.3.1</b> | <b>A psicologia cultural semiótica.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>2.3.2</b> | <b>O papel da imaginação na aprendizagem.....</b>                                     | <b>37</b> |
| 2.4          | INTRELAÇANDO IDEIAS: JOGOS DIGITAIS, IMAGINAÇÃO E APRENDIZAGEM.....                   | 42        |
| <b>3</b>     | <b>METODOLOGIA.....</b>   | <b>43</b> |
| 3.1          | PARTICIPANTES DA PESQUISA.....  | 43        |
| 3.2          | COLETA DE DADOS.....  | 44        |
| 3.3          | ANÁLISE DOS DADOS.....  | 46        |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>  | <b>48</b> |
| 4.1          | ANÁLISE GERAL.....  | 48        |
| 4.2          | CLASSIFICAÇÃO DOS SIGNOS COM POTENCIALIDADE DE MEDIAR O PROCESSO DE APRENDIZAGEM..... | 51        |
| <b>4.2.1</b> | <b>Análise do questionário.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>4.2.2</b> | <b>Análise do jogo.....</b>   | <b>56</b> |
| <b>4.2.3</b> | <b>Classificação dos signos presentes no jogo.....</b>                                | <b>57</b> |
| <b>4.2.4</b> | <b>Identificando os vetores de significação.....</b>                                  | <b>60</b> |
| <b>4.3.1</b> | <b>Análise do seminário.....</b>  | <b>65</b> |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>71</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>74</b> |
|          | <b>APÊNDICE A - PLANEJAMENTO DA OFICINA/COLETA DE DADOS...</b>   | <b>81</b> |
|          | <b>APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO APRESENTADO AOS ESTUDANTES<br/>PARA LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS.....</b>                    | <b>84</b> |
|          | <b>APÊNDICE C - JOGO DIGITAL RADIO LAB APRESENTADO E<br/>APLICADO AOS ESTUDANTES PARA COLETA DE DADOS.....</b>                   | <b>86</b> |
|          | <b>APÊNDICE D - TRANSCRIÇÃO DAS FALAS DOS ESTUDANTES<br/>DURANTE A APLICAÇÃO DO JOGO E DA APRESENTAÇÃO DO<br/>SEMINÁRIO.....</b> | <b>87</b> |
|          | <b>ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E<br/>ESCLARECIMENTO.....</b>  | <b>92</b> |
|          | <b>ANEXO B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....</b>   | <b>95</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Nesse estudo consideramos que os jogos são instrumentos culturais, no sentido vygotskyano da expressão. Vygotsky (1998) definiu dois tipos de instrumentos: os instrumentos físicos e os instrumentos psicológicos (signos). No tocante aos instrumentos físicos, estes serviriam de condutores da influência intelectual humana para o alcance de determinado objetivo em uma atividade, possuindo orientação externa. Enquanto os psicológicos influenciariam a formação da mente e do comportamento do indivíduo e, sendo instrumentos de orientação interna, dirigem-se ao controle de ações psicológicas do próprio indivíduo ou de outros indivíduos.

Dessa maneira, acreditamos que tal definição dialoga com o significado de jogo atribuído por Brougère (1998). Segundo este autor, cada cultura, em função de analogias que estabelece, vai construir numa esfera delimitada aquilo que para uma determinada cultura é designável como jogo. O jogo só existe dentro de um sistema de designação e de interpretação das atividades humanas. Com essa definição, é perceptível que o processo de formação de conceitos se dá na esfera cultural, da ação mediada, caracterizando a natureza social do processo de aprendizagem, em que as atividades humanas são situadas em um contexto social e cultural, onde se encontram os elementos mediacionais.

Diante da atual tendência educacional marcada pela tecnologia e o jogo como elemento cultural (Huizinga, 2014), acreditamos que os jogos digitais são recursos que podem promover uma interação entre os estudantes e o objeto de aprendizagem. Segundo Prieto et al. (2005, p. 10), os Jogos Digitais na perspectiva educacional “devem possuir objetivos pedagógicos e sua utilização deve estar inserida em um contexto e em uma situação de ensino baseados em uma metodologia que oriente o processo, através da interação, da motivação e da descoberta, facilitando a aprendizagem do conteúdo”. Nesse tocante, ao se propiciar o lúdico utilizando jogos digitais como instrumento mediador do processo de aprendizagem, as possibilidades de engajamento nas aulas, a motivação e o comprometimento dos estudantes aos estudos podem aumentar substancialmente.

Com efeito, os pressupostos teóricos considerados nesse estudo estão voltados para os aspectos socioculturais dos sujeitos que se relacionam entre si e com o mundo ao seu redor, uma vez que os fatores culturais, sociais e históricos estão relacionados ao ambientar escolar, e são arraigados no processo de aprendizagem. Assim, adotamos a Teoria Histórico-Cultural a qual delimita na vida humana as funções psicológicas superiores como sendo fundamentais no desenvolvimento criando ser humano, sendo a linguagem central nesse processo (Vygotsky,

2007). Atribui-se o caráter social a função mental superior, não só porque elas não emergem das funções biológicas, mas porque sua natureza é social. Nesse sentido, são definidas como “relações internalizadas de uma ordem social, transferidas à personalidade individual e base da estrutura social da personalidade” (Vygotsky, 1989, p. 58). Para o autor, as funções mentais superiores são aquelas que se desenvolvem a partir da ação do sujeito em seu meio cultural, isto é, a partir da mediação de signos disponíveis no ambiente.

Nessa perspectiva, a Teoria Histórico-Cultural pode oferecer elementos importantes para pensarmos o lúdico na sala de aula e seu papel na aprendizagem de conceitos científicos (Vygotsky, 2009; 2010). Assim, a imaginação, a arte, as experiências e repertórios de criação são elementos psicológicos fundamentais para o desenvolvimento cognitivo, o que requer um processo mediativo e dialético na relação com o meio. Nesse sentido, os jogos com fins educacionais ou pedagógicos podem ser ferramentas interessantes para serem utilizados no processo de ensino e aprendizagem e, por conseguinte, mediar a construção de conhecimento.

Em Vygotsky (2009), o jogo é considerado como um instrumento importante na mediação da criança com o mundo concreto, sendo um potencializador para o desenvolvimento de novas aprendizagens. Assim, o jogo pode propiciar a construção de novos significados a partir da mobilização de alguns processos cognitivos, tais como atenção, percepção, memória e imaginação. Para fins de recortes, o foco desse trabalho foi nos processos imaginativos, com a finalidade de observar o papel da imaginação na construção de significados a partir da mediação de um jogo digital.

Segundo Vygotsky (1998) a imaginação surge originalmente da ação. Para Vygotsky (1995), as funções psicológicas elementares possuem natureza biológica e são marcadas pelo imediatismo, pela estimulação do ambiente e definidas por meio da percepção. Já as funções mentais superiores segundo Vygotsky (1988) são constituídas no contexto social, a partir da mediação de instrumentos culturais. Essas funções se referem a processos voluntários e ações conscientes, que dependem da aprendizagem. Dentre essas funções mentais superiores, ressaltamos a imaginação (Tateo, 2015), cuja está no centro do processo intra e interpsicológico de construção do conhecimento.

Para Tateo (2015), os processos imaginativos têm relevância central no estabelecimento de nossas relações com o mundo exterior, uma vez que considera a imaginação como uma função mental superior primordial que possibilita a elaboração de significados por meios dos signos linguísticos e icônicos que se relacionam também com outros processos cognitivos. Assim, “a imaginação é uma função psicológica fundamental que se dedica à manipulação de conjuntos complexos de sinais icônicos e linguísticos” (Tateo,

2015, p.1). No contexto de mediação com o ambiente, o sujeito estabelece uma relação com um *Gegenstand* – que pode ser um animal, uma pessoa, um objeto material (ou imaterial), por intermédio de um processo imaginativo, em que direcionalidade e resistência são entendidas como partes complementares (Tateo, 2017) no processo de construção de significados. Relativamente, a imaginação pode ser entendida também, como um processo que permite o ser humano lidar com as mudanças, relacionado à criação de *Gegenstands*, a partir de objetos não existentes (Tateo, 2017).

Nessa perspectiva, é importante considerar, também, fundamentos teóricos que sustentam e apresentam mecanismos para se pensar como ocorre a construção de significados de conceitos por meio de instrumentos culturais. Tais respostas podem ser encontradas na Psicologia Cultural Semiótica (Valsiner, 2014) que se apoia da definição peirciana para compreender a natureza de signos icônicos e linguísticos (simbólicos) presentes nos atos imaginativos.

Para Peirce (2008, p. 74) “um signo é qualquer coisa que conduz alguma outra coisa (seu interpretante) a referir-se a um objeto a qual ela mesma se refere (seu objeto), de modo idêntico, transformando-se o interpretante”. No mundo mental, mediante os signos é possível fazer representações de tudo o que nos cerca, isto é, interiorizar o mundo externo por meio de símbolos ou ícones. Segundo Peirce (2008), o ícone é um signo que apresenta uma relação de semelhança com o objeto representado, como por exemplo, os aspectos qualitativos como a luz, as cores, as formas, o tamanho. Enquanto os símbolos apresentam uma relação entre significante e significado de forma arbitrária, associa-se aos objetos por leis, normas e convenções compartilhadas culturalmente, é o exemplo de palavras e seus significados. A linguagem, por exemplo, é um sistema de signos simbólicos, em que os significados das palavras (e dos sons) são convencionalizados culturalmente dentro de um idioma.

Diante desse contexto, levantamos o seguinte problema de pesquisa: como se dá o processo de construção de significados do conceito de radioatividade em estudantes do ensino médio por meio do papel da imaginação na mediação do jogo digital Radio Lab?

O Radio Lab é instrumento educacional voltado para mediar a aprendizagem de conceitos referentes aos fenômenos das radiações. Nele, o estudante assume o papel de um cientista que está em um laboratório recebendo radioisótopos para o processo de armazenamento de rejeitos. No laboratório, o jogador recebe elementos radioativos que emitem partículas alfa, beta e radiação gama. Cada uma representa um radioisótopo por meio de uma coloração diferente. Esses elementos brilham à medida que emitem as partículas radioativas e ficam opacas quando a radiação diminui. Sendo assim, o jogo visa auxiliar na

construção de significados e no aprendizado conceitual no que se refere ao objeto de conhecimento “Radiações e suas origens – Radioatividade” por meio do engajamento em situações de aprendizagens que lhe possibilitem estabelecer relações com situações cotidianas e tecnológicas.

Nessa perspectiva, investigamos como ocorre o processo de construção de significados do conceito de radioatividade por meio do jogo digital Radio Lab, a partir do modelo de imaginação proposto na Teoria Histórico-Cultural e Psicologia Cultural Semiótica. Assim, o objetivo geral desse estudo foi analisar o processo de construção de significados do conteúdo de Radioatividade por meio da mediação do jogo digital Radio Lab a partir do papel da imaginação. Para além deste, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- 1) Analisar o conhecimento prévio dos estudantes sobre radioatividade;
- 2) Classificar os signos icônicos e simbólicos, segundo Peirce, presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar o processo de aprendizagem;
- 3) Analisar quais os tipos de vetores de significação são potencializados pelo jogo como elemento de resistência (*gegenstand*) que podem atuar no processo de aprendizagem.

Em relação a estrutura, esse trabalho é constituído por introdução, um capítulo apresentando seções e subseções relativas à fundamentação teórica. Um outro capítulo construído pela metodologia, onde propõe o desenvolvimento da pesquisa. Tem-se o capítulo dos resultados, discussões relativas, considerações finais, referências, apêndices, e por fim, anexos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste estudo, discutimos a construção de significados a partir do papel da imaginação segundo a Psicologia Cultural Semiótica (Valsiner, 2012) e relacionado com os processos de internalização e externalização, tendo como mediação um jogo digital, considerado um instrumento cultural (Vygotsky, 2009). Nesse contexto, buscamos fazer uma classificação dos signos icônicos e simbólicos, de acordo com Peirce (2008), presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar a construção de significados do conteúdo de Radioatividade. Na discussão aqui proposta, analisamos também quais os tipos de vetores de significação potencializados pelo jogo como elemento de resistência (*gegenstand*) podem atuar no processo de aprendizagem (Tateo, 2015; 2017).

### 2.1 RADIOATIVIDADE: UM BREVE HISTÓRICO E O ENSINO

Segundo Martins (2012, p.17) “os primeiros estudos acerca do fenômeno da radioatividade estiveram intimamente relacionados à divulgação da existência dos raios-X, feita por Wilhelm Conrad Röntgen<sup>1</sup> em 1896”. Em 1897, Marie Curie (1867-1934) inferiu que a radioatividade é um fenômeno atômico e juntamente com seu cônjuge Pierre Curie, se interessaram pelos estudos e chegaram a publicar no mesmo ano um artigo sobre a descoberta da emissão de radiações pelo elemento químico tório. Após, Pierre e Marie descobriram que outros elementos também emitiam esse tipo de radiação, que foi denominada e batizada de radioatividade por Marie Curie (Chassot, 1995).

Apesar das descobertas e contribuições do casal Curie, segundo Martins (2012):

[...] a descoberta plena do fenômeno de radioatividade, envolvendo não apenas o contato inicial com o fenômeno, mas também a descrição adequada de suas propriedades e a compreensão de sua natureza, foi um trabalho coletivo, realizado ao longo de vários anos e que se completou com a teoria de Rutherford e Soddy sobre a transmutação dos elementos (Martins, 2012, p. 416).

Foi com o desenvolvimento da radioatividade artificial, da descoberta da fissão do urânio, e por conseguinte, a obtenção da reação em cadeia, que surgiu um novo tempo, em que o homem não apenas passou a ter conhecimento da intimidade da matéria elementar, como também alterar ou transformá-la sua composição segundo as suas necessidades e de acordo com suas propriedades (Caruso e OgurI, 2006; Almeida; Tauhata, 1981). Assim, a

radioatividade e o seu produto, a radiação, estão efetivamente presentes na nossa experiência cotidiana, seja na sua forma natural ou artificial.

No que concerne a utilização da radioatividade, vale apontar demais aplicações tecnológicas como por exemplo: o uso na medicina, os estudos de datação, nas usinas nucleares, na indústria de alimentos, também no setor da agricultura e nas relações com o meio ambiente, possibilitando assim, um estudo voltado para a perspectiva interdisciplinar e/ou contextualizado por meio de situações e fenômenos relativos ao nosso cotidiano, o que pode propiciar uma aprendizagem de forma significativa.

Sendo mais específico, a radioatividade está presente na medicina nuclear, a qual é uma área que utiliza a radiação emitida por átomos instáveis, para o diagnóstico e tratamento de doenças, por exemplo, o tratamento com radioterapia que usa o aparelho cobaltoterapia, sendo o isótopo radioativo Cobalto-60 (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

Com efeito, a radioatividade tem aplicabilidade em diferentes setores da sociedade, por meio do uso dos isótopos dos elementos químicos radioativos como: datação radioativa através do Carbono-14, medicina nuclear (Cobalto-60, Iodo-131), irradiação de alimentos (Césio-137) e reatores nucleares para a geração de energia (Urânio-235).

Embora sejam diversas as aplicações, é importante destacar alguns casos que entraram para a história, muito em prol das consequências negativas. Assim, cabe citar os acidentes envolvendo a radioatividade e a radiação. Considerado como um dos maiores desastres ocorrido em uma usina nuclear (acidente radioativo), na cidade de Pripyat, na União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, atual Ucrânia, o acidente de Chernobyl (1986). O Césio-137 (1987), o maior acidente radioativo acontecido no Brasil e no mundo, fora de usinas nucleares, onde houve uma grande explosão por conta de falhas humanas, (Ciscato *et al.*, 2016).

Outro acidente que merece destaque é de Three-Mile Island, que ocorreu manhã de 28 de março de 1979. Neste, o sistema de refrigeração da água de um dos reatores da usina de Three-Mile Island, na Pensilvânia, Estados Unidos falou. Apesar do sistema ter sido imediatamente desligado, o intenso calor fundiu o miolo do reator, a água pressurizada inundou a área de contenção do reator e uma quantidade desconhecida de radioatividade escapou para a atmosfera. Não houve mortes, mas 200.000 pessoas foram evacuadas de um raio de aproximadamente 70 km ao redor do reator (Feltre, 2004).

Para Antiszko (2016) a radioatividade era antes vista como algo negativo, trazendo para sociedade apenas malefícios, sempre relacionada ao perigo. Entretanto hoje, por meio da

radioatividade pode ser propiciado ao ser humano a oportunidade ou situações de aprendizagem para que se possam distinguir os seus mais variados enfoques.

O estudo da radioatividade envolve questões atuais da sociedade, tais como: energia, meio ambiente, acidentes nucleares, lixo atômico, medicina, entre outros, além de ser fundamental para compreensão da estrutura do átomo, contemplando diversas áreas de ensino, dentre elas o ensino de Ciências com maior ênfase na Física e na Química (Silva; Campos; Almeida, 2013, p. 47).

O tema radioatividade é parte integrante dos currículos do ensino médio e superior de Química no Brasil; é um tema atual, sendo recomendado nas orientações curriculares oficiais (Brasil, 2006). Sabendo que a radioatividade tem como foco o estudo dos elementos radioativos e suas relações com a estrutura da matéria, normalmente ela é pertencente ao ensino de Ciências com maior ênfase na Física e na Química, podendo relacionar também questões de história, ciência e de aplicações na sociedade.

Alguns estudos propõem analogias como forma de aproximar o conhecimento científico (abstrato) do conhecimento espontâneo (concreto) e possibilitar dessa forma o entendimento dos estudantes. Somando-se a isso, a impossibilidade do conhecimento da química nuclear ser explorada utilizando experimentos macroscópicos com amostras reais e relacionando-os com os conceitos microscópicos, por se tratar de fenômenos que envolvem emissões radioativas. Assim, atividades que favoreçam ações diretas com materiais radioativos não são indicadas, mas são propostos o uso de simulações, softwares, vídeos, dentre outros recursos didáticos, como forma de conduzir os estudantes a entrarem em “contato” com esses fenômenos (Silva; Campos; Almeida, 2013, p. 57).

Nesse contexto, com enfoque também nos aspectos históricos e questões atuais da sociedade, vale lembrar que a descoberta dos efeitos relacionados à radioatividade teve seu início por volta do final do Século XIX, o que provocou grandes pesquisas para o desenvolvimento sociedade. Pesquisas estas que estimularam diversas conquistas, principalmente com relação às experiências envolvendo o núcleo atômico, como destacam os trabalhos de Becquerel, Pierre e Marie, como ainda de Ernest Rutherford (Lima; Pimentel; Afonso, 2011).

Com esse entendimento, a radioatividade é campo de conhecimento que durante o processo de ensino e aprendizagem requer uma abordagem interdisciplinar, vinculado diretamente com o cotidiano dos estudantes e por isso, não deve abordar somente os conceitos químicos ou físicos isolados, mas sim, discutir fatos históricos, políticos, econômicos e sociais, visto que são aspectos que necessitam de contextualização com a realidade dos estudantes e fazê-lo entender a necessidade da compreensão deste tema.

Neste contexto, acredita-se que, por exemplo, o ensino de radiações pode ser apoiado em material didático que aborde o conteúdo de maneira contextualizada, mostrando avanços tecnológicos promovidos pela utilização das radiações e as formas de interação com a matéria, descrevendo-as e explicando-as, diferentemente de como o conteúdo é abordado em alguns livros didáticos de Ensino Médio (Medeiros; Lobato, 2010, p. 66).

De acordo com Silva et al., (2013) as dificuldades dos estudantes referente à compreensão de conceitos relacionados à radioatividade e as necessidades atuais de um ensino que contemple desenvolvimento científico, tecnológico e questões ambientais peculiares ao estudo da temática radioatividade são questões norteadoras e facilitadores para o planejamento docente com relação a elaboração de estratégias didáticas.

Para Passos et al, (2016) quebrar barreiras, superar o tradicionalismo existente nas escolas é o desafio a ser planejado para transformar a sala de aula em um ambiente desafiador e atrativo, proporcionando aos estudantes aprendizagens significativas. Assim, o desafio é romper com os paradigmas tradicionais presentes em sala de aula, intervir na cultura dos estudantes, e ao mesmo tempo conquistá-los por meio da associação dos conteúdos ao seu mundo ou realidade, sem perder de vista o significado prático dos objetos estudados.

As explicações de Gasparin (2012) e por Bernadelli (2004) diz que devem ser proporcionadas condições de estudo que sejam favoráveis ao estudante e ao mesmo tempo agradáveis ao processo de ensino e aprendizagem, sem a necessidade de memorização mecânica de conceitos, tornando o conteúdo interessante.

## 2.2 JOGOS ANALÓGICOS E DIGITAIS

Johan Huizinga, em seu livro *Homo Ludens*, enfatiza o jogo como elemento da cultura e explora como as diversas línguas e sociedades entendem o jogo. O autor nos adverte que “Somos forçados constantemente, para descrever numerosos fenômenos, a empregar a palavra ‘jogo’” (Huizinga, 2014. p. 28). É importante especificar um conceito de cultura que relacionamos à noção de lúdico, pois “encontramos o jogo na cultura, como um elemento dado existente antes da própria cultura, acompanhando-a e marcando-a desde as mais distantes origens até a fase da civilização em que nos encontramos” (Huizinga, 2000, p. 6).

Para Huizinga (2010), o jogo está intimamente atrelado à cultura da humanidade e apresenta-se como resultado dos contextos históricos que acompanham o ser humano ao longo do tempo. O jogo é lúdico, fictício, fora da vida real, transcendendo as obrigações cotidianas, e caracteriza-se por ser uma atividade espontânea, livre, “não séria” permeada por

prazer e tensão, já que simultaneamente o jogador tem o prazer de jogar, também é posto sob a tensão provocada pela competição, pela busca da vitória e pelo respeito às regras (Huizinga, 2010).

Como se percebe, Huizinga tem muito a contribuir na definição formal e abstrata do conceito de jogo, como definição ele diz:

O jogo é uma atividade voluntária realizada dentro de alguns limites de tempo e espaço, através de regras livremente consentidas, porém, obrigatórias, dotadas de um fim em si mesmo, guiadas por sentimentos de tensão, alegria e de uma consciência, de ser diferente da vida cotidiana (Huizinga, 2000, p. 24).

Para Caillois (1990, p. 11), dentre as principais características de qualquer jogo humano destaca-se a constante presença da ideia de limites e liberdades em seu desenvolvimento, pois: “todo o jogo é um sistema de regras que definem o que é e o que não é do jogo, ou seja, o permitido e o proibido”.

Caillois baseia-se em Huizinga e aproxima-se de definições mais contemporâneas. O autor diz que “o termo jogo designa não somente a atividade específica que nomeia, mas também a totalidade das imagens, símbolos ou instrumentos necessários a essa mesma atividade ou funcionamento de um conjunto complexo” (Caillois, 1990, p. 10). A atividade lúdica é entendida como “o prazer que se sente com a resolução de uma dificuldade tão propriamente criada e tão arbitrariamente definida, que o fato de solucionar tem apenas a vantagem da satisfação íntima de tê-lo conseguido” (Caillois, 1994, p. 50).

Assim, a ludicidade, o prazer quanto a diversão está fortemente associada à prática com jogos, mesmo nas concepções mais clássicas como de Huizinga (2010) e Caillois (1990), são caracterizados como uma atividade lúdica. Para Brougère (1998, p. 16), “o termo jogo é utilizado e compreendido na própria ausência de definição rigorosa; jogo é o que o vocabulário científico denomina atividade lúdica”. Em sua obra intitulada *Brinquedo e Cultura*, Brougère (1998), limita o que é legítimo chamar no conjunto dos objetos lúdicos, de brinquedo e de jogos. Estes associam valor símbolo e função e, no brinquedo, o valor simbólico é a função, uma atividade livre, a brincadeira (Brougère, 1998). De acordo com ele,

a noção de jogo como o conjunto de linguagem funciona em um contexto social; a utilização do termo jogo deve, pois, ser considerada como um fato social: tal designação remete à imagem do jogo encontrada no seio da sociedade em que ele é utilizado (Brougère, 1998, p. 16).

Brougère (2002) ressalta que a cultura lúdica compreende tanto o conjunto de estrutura de jogos, que não se limitam às de jogos com regras, tradicionais ou recentes, quanto o

conjunto de jogos de imitação ou de ficção. Nesse sentido, para o autor, a cultura lúdica se apropria de elementos da cultura presentes no meio ambiente da criança, desde aos aspectos pessoais quanto sociais e de elementos que a cultura oferece como especificamente objetos, brinquedos, videogames e jogos analógicos e digitais.

Com efeito, devido ao seu potencial educativo e de proporcionar mediação entre o sujeito e o conhecimento, os jogos estão sendo cada vez mais reconhecidos. É interessante ressaltar também que estes se apresentam diferentes modalidades e formatos. Assim, falaremos mais especificamente dos jogos digitais, segundos quais têm sido um dos artefatos do desenvolvimento tecnológico bastante utilizado na atualidade, pois eles além da versatilidade, prendem a atenção, engajam os usuários em suas ações.

Os jogos analógicos têm como “principal diferença com jogos digitais está na interação direta e pessoal com o outro jogador e o que sustenta a prática do jogo não é uma plataforma digital” (Vanzella, 2009, p. 22). Os jogos digitais possuem características semelhantes aos analógicos por apresentarem uma interface que regula e orienta suas regras, no entanto diferenciam pelas ações e decisões por meio de recursos computacionais (Schuytema, 2008).

De acordo com Prensky (2012), em meio ao desenvolvimento tecnológico, a aprendizagem de conceitos baseada em jogos digitais é favorecida, uma vez que se apresenta em conformidade com a tendência atual. Além disso, por serem ambientes de aprendizagem bastante versátil, atraentes e interativos que apreendem a atenção do estudante. Para isso, é interessante que se esses instrumentos sejam utilizados de forma correta, visto que podem auxiliarem no desenvolvimento de atividades cognitivas, na resolução de problemas, a tomada de decisão, a criatividade, o pensamento crítico e reflexivo. Nesse sentido, Berbel (2011 p. 29) enfatiza que “aprender por meio da problematização e/ou da resolução de problemas de sua área, portanto, é uma das possibilidades de envolvimento ativo dos alunos em seu próprio processo de formação.” Assim, proporcionará aos estudantes desenvolver capacidades de explorar, experimentar, aprimorar sua imaginação e estimular sua curiosidade, desenvolvendo a aprendizagem por meio de descobertas.

Retomando as considerações sobre os jogos analógicos, embora apresente nítidas diferenças em relação aos jogos digitais como já foi mencionado também favorecem a inserção de conteúdos escolares e de maneira contextualizada, contribuindo no processo de aprendizagem dos discentes de forma participativa e criativa.

Conforme Jull (2003), nos jogos digitais a participação e interação ocorre por meio dos aspectos lúdicos em um mundo abstrato e virtual. Assim, as normas que compõe o jogo

são determinadas previamente por meio de um sistema computacional, tornando inviável fazer alterações, negociar as regras ou aceitar consequências pelo não cumprimento delas. No que concerne os analógicos, segundo o mesmo autor, um mundo imaginário também pode ser criado na mente dos jogadores, de modo que as representações são realizadas em um mundo singular, que não pode ser compartilhado de maneira concreta, fator este muito comum nos digitais. Quanto as regras, diferentemente das dos jogos digitais, podem ser negociadas, sendo passível de alterações, caso os jogadores concordem, apresentado assim, uma flexibilidade.

Nessa perspectiva, é sabido que independentemente do tipo de jogo, como forma de organização as ações, as regras fazem parte desse universo e de certa maneira levam a uma maior motivação aos jogadores a ultrapassar seus limites a partir das limitações impostas por elas (Huizinga, 2010).

Segundo Brougère (1998), cada cultura, em função das analogias que são estabelecidas, vai construir numa esfera delimitada aquilo que para uma determinada cultura é designável como jogo. Assim, o jogo só existe e tem seu valor dentro de um sistema de designação e de interpretação das atividades humanas.

### **2.2.1 Jogos digitais e o ensino de ciências**

Aliar jogos ao ensino é uma possibilidade de pensar a educação numa perspectiva a favorecer novas aprendizagens e ressignificar os conhecimentos prévios na estrutura cognitiva por meio de instrumentos de mediação. Para Kishimoto (2007) e Huizinga (2007), os jogos são uma importante ferramenta para auxiliar no aprendizado. Assim, a utilização de atividades lúdicas em sala de aula é uma maneira de aumentar a motivação dos estudantes, visto que elas proporcionam uma abordagem descontraída de aprender.

Nessa visão, é percebido que os jogos estão cada vez mais presentes no ambiente escolar como recurso auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos. O propósito é propiciar motivação e engajamento aos estudantes. De acordo com Alves (2012, p. 05) “Quanto ainda precisamos caminhar para compreender que o lúdico deve estar presente nas situações de aprendizagem? Que a escola deveria se constituir um espaço de prazer? Que devemos nos aproximar do universo semiótico dos nossos alunos?”.

O jogo e o brincar, portanto, sob as suas duas formas essenciais de exercício sensório-motor e de simbolismo, proporciona uma assimilação da real à atividade própria, fornecendo a esta seu alimento necessário e transformando o real em função das necessidades múltiplas do eu. Por isso, os métodos ativos de educação das crianças exigem todos que se forneça às crianças um material conveniente, a fim de

que, jogando e brincando, elas cheguem a assimilar as realidades intelectuais que, sem isso, permanecem exteriores à inteligência infantil. (Piaget 1976, p. 160).

O desenvolvimento do jogo resulta de processos puramente individuais e de representações simbólicas peculiares que originam da estrutura mental da criança e que apenas por ela podem ser explicados. Segundo Piaget (1971, p. 207) analisa o jogo “(...) o jogo constitui o pólo extremo da assimilação do real ao eu”. No nascimento do jogo “quase todos os comportamentos (...) são suscetíveis de se converter em jogo uma vez que se repitam por assimilação pura” (Piaget, 1971, p. 117).

Para Lopes (2001), o jogo em si, possui componentes do cotidiano e o envolvimento desperta o interesse do aprendiz, que se torna sujeito ativo do processo. Do mesmo modo, Costa, Oliveira e Moreira (2001) consideram que os jogos permitem aprender de uma forma divertida, uma vez que captura a atenção do aluno em relação aos conceitos que muitas vezes seriam de difícil compreensão.

No contexto atual, com o desenvolvimento da tecnologia, a utilização dos jogos digitais se apresenta como alternativa para o processo de ensino e aprendizagem. Assim, “com os atuais recursos digitais, os alunos podem passar a ser produtores de conteúdo, (...) essência da interatividade que a tecnologia oferece” (Monereo; Pozo, 2010, p. 100).

Com esses pressupostos é possível ter uma compreensão que os jogos digitais podem ser inseridos em atividades educacionais. Entretanto, mesmo se apresentando como fermenta importante, sua inserção eficaz nesse contexto depende de diversos aspectos relativos ao jogador quanto ao mediador, isto é, condições favoráveis para o estudante como também para atuação docente.

De acordo com Campos (2009) os jogos digitais podem ser um instrumento importante na mediação de conceitos científicos no ensino de ciências, sendo possível por meio desse propor ou apresentar situações de aprendizagem aos estudantes, percebendo as possibilidades de encontrar soluções possíveis de forma sistematizada e ao mesmo tempo divertida. Tal ideia é defendida também por Prensky. Segundo o autor, já no início do século XXI:

Os jogos digitais são hoje usados para ensinar o alfabeto a crianças, para ajudar os adolescentes a monitorizar a diabetes e a suplementar as suas deficiências de atenção, para ensinar táticas militares, para demonstrar técnicas de engenharia financeira, para desenvolver capacidades de utilização de software CAD para engenheiros, entre muitas outras coisas (Prensky, 2001, p. 177).

Em relação à aprendizagem baseada em jogos digitais, Van Eck (2015) destaca nesse contexto, que alguns jogos educativos são desenvolvidos para trabalhar determinadas

habilidades e conceitos. Assim, os jogos educativos são comumente utilizados com objetivo de propiciar situações de aprendizagem ou mudar comportamentos de maneira lúdica, os quais são integrados aos processos educativos para criar experiências que gerem o aprendizado (Van Eck, 2006).

Para Prensky (2012), os jogos digitais podem ser utilizados por diversos instrumentos tecnológicos, como os computadores, consoles de videogame e os celulares. Para Schuyttema (2008), os jogos digitais são atividades lúdicas desafiadoras, implicando o jogador a tomar decisões e buscar estratégias que são limitadas pelas regras e pelo próprio contexto do jogo. É perceptível que os jogos digitais propiciam oportunidades para facilitar o aprendizado nas diversas áreas do conhecimento. Nesse sentido, quando utilizados como um instrumento de representação de um determinado conceito, os jogos digitais contribuem para o entendimento e conseqüentemente a compreensão do que está sendo ensinado.

Com o avanço da tecnologia, os jogos digitais estão cada vez mais presentes no cotidiano, e nesse caso, facilita sua utilização, o que pode aproximar em sala de aula, professor, aluno e conteúdo a ser ensinado, pertinentemente a escola deve acompanhar as tendências atuais, concebendo as novas culturas demandadas. Assim, os jogos digitais podem ser alinhados ao ensino e atuar na mediação na construção de conceitos científicos, propiciando o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como a lógica, a memorização, a atenção e a resolução de situações problemas, além de ressignificar valores, comportamentos e experiências (Moita, 2007; Ramos, 2013).

A inserção dos jogos digitais no processo de ensino e aprendizagem de conceitos podem proporcionar envolvimento e motivação, pois implica um comportamento investigativo, busca de estratégias para facilitar as descobertas, permitindo que os jogadores tenham experiências individuais e em grupos, oferecendo assim, simultaneamente ambientes interativos e dinâmicos que podem ressignificar o conhecimento e incentivar novas aprendizagens (Hsiao, 2007).

Para Fabricatore (2000) e Mitchell (2004) os jogos digitais são capazes de representar cenários com elementos gráficos diversificados. Essa amplitude de atuação, possibilita que sejam utilizados em várias áreas do conhecimento, podendo trazer elementos visuais que facilitem a aprendizagem. A dificuldade de se manipular ou visualizar conceitos, como moléculas, células e gráficos, exemplifica como o uso de jogos pode auxiliar e corrobora para o entendimento de física, química ou biologia.

Nesse contexto, a elaboração de jogos digitais voltados para o ensino de ciências, utilizando ferramentas tecnológicas, é uma forma de aplicação das Tecnologias de Informação

e Comunicação no ensino. Nesse sentido, Garcia (2010) corrobora ao mencionar que a análise da problemática do ensino e aprendizagem e a maneira como o currículo de ciência para o ensino tem se apresentado, revelam a ausência dessas metodologias inovadoras que se fundamentem na motivação e na sua aplicabilidade.

Com a utilização dos jogos digitais no ensino de ciências é possível participar ativamente, agindo, refletindo de maneiras distintas e assumindo múltiplos papéis para alcançar os mais diversos objetivos. Assim, experiências dessa natureza faz com que seja possível o desenvolvimento de uma compreensão situada e significativa, isto é, a vivências nesses contextos diversos propicia o entendimento de conceitos considerados complexos, proporcionado a conexão entre concepções abstratas e problemas reais que fazem parte cotidiano dos estudantes (Squire, 2003).

Dessa maneira, a atuação docente no ensino de ciências com a mediação de jogos digitais pode promover uma aprendizagem ativa, desafiando cognitivamente os estudantes na resolução de problemas, uma vez que o objetivo aqui não é promover unicamente a ludicidade do fazer pedagógico, mas propiciar aos alunos a interação com os objetos de conhecimento, desenvolvendo conceitos e articulando a teoria com a prática (Alves, 2008).

### **2.2.2 O jogo digital educacional Radio Lab**

O Radio Lab foi desenvolvido no Laboratório V-Lab do Centro de Informática (CIn), como uma das ações do Projeto Desenvolvimento de Novos Modelos Conceituais de Recursos Educacionais Digitais para as Áreas de Ciências da Natureza para o Ensino Médio - TED 8759/2019, realizado em cooperação entre a Secretaria de Educação Básica (SEB) do Ministério da Educação (MEC) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Vale destacar, que por ser um jogo digital, encontra-se disponível para *download* (para baixar), gratuitamente no *Google Play Store* e na *Apple App Store*.

O jogo educacional digital Radio Lab é um objeto de estudo voltado para mediar a aprendizagem do conteúdo de Radioatividade, no qual traz conceitos básicos, noções e contextos relacionados aos fenômenos das radiações e suas origens, proporcionando fazer relações também com acontecimentos que causaram grande impacto na sociedade. Como exemplos, o jogo aborda questões relativas ao setor econômico, as bombas de fissão nuclear e acidentes nucleares.

O estudante no Radio Lab está em um laboratório recebendo radioisótopos para o processo de armazenamento de rejeitos. Nesse contexto, o estudante precisa assumir o papel

de um cientista, o que implica a este direcionar esses materiais de maneira adequada. De acordo com a (Figura 1) podemos observar a imagem de entrada e os elementos do Nível II do jogo.

Figura 1 - Apresentando o jogo.



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 3).

Com efeito, o objetivo do jogo é auxiliar os estudantes no processo de aprendizagem e no desenvolvimento de competências e de habilidades no que se refere ao objeto de conhecimento, isto é, as “Radiações e suas origens – Radioatividade”. Assim, o Radio Lab tem o propósito de engajar o estudante em situações de aprendizagens que lhe possibilitem estabelecer relações com fenômenos presentes no cotidiano.

Em relação ao cenário de laboratório utilizado, o jogador recebe os elementos radioativos que emitem partículas alfa, beta e radiação gama. Cada uma delas representa um radioisótopo por meio de uma coloração distinta. É importante ressaltar que o jogo esses elementos brilham enquanto emitem as partículas radioativas e ficam incolor quando a radiação diminui. Assim, cabe frisar que esses fenômenos citados são representados por comparações visuais e movimentos (transformações).

No Radio Lab, o jogador irá movimentar determinados elementos radioativos para caixas de contenção específicas. Esses elementos emitem suas radiações em conformidade com o radioisótopo contido nelas. Vale salientar que no total, tem-se 12 elementos distintos, como mostra a (Figura 2).

Figura 2 - Elementos radioativos.



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 6).

Para controlar as emissões radioativas, podem ser utilizados três tipos de contenção ou caixas distintas. Cada uma delas é adequada para os três tipos de radiação. O processo de contenção desse material radioativo é chamado de blindagem, como pode ser visto na (Figura 3) a seguir.

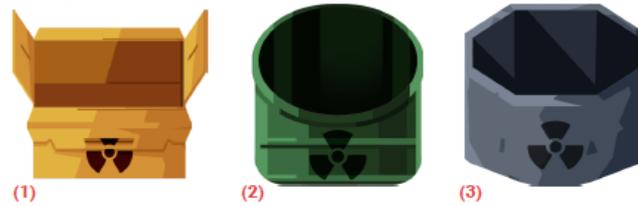
Figura 3 - Caixas de contenção e partículas radiativas.



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 6).

Em relação as *caixas de contenção*, a radiação de partículas alfa pode ser contida com blindagem de papelão (1). Enquanto a radiação de partículas beta pode ser contida com blindagem de alumínio (2) com pelo menos 1cm de espessura. Por fim, mas não menos importante, na (Figura 4) a seguir indica que a radiação eletromagnética tipo gama pode ser contido com blindagem de chumbo (3) com pelo menos 1cm de espessura mais uma camada de 5cm de concreto (Queiros et al, 2022).

Figura 4 - Níveis das caixas de contenção (blindagem).



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 6).

Já que conhecemos respectivamente os níveis das caixas de blindagem, os elementos radioativos ou radioisótopos e outros aspectos iniciais, vamos ver agora, o jogo propriamente dito.

O nível 1 corresponde ao tutorial do funcionamento do jogo. Nele os radioisótopos sairão da esteira inferior de forma aleatória condizentes com a tela pré-nível. Assim que o elemento radioativo sai dessa esteira inferior, emite algum tipo de radiação. Dessa maneira, esse elemento radioativo deverá ser retirado da esteira pelo jogador (cientista) e colocada em alguma das caixas de blindagem, mais precisamente naquela que melhor blindar a radiação emitida.

Nesse mesmo nível, será explicado ao jogador, caso posicione de modo errado o elemento, que radiações serão emitidas para todo o espaço do laboratório, atingindo as pessoas que se encontram trabalhando. Então, sempre que essa radiação “escapar”, ela será contabilizada pelo contador de radiação baseado no contador Geiger, o qual consiste numa ferramenta que foi bastante utilizada como medidor radioativo como mostra na (Figura 5) a seguir.

Figura 5 - Tutorial do funcionamento do jogo (1) apresentado para o jogador.

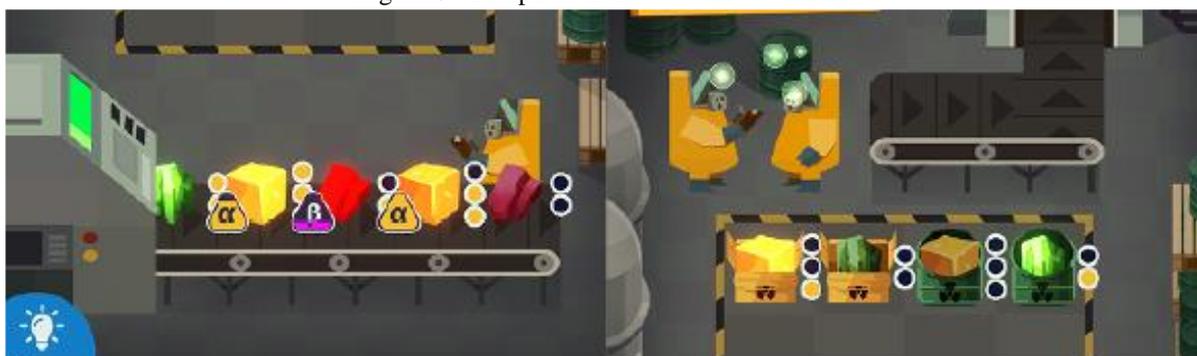


Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 8).

Com o término do tutorial, o jogador passa para a próxima etapa, o nível 2. É importante ressaltar que a partir desse nível, o jogador não terá mais nenhum auxílio possível.

É importante que o mediador explique que nem todas as informações sobre radioatividade são dadas no jogo. Nesse sentido, os estudantes podem ser questionados toda vez que for interessante para seu conhecimento e andamento do jogo. Por exemplo, onde está o tempo de meia-vida no jogo. Para representar a meia-vida dos elementos radioativos, o jogo apresenta um círculo amarelo ao lado de cada um dos elementos, na (Figura 6) podemos ver tal representação.

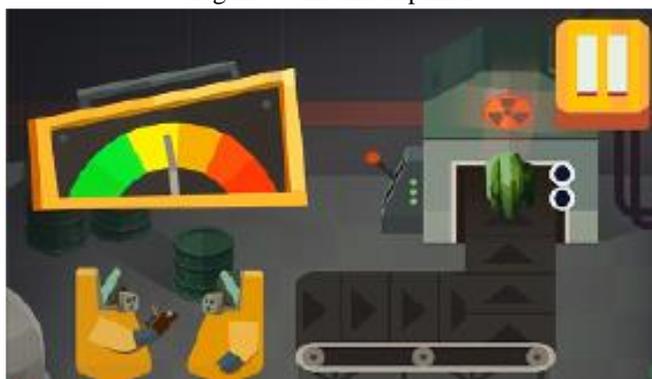
Figura 6 - Tempo de meia-vida dos elementos.



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 9).

Assim, no que diz respeito a meia-vida dos elementos, vale dizer que quantidade de círculos ao lado desse elemento como mostra anteriormente, representa o tempo que ela ficará ativa no jogo, o que não é comum em todos os elementos, visto que o urânio e césio por exemplo têm um tempo de meia vida que duram décadas. O jogo mostra que à medida que o elemento emite algum tipo de radiação, um dos círculos ao seu lado perde a coloração como mostra a (Figura 7).

Figura 7 - Esteira superior.



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 9).

Por meio de analogias entre os fenômenos radioativos presentes no simulador e o mundo real da radioatividade, podemos perceber no decorrer do jogo, que após emitir as duas ou três radiações dos respectivos círculos, esses elementos se tornarão no jogo, estáveis, isto é, sem conseguir fazer novas imissões, o que não se configura de maneira igual na vida ou no mundo real da química.

Nessa perspectiva, a analogia embora apresente uma relação de semelhança com seu representante, na realidade de maneira nenhuma os elementos químicos que emitem radiação, perdem cor, ou ficam estáveis ao emitirem “toda” sua radiação. Para demonstrar ao jogador essa situação de estabilidade no jogo, os elementos perdem sua coloração. É neste momento que o jogador irá retirar os elementos estáveis de dentro das caixas e irão movê-las para a esteira superior, que será a esteira de descarte final.

## 2.3 APRENDIZAGEM E ELEMENTOS CULTURAIS

No intuito de entender como ocorre o processo de construção de significados de conceitos relativos à Radioatividade e papel da imaginação na aprendizagem, adotamos como fundamentação teórica, a Psicologia Cultural Semiótica, visto que o estudante, assim como qualquer outro sujeito, se desenvolve na relação com o outro e com o meio, por meio de instrumentos e signos (Vigotski, 2003). Assim, o homem desenvolve o que Vigotski denomina de funções psicológicas superiores, ou seja, funções tipicamente humanas como por exemplo a memória, o pensamento, a atenção e à imaginação. Dado a importância do uso de signos e instrumentos no desenvolvimento humano, Vigotski (2003) enfatiza que os sistemas de signos são criados pelas sociedades ao longo da história humana e modificam a forma social e o nível de desenvolvimento cultural. Diante dos fatos já citados, é perceptível com base em Vigotski que as funções psicológicas superiores se desenvolvem na relação professor/aluno/objeto de aprendizagem, o que nos convida a acreditar ser necessário compreender o processo de aprendizagem a partir de um jogo digital à luz da Teoria Histórico-Cultural e na Psicologia Cultural Semiótica.

### 2.3.1 A psicologia cultural semiótica

A Teoria Histórico-Cultural enfatiza sobre a relevância das funções psicológicas superiores no desenvolvimento social do ser humano, apontando que a linguagem é fundamental no processo de formação de conceitos (Vigotski, 2001; 2007). Com efeito, o que

desencadeia esse processo de formação conceitual é a própria cultura, as relações sociais. Assim, a aproximação entre sujeito e objeto por meio da ação mediada é o que caracteriza a natureza do processo de aprendizagem, conforme a perspectiva sociocultural (Vigotski, 2001; Pereira; Ostermann, 2012).

A Psicologia Cultural Semiótica, nesta abordagem, pode contribuir por meio da concepção que as relações entre os sujeitos são sociais e culturais, cujos processos de internalização e externalização são imprescindíveis na compreensão do processo de construção e reconstrução (transformação) de significados (Valério; Lyra, 2016).

No que se refere o processo de processo de internalização e externalização, Valsiner (2007, p. 340) afirma que

A internalização é o processo de análise dos materiais semióticos existente externamente e de sua síntese na forma de novidade no domínio intrapsíquico. [...] A externalização é o processo de análise do material (subjetivo) da cultura pessoal intrapsicologicamente existente durante sua transposição do interior da pessoa para seu exterior, e a modificação do ambiente externo como uma forma de nova síntese deste material.

Dessa maneira, do ponto de vista semiótico-cultural, os significados são desencadeados a partir da cultura e práticas sociais, fornecendo aos conceitos valores de modo que a cultura canaliza os significados levando a uma internalização em diferentes contextos.

Nesse caso, “compreender o papel dos signos no desenvolvimento psicológico tem sido um tópico sobre o qual tem se debruçado a pesquisa da psicologia semiótico-cultural nos últimos anos” (Herrera, 2014, p. 31). Com isso, somos levados a perceber que os signos têm a finalidade de estabelecer relações entre objeto, o contexto histórico-cultural e o sujeito.

Assim, é importante enfatizar nesse contexto, o modo como o sujeito aprende conceitos científicos,

Na maioria dos casos, os significados pessoais são construídos a partir de conflitos, negociações e renegociações com as sugestões sociais existentes. Assim, diante desses processos, entende-se a cultura como processo ativo, construído e reconstruído incessantemente, a partir das interações sujeito-signo, bem como sujeito-sujeito, na construção de significados. Assim, como já defendia Vigotski, não há construção de significados sem a mediação de signos (Silva, 2017, p. 87).

Com efeito, a representação no ensino de Química sempre esteve em evidência nas investigações, objetivando acessar e dar sentido a um universo não visual a olho nu ou do significado naquilo que se pretende ver. Diversos estudos e pesquisas centradas na representação do mundo da química foram propostas, desde o modelo tríadico em um triângulo de representação da química proposto por Johnstone (1982, 1991, 1993) a outros

modelos, como por exemplo, o de Mahaffy (2004), que utiliza o modelo de Johnstone e acrescenta o elemento humano, transformando-o num tetraedro. Assim, é percebido que esta proposta tem como premissa central enfatizar os aspectos sociais, históricos, culturais, ambientais, econômicos e políticos relacionados a um determinado conceito científico (Souza, 2012).

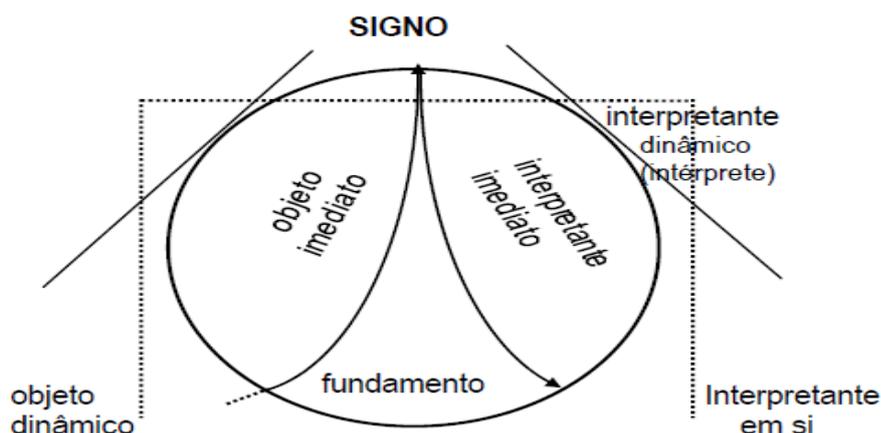
Como a abordagem central está voltada para a Psicologia Cultural Semiótica, vale fazer uma ressalva a Charles Sanders Peirce (1839-1914) que fundou o pragmatismo americano e foi um teórico da lógica, linguagem, comunicação e teoria geral dos signos. Com isso, Peirce desenvolveu uma teoria que se refere aos fenômenos de significação e representação e de seu uso na cognição e comunicação. Suas ideias estão voltadas à observação dos fenômenos onde determinados objetos funcionam como “signos”.

Na Semiótica Pierciana, é o signo que desencadeia a representação, isso porque ele é visto como sendo,

Algo que, sob certo aspecto ou de algum modo, representa alguma coisa para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria, no espírito dessa pessoa, um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado denomino interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas em referência a um tipo de ideia de que eu, às vezes, denominei fundamento do *representamen* (Peirce, 2005, p. 61).

Para Santaella (2004, p. 7) “o signo é um primeiro (algo que se apresenta à mente), ligando um segundo (aquilo que o signo indica, se refere ou representa) a um terceiro (o efeito que o signo irá provocar em um possível intérprete)”. O triângulo semiótico (Figura 8) tem sido utilizado como um elemento por meio do qual se pode explicar o processo de significação. É importante lembrar, contudo, que existem diversas versões do triângulo, cujas diferenças não se restringem às distintas denominações dadas aos seus vértices. Na versão de Peirce, o funcionamento do signo pode ser expresso pela imagem mostrada na (Figura 8), ou em síntese:

Figura 8 - Representação da semiose ou da ação do signo.



Fonte: Santaella (1983, p. 55).

"(...) aquilo que provoca o signo é chamado de '*objeto*' (para sermos mais precisos: objeto dinâmico). Signo é determinado por alguma espécie de correspondência com esse objeto. Ora, a primeira representação mental daquilo que o signo indica é denominada '*objeto imediato*'. Esse objeto (representação mental) produz triadicamente o efeito pretendido do signo (isto é, seu interpretante) através de outro signo mental. Essa natureza triádica da ação é essencial para que o signo funcione como tal" (Santaella, 1983, p. 55).

Sobre Objeto, Peirce afirma: "A palavra *Signo* será usada para denotar um objeto perceptível, ou apenas imaginável, ou mesmo inimaginável num certo sentido" [...] (Peirce, 2012, p. 46). Segundo Niemeyer (2003), o objeto se refere a algo que possa ser representado. As estratégias que o representam formam o objeto desse algo, a natureza da mediação que o signo estabelece com o objeto passível de representação, isto é, dinâmico. Trata-se da maneira como o signo se concerne ao que ele representa.

Quanto aos tipos de signos, destacaremos: ícone, índice e símbolo. Categoricamente, para Niemeyer (2003), o ícone pertence à Primeiridade e, sua representação se dá por semelhança. O próprio Peirce (2010, p. 64) é categórico quando afirma que "A única maneira de comunicar diretamente uma ideia é através de um ícone", ou um conjunto deles, como o texto a seguir sugere.

A única maneira de comunicar diretamente uma ideia é através de um ícone; e todo método de comunicação indireta de uma ideia deve depender, para ser estabelecido, do uso de um ícone. Daí segue-se que toda asserção deve conter um ícone ou conjunto de ícones, ou então deve conter signos cujo significado só seja explicável por ícones. A ideia significada por um conjunto de ícones (ou o equivalente a um conjunto de ícones) contido numa asserção pode ser denominada de predicado da asserção (Peirce, 2012, p. 64).

Quanto ao índice, por sua vez, segundo Niemeyer (2003), o índice pertence à categoria da Secundidade e está mais próximo do objeto, como se fosse sua impressão digital. Mas Peirce expõe sua ideia sobre índice de forma mais abrangente:

Os índices podem distinguir-se de outros signos, ou representações, por três traços característicos: primeiro, não têm nenhuma semelhança significativa com seus objetos; segundo, referem-se a individuais, unidades singulares, coleções singulares de unidades ou a contínuos singulares; terceiro, dirigem a atenção para seus objetos através de uma compulsão cega. Mas seria difícil, senão impossível, citar como exemplo um índice absolutamente puro, ou encontrar um signo qualquer absolutamente desprovido da qualidade indicial. Psicologicamente, a ação dos índices depende de uma associação por contiguidade, e não de uma associação por semelhança ou de operações intelectuais (Peirce, 2012, p. 75-76).

Para Nöth (2009, p. 83) “o símbolo é o signo [...] que participa da categoria de Terceiridade. A relação entre Representâmen e objeto é arbitrária e depende de convenções sociais. A associação não é de juízo próprio, e sim de um código preexistente em relação ao signo”. Peirce assim define símbolo:

A palavra *Símbolo* possui tantos significados que seria uma ofensa à língua acrescentar-lhe mais um. Creio que a significação que lhe atribuo, a de um signo convencional, ou de um signo que depende de um hábito (adquirido ou nato), não é tanto um novo significado, mas, sim, um retorno ao significado original. [...] Normalmente se diz que na palavra *símbolo* é preciso entender o “correr junto com” no sentido de “conjecturar”; mas, se fosse este o caso, deveríamos descobrir que *algumas vezes*, pelo menos, significaria uma conjectura, significado à cuja procura em vão vasculharíamos a literatura (Peirce, 2012, p. 72).

Na visão de Valsiner (2000; 2012a) a psicologia cultural semiótica é inerente as funções psicológicas humanas, desencadeada no contexto social a partir da interação e entre os sujeitos e objeto. Do ponto de vista da semiótica, o termo cultura faz referência à mediação por signos, que é parte do sistema das funções psicológicas organizadas, sendo estas tanto intrapessoais como também interpessoais.

De acordo com Valsiner (2012a, p. 251) a tese central da perspectiva semiótica na psicologia cultural é que “a vida psicológica humana, em sua forma mediada por signos, é afetiva em sua natureza”. Com isso, a experiência afetiva é socialmente regulada pelas sugestões sociais, codificadas nos signos, em diferentes níveis de generalização. Assim, a semiótica humana é baseada num complexo de signos, os quais mediante uma linguagem verbal ou não verbal (icônico, índice e símbolo) exercem múltiplas funções mentais, contribuindo para a compreensão de tudo que está circundante a nós, isto é, presente nas relações entre os sujeitos e nas ações sobre os instrumentos e objetos.

Para Vygotsky (1991) o signo tem a finalidade de auxiliar resolução um dado problema psicológico por meio da imaginação, lembranças, comparações e relações, por exemplo. Assim, ele funciona como um instrumento da atividade psicológica, de maneira análoga ao papel do instrumento de trabalho. Embora se percebam de modo análogo, estes se caracterizam pela função mediadora. Ainda segundo Vygotsky (1991, p.62)

A função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade; ele é orientado externamente; deve necessariamente levar a mudanças nos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e domínio da natureza. O signo, por outro lado, não modifica em nada o objeto da operação psicológica. Constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo; o signo é orientado internamente.

A psicologia cultural “tenta explicar as experiências humanas no tempo e em ambientes sociais e culturais” (Zittoun, 2012, p. 515). Para Zittoun et al. (2013) os signos criam um campo holístico que geralmente denominados de experiência. Nesse contexto, as formas mais complexas vivenciadas são desencadeadas por signos reconhecidas socialmente, tais como por exemplo os ícones, índices e símbolos. Assim, o ser humano está cercado por signos, o que contribui para descrevermos nossas experiências por meio de instrumentos ou objetos semióticos.

Para Oliveira (1997, p. 36) “é o grupo cultural onde o indivíduo se desenvolve que lhe fornece formas de perceber e organizar o real, as quais vão constituir os instrumentos psicológicos que fazem a mediação entre o indivíduo e o mundo”. Desse modo, qualquer que seja o contexto, a semiótica enquanto linguagem se apresenta como fundamental para a representação da realidade, sendo nesse caso, um sistema básico de comunicação e interação pertencente a todos os grupos humanos, o que faz com que estes sejam reconhecidos e utilizados socialmente.

### **2.3.2 O papel da imaginação na aprendizagem**

Por enfatizar a aprendizagem dos conteúdos presentes nos livros por meio de métodos de ensino de modo unidirecional, considerando à ciência como pronta e imutável, processos de produção do conhecimento científico vem sendo objeto de pesquisa. Assim, Zittoun et al. (2011) apontam que o conhecimento não deve ser objeto de transmissão, mas sim construção, ou reconstrução, que considere os processos imaginativos como indispensáveis para propiciar uma aprendizagem significativa.

De acordo com Oliveira (1995) a ideia de aprendizado inclui a interdependência dos indivíduos envolvidos no processo, implicando a interação social. O autor interpreta Vygotsky, enfatizando que o aprendizado é um aspecto fundamental para o desenvolvimento das funções psicológicas, isto é, a imaginação, a qual é desencadeada dentro de um contexto cultural, o que caracteriza a como peculiar a natureza humana. Assim, em Vygotsky, a aprendizagem está diretamente relacionada com os processos sócio-históricos, isto é, elementos presente na própria cultura.

Com as novas demandas e implicações atuais no campo educacional e no contexto social, a imaginação se efetiva como elemento vital da aprendizagem, sendo a estrutura base para a construção de significados a partir da mobilização de processos cognitivos. Com efeito, Vygotsky (2009) foi o principal expoente na retomada dos estudos da imaginação na Psicologia, concebendo-a como a função mental superior que desempenha uma função adaptativa e faz do ser humano uma criatura orientada para o futuro, criando-o e alterando o próprio presente.

Relativamente, na realização de qualquer atividade psíquica, seja ela espontânea ou orientada pelas experiências humanas, a imaginação é a função mental responsável para desencadear as operações fundamentais para o nosso desenvolvimento. Assim, é por meio das interações, mediações e experiências diversas que orienta o desenvolvimento dessa função, visto que o produto da imaginação vai de encontro com os aspectos sociais, histórico-cultural. Como favorecimento das ações nesse contexto, requer de cada ser humano uma vivência na coletividade para ampliar a capacidade de percepções e horizontes da realidade em seu entorno.

A imaginação adquire uma função muito importante no comportamento e no desenvolvimento humano. Ela transforma-se em um meio de ampliação da experiência de um indivíduo porque, tendo por base a narração ou a descrição de outrem, ele pode imaginar o que não viu, o que não vivenciou diretamente em sua experiência pessoal. A pessoa não se restringe ao círculo e a limites estreitos de sua própria experiência, mas pode aventurar-se para além deles, assimilando, com a ajuda da imaginação, a experiência histórica ou social alheia. A imaginação é uma condição totalmente necessária a quase toda atividade mental humana (Vygotsky, 2009, p. 25).

Vygotsky (2009) aponta a imaginação como uma função mental superior fundamental para o reconhecimento do processo cognitivo, isto é, da aprendizagem. É possível presumir que imaginação é um processo cognitivo indispensável, que norteia a ação do sujeito no mundo, o que mostra que somos capazes de lidar com situações nunca vivenciadas, possibilitando lidar com situações novas, adversas e até desafiadoras.

Zittoun e Gillespie (2015, p. 2) concebem que “a imaginação é um processo social e cultural, porque, embora sejam sempre os indivíduos que imaginam, o processo de imaginação é possibilitado por artefatos sociais e culturais”. Para os autores, a imaginação promove uma expansão da experiência do sujeito por considerar a memória como construtiva e reconstrutiva nos atos e ações imaginativas.

Do ponto de vista da semiótica, Granger (1998) aponta que a concepção de imaginação está relacionada com a criação de objetos em um sistema de representação simbólica. Nesse sentido, o pensamento humano é considerado como capaz de gerar representações mentais dos elementos, habilitando o sujeito a se relacionar com o mundo por meio de signos ou construções simbólicas (Bronowski, 1998). Segundo Morin (2003, p. 24) “todo conhecimento constitui, ao mesmo tempo, uma tradução e uma reconstrução, a partir de sinais, signos, símbolos, sob a forma de representações, ideias, teorias, discursos”.

De acordo com Tateo (2015) na primeira das três teses teóricas como hipóteses gerais que auxiliam na compreensão da imaginação, aponta-a como uma função psicológica superior que elabora significados icônicos e linguísticos, a qual está relacionada com a memória e a resolução de problemas, e, portanto, desempenha um papel crucial no pensamento científico, na arte, na educação e promoção do bem-estar.

Em conformidade com Tateo (2015) a imaginação é indispensável para conduzir o comportamento orientado para o futuro, e as ações humanas estão sempre relacionadas aos processos imaginativos da reconstrução do passado em função de um futuro imaginado. Para Silva (2018) a partir de tais processos, é possível compreender a cultura como um sistema sócio-histórico ativo, no qual ocorre construção e reconstrução continuamente.

Entendendo que a aprendizagem é desencadeada por meio de um processo imaginativo, é relativo mencionar que de acordo com estudos realizados, o sujeito pode externalizar diversos significados, por meio de signos, que expressam modos de pensar um determinado conceito científico, dependendo do contexto de uso (Mortimer; Scott; Amaral; El-Hani, 2014). Com esse entendimento, a aprendizagem nessa abordagem também se caracteriza pela ampliação de modos de pensar um conceito e não pela substituição de concepções prévias pelo conhecimento científico.

Ainda para Vygotsky (2009) nas construções das ideias e conceitos das pessoas, todo significado da palavra traz consigo um ato de generalização. Em termos psicológicos, um ato de generalização é um conceito. A conquista do pensamento conceitual é longa e só se firma, de fato, na adolescência. Mas nem todo conceito é igual em termos de sua estrutura e consciência do seu uso. Por isso, Vygotsky traz em relevo os conceitos espontâneos os quais são formados pela

comunicação direta dos adolescentes/adultos com as pessoas que os rodeiam e os conceitos científicos sendo estes apropriados, normalmente, no ambiente escolar.

Na perspectiva da Psicologia Cultural Semiótica (Valsiner, 2007, 2014), o foco teórico está voltado para o estudo do ser humano, sobre as mais diversas experiências, construindo significados a partir da sua relação interdependente com o ambiente, o que se refere ao meio sócio-histórico. Valsiner (2007) sinaliza que os seres humanos estão em constante construção e reconstruindo seus mundos intrapsicológicos mediante as relações entre os materiais perceptivos e semióticos. Assim, tanto a internalização quanto a externalização são fundamentais nesse processo para analisarem paralelamente e complementarmente os materiais semióticos.

Nesse contexto, trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de entender e explicar a dinâmica da imaginação na atuação de fenômenos psicológicos. Sendo a imaginação compreendida como uma função mental superior (Tateo, 2016) e com um papel central (Zittoun *et al.*, 2013) nos processos de construção de significados, torna-a possível que no encontro de seres humanos com o ambiente ocorra o processo de atribuir valor ao objeto, por meio de aspectos específicos selecionados pelo próprio ser humano, de modo que as condições dadas possibilitem o fenômeno ocorrer.

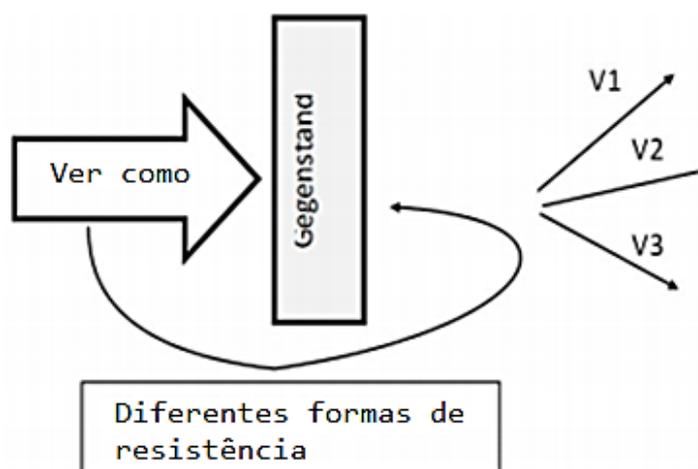
Os processos imaginativos são parte fundamental da mente (Tateo, 2015; Zittoun *et al.*, 2013). Nesse sentido, a imaginação faz parte da natureza humana, sendo importante em todas as atividades que realizamos (Tateo, 2015). É percebido que os processos imaginativos possuem importância central no estabelecimento e manutenção de nossas relações com o mundo, desempenhando uma função de auto-regulação da aprendizagem, mas também possibilitando formas de adaptação a situações desafiadoras e nunca experimentadas. Tateo (2015) com o propósito de superar uma ideia equivocada da imaginação vista apenas “como uma forma de sensação atenuada” (Tateo, 2015, p. 5), concebe a imaginação na perspectiva da psicologia cultural de dinâmica semiótica, propondo uma nova visão sobre os processos imaginativos, na qual a relação do ser humano com o ambiente é estabelecida por meio dos processos de construção de significados (orientação por metas futuras e guiadas por valores).

Com essa proposição, tomando como base os estudos de Valsiner (2014), Tateo (2015, 2017) propõe o estudo dos processos imaginativos a partir das ideias de resistência, direcionalidade e *Gegenstand*, que nos pareceram bastante úteis para nosso objeto de estudo. No entendimento de Tateo (2017) a dinâmica imaginativa requer a direção de um sujeito para significar de modo afetivo e intencional, que pode ser uma pessoa/objeto/animal/situação (*Gegenstand*). Por conseguinte, o sujeito antecipa imaginativamente as contra ações que são

denominadas de resistências desse objeto que, após significado passa a ter valor afetivo. Assim, as resistências são as múltiplas possibilidades por meio das quais, o sujeito imagina que pode se relacionar com o *Gegenstand* (ver como). Por fim, mas não menos importante, o sujeito em um movimento de prospecção ao futuro, imagina as diversas possibilidades de agir ao longo do tempo (vetores de ação).

Segundo Tateo (2017, p. 2), “ver-como” (seeing-as) é “um processo de construção de significados que transforma completamente o agente, o objeto e a relação entre eles, pelo menos temporariamente”. É importante apontar que a (Figura 9) a seguir, proposta por Tateo (2015), é uma modificação de uma figura anteriormente proposta por Valsiner (2014).

Figura 9 - Diferentes formas de resistência ao ‘ver como’.



Fonte: O Autor (2023).

Por meio da representação simplificada do que ocorre quando observamos um objeto com intencionalidade ao ‘ver como’ atribuindo significado ao objeto, tornando-o *Gegenstand*, e este apresenta resistências contra ações desencadeando possíveis diferentes vetores de ação. Tais elementos (ver como, *Gegenstand*, resistência e vetores de ação) nos permitem compreender os processos imaginativos (Tateo, 2017). E, para Tateo (2015), a imaginação é fundamental em qualquer processo de desenvolvimento, pois é por meio dela que “produzimos autorregulação, sinais abstraídos e reificados continuamente e hierarquicamente para promover ou inibir a mudança e a resistência à mudança” p. 4).

Assim, a partir do ‘ver como’ o sujeito estabelece uma relação interessante com o objeto em questão. Isso porque quando o sujeito interage com o objeto e, demonstra resistência à ação, passa a enxergá-lo de maneira distinta, mesmo que seja um objeto

<sup>1</sup>Nota: Adaptado de Tateo (2015).

inanimado, o sujeito começa a vê-lo como algo que está resistindo a sua vontade, dando significado, tornando-o o *Gegenstand* (Tateo, 2017).

Nessa visão, por exemplo, ao se analisar os tipos de vetores de ação e/ou significação na aplicação de um jogo, é possível encontrar ou identificar suas potencialidades, que se caracterizam como elemento de resistência (*Gegenstand*) que pode atuar no processo de aprendizagem.

## 2.4 ENTRELACANDO IDEIAS: JOGOS DIGITAIS, IMAGINAÇÃO E APRENDIZAGEM

Por sermos seres pensantes com nítidas capacidades de aprendizagens, estamos cotidianamente deparando com situações desafiadoras. Com esse processo natural, acredito que as metodologias de ensino inovadoras têm contribuído para os processos interativos e cooperativos de aprendizagem, propiciando mudanças significativas no comportamento dos estudantes.

Nesse estudo, o enfoque está voltado para os jogos digitais sobre a ótica dos processos imaginativos e semióticos. Como sabemos, a imaginação é uma função mental importante para o desenvolvimento humano, sem deixar de lado o processo social e histórico-cultural, os quais são fundamentais para a expansão das nossas experiências. A semiótica vem contribuir para o entendimento e construção de significados por meio de signos, facilitando assim, a comunicação. Os jogos digitais enquanto recurso educacional possibilita aos estudantes construir cenários possíveis para o processo de desenvolvimento de habilidades e de aprendizagem, o que requer dos professores capacitação e engajamento para o uso de novas tecnologias.

Ao articular os processos imaginativos e semióticos com os jogos digitais, penso que podem contribuir para a aprendizagem de forma divertida, atrativa e dinâmica. Isso parte do pressuposto que para toda ação e atuação sobre um objeto do conhecimento requer a utilização da mente, da imaginação mediante os signos (icônicos e simbólicos) fazer representações, aproximando-nos seres humanos de situações reais, presentes no cotidiano.

### 3 METODOLOGIA

Nesse trabalho, propõe-se uma abordagem qualitativa, segundo Minayo (2018, p. 143) “o foco é no entendimento da intensidade vivencial dos fatos e das relações humanas”. Para Prodanov e Freitas (2013), nesse tipo de estudo, há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, buscando explicar o porquê dos fenômenos sem a necessidade de quantificar, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, não traduzindo assim, em números. De acordo com Bogdan e Biklen (1994) a metodologia de uma pesquisa pode ser considerada qualitativa de caráter descritiva, quando os objetivos de sua investigação estão orientados principalmente na coleta exploratória descritiva de dados e na conduta observável de um determinado fenômeno.

Quanto a natureza da pesquisa é aplicada, que segundo Gil (2010) é um tipo de estudo direcionado para à obtenção de conhecimentos visando à aplicação em determinada situação ou solução de problemas específicos. Os procedimentos estão voltados para análises de estudo de caso, que é um método específico de pesquisa de campo. Estudos de campo são investigações de fenômenos que ocorrem, sem qualquer interferência significativa do investigador (Fidel, 1992).

#### 3.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA

O estudo foi realizado com um grupo de 10 estudantes, visto que é uma amostra significativa tanto em relação ao aspecto quantitativo quanto em relação as análises qualitativas. Sorteou-se para a participação da pesquisa estudantes matriculados no 2º ano do Ensino Médio, porque conforme o Currículo de Pernambuco 2021 já no 1º ano dessa mesma modalidade está programado para ser trabalhado noções de radioatividade e estrutura atômica. Também é importante ressaltar que a EREM Professor Francisco Joaquim de Barros Carreia, é uma escola pública da rede estadual de Pernambuco, localizada na cidade de Altinho, Agreste Norte, a qual que busca a democratização do ensino com a participação da comunidade, parcerias com outras instituições, assim como abertura para estagiários e trabalhos dessa natureza.

### 3.2 COLETA DE DADOS

Vale ressaltar para a coleta dados a participação dos estudantes em uma oficina sobre radioatividade, a qual foi constituída por uma aula expositiva dialogada, a utilização do jogo digital RadioLab e um questionário. Os conteúdos presentes nesse estudo serão: teoria atômica, definição sobre radioatividade; fissão e fusão nuclear; partícula alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e radiação gama ( $\gamma$ ); blindagem dos elementos radiativos; tempo de meia-vida dos elementos; fatos históricos, aplicações e questões cotidianas.

A oficina teve dois encontros com uma carga horária total de 5 horas/aulas, dividida em quartos momentos:

#### 1º momento: Questionário

Para o levantamento de concepções prévias, os estudantes responderam um questionário, o qual teve como propósito descrever o perfil conceitual dos participantes e identificar quais tipos de signos os estudantes externalizam e que representam um conhecimento prévio sobre o conceito de radioatividade. As perguntas do questionário acerca do conceito de radioatividade estão apresentadas no (Quadro 1).

Quadro 1 - Perguntas do questionário acerca da temática radioatividade.

| Nº | Questões   |
|----|--|
| 1  | Você já estudou sobre radioatividade? Como você a define?  |
| 2  | Descreva um fato histórico, uma aplicação e um exemplo cotidiano que envolva o conceito de radioatividade.   |
| 3  | Qual relação o setor econômico, as bombas de fissão nuclear e acidentes nucleares tem com a radioatividade?  |
| 4  | Você enquanto cientista, responsável por um laboratório de química que recebe radioisótopos, quais procedimentos adotaria para evitar acidentes nucleares ou radiativos? |
| 5  | Como você define as partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e radiação gama ( $\gamma$ )?   |
| 6  | O que são caixas de contenção ou blindagem de elementos radiativos?  |
| 7  | Conceitua o tempo de meia-vida dos elementos radioativos?  |

Fonte: O Autor (2023).

Assim, o objetivo desse questionário foi de analisar as diferentes respostas dadas pelos estudantes de modo a verificar as diversas maneiras de conceber seu conhecimento prévio ou

do senso comum sobre radiatividade com a finalidade de identificar como na externalização de signos pode emergir significados ou concepções acerca da temática em questão.

### **2º momento:** Aula expositiva dialogada

Nesse segundo momento, em duas aulas geminadas, teve-se uma aula expositiva dialogada com os participantes, a qual teve o propósito de expor conceitos pertencentes à temática radioatividade. Esse evento também foi constituído por uma intervenção didática sobre os conhecimentos prévios ou perfil social dos estudantes externalizados no questionário para melhor discorrer a apresentação e discussões.

De maneira antecipada, nesse segundo momento, o pesquisador solicitou aos estudantes que durante a aula estivesse com o livro didático de química relativo ao respectivo ano de ensino, para melhor discorrer a aula por meio de confronto de conceitos, ideias e concepções divergentes e convergentes. Cabe ressaltar que a aula expositiva dialogada e as discussões do estudo sobre a temática radioatividade teve como fundamentação livro *Ser Protagonista: química – Ensino Médio de Lisboa* (2016). A escolha deste livro se justifica pela sua aprovação no Programa Nacional do Livro Didático 2016 (PNLD 2016), por ser escolhido pelos professores, equipe pedagógica e, adotado pela escola.

É importante ressaltar que todos os conceitos e concepções expostas na oficina por meio dos livros didáticos, fundamenta-se nos conceitos básicos presentes no jogo digital Radio Lab. Assim, este processo de retomada teve como intuito fornecer elementos pertinentes a temática de radioatividade entre sujeito, conceitos e o jogo. E com base nessa abordagem, caminhar para formação de significados e identificação de signos presentes nas respostas dos estudantes.

### **3º momento:** Aplicação do jogo digital RadioLab

Nessa etapa, aplicou-se do jogo digital Radio Lab. Vale destacar que conceitos básicos como tempo de meia-vida, noções e contextos relacionados aos fenômenos das radiações e suas origens estão presentes no jogo. Solicitou-se antecipadamente a aula que cada participante fazer *download* do jogo gratuitamente no *Google Play Store* ou no *Apple App Store*. Após, explicitou-se as normas e regras presente no manual do jogo. Após, na aula de aplicação, permitiu-se a cada estudante iniciar o jogo. Nesse momento, além de fotos e vídeos

gravação, observações e questionamentos pontuais foram direcionados durante a aplicação, o que gerou mais coleta de dados para a pesquisa.

#### **4º momento:** Seminário (retomada do questionário)

Por conseguinte, no quarto momento, retomou-se ao questionário respondido no primeiro encontro, onde tiveram a oportunidade de responder novamente, mas dessa vez com um olhar diferente sobre os conceitos relativos à radioatividade. Isso porque, nesse quarto momento, constituiu-se de um seminário para discutir o questionário inicial e o jogo. A incumbência dos estudantes foi necessariamente relacionar as concepções prévias expostas no questionário e a abordagem conceitual presente no jogo, com questões históricas, aplicações e cotidianas sobre radioatividade. Sugeriu-se uma apresentação por meio de representações cartazes, slides ou até mesmo uma simulação.

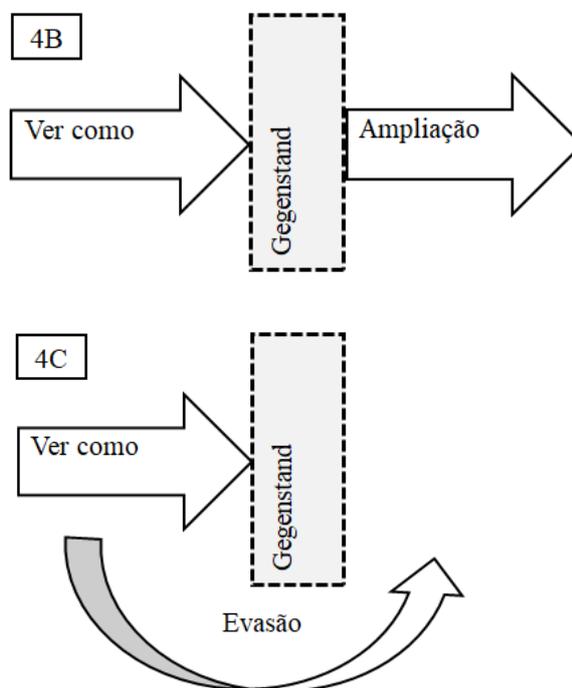
### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

A análise se dará por meio de três etapas:

- 1) Análise do questionário: classificamos as concepções prévias dos estudantes e categorizamos esses conhecimentos em insuficiente, parcialmente suficiente e suficiente em relação a literatura sobre definições acerca do conteúdo de Radioatividade;
- 2) Análise do jogo: classificamos os signos icônicos e simbólicos, segundo Peirce, presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar o processo de aprendizagem. Nessa etapa foram consideradas as concepções prévias dos estudantes acerca do conteúdo de radioatividade e o processo de construção de significados por meio da mediação do jogo a partir do papel da imaginação. Os critérios de análise das respostas externalizadas terá como base os signos da segunda tricotomia de Peirce (2008) (relação do signo com o objeto) que classifica os signos categoricamente em ícones e símbolos, se caracterizando como categorias *a priori*;
- 3) Análise do *gameplay*: Identificaremos os vetores de significação, ou seja, quais significados emergiram em movimentos imaginativos graças à mediação do jogo. Esta análise se deu a partir de uma categorização *a posteriori*, levando em conta as trocas discursivas dos estudantes durante o jogo e o seminário. Os vetores de significação se caracterizaram como os estudantes significaram o jogo vendo-o como um instrumento

de aprendizagem ao mesmo tempo que uma ferramenta lúdica (*Gegenstand*). Assim, a partir do equilíbrio entre as funções lúdica e didática do jogo Radio Lab, consideramos que os estudantes poderiam significar conceitos relacionados ao conteúdo de Radioatividade de acordo com os seguintes critérios (Tateo, 2016):

Figura 10 - Vetores de significação (*Gegenstand*).



Fonte: O Autor (2023).

- Vetor 1 - Ampliação: momentos em que o jogo foi visto como um recurso de aprendizagem e novos significados sobre radioatividade são agregados à conhecimentos pré-existentes;

- Vetor 2 – Evasão: momentos em que o jogo foi visto como um recurso lúdico tal qual um jogo no sentido *strictu sensus*, e os estudantes novos significados construídos não tiveram, necessariamente, relação com o jogo.

4) Análise do seminário: identificamos significados sobre o conteúdo de radioatividade a partir da retomada de elementos do jogo vivenciados pela *gameplay*.

<sup>2</sup>Nota: Adaptado de Tateo (2016).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentaremos, a seguir, a análise dos dados, com base nos objetivos propostos no presente estudo, a saber: classificar os signos presentes no jogo com a potencialidade de mediar o processo de aprendizagem e analisar os vetores de significação, considerando o papel da imaginação. Antes de focarmos na apresentação de tais resultados, no próximo tópico discutimos aspectos gerais da análise, no que diz respeito à relação dos estudantes com o jogo e elementos que caracterizam uma potencialidade de discussão de conceitos de radioatividade.

### 4.1 ANÁLISE GERAL

A representação do conceito de radioatividade e fenômenos correlatos expostos no questionário pelos estudantes podem ser entendidos como um objeto do mundo da química ou da física – a radioatividade, cuja característica pode ser desdobrada em signos do tipo ícone, por fazer similaridade com o objeto e é notado pelos fenômenos visuais de comportamento das radiações (micro-ondas e rádio). Enquanto o signo do tipo símbolo faz um movimento entre a figura apresentada e sua representação, o conceito é regulado pelas palavras (radiações, perigo e riscos) apresentadas no objeto gerando vetores de significações (Valsiner, 2012).

Em relação ao jogo, todas as informações desde o tutorial até os conceitos sobre radioatividade representam um signo do tipo símbolo, visto que sua configuração ocorre quando há uma relação que consiste no fato da mente associar o signo com seu objeto (Peirce, 2008). É importante ressaltar a aplicação do jogo durou aproximadamente 35 minutos e que apenas um dos participantes conseguiu completar todos os níveis, no caso, os 20 níveis.

No jogo, os radioisótopos que são denominados por “pedra radioativa”, são signos do tipo símbolo e ícone simultaneamente. Tal categorização ser observada na (Figura 11). Em sua representação, a massa, as partículas ( $\alpha$ ), ( $\beta$ ) e ( $\gamma$ ), a representação dos elementos químicos são signos do tipo símbolo. Enquanto a “pedra radioativa” deve ser considerada como signo do tipo ícone.

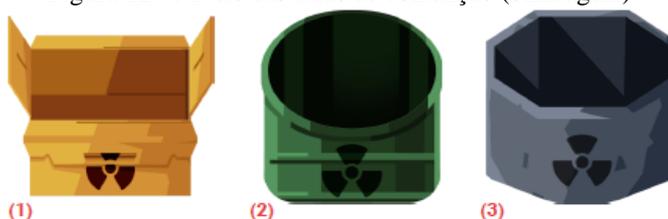
Figura 11 - Radioisótopos.



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 6).

As caixas de contenção e esteiras são signos do tipo ícone, pois sua ocorrência é quando há apenas uma relação de razão entre o signo e a coisa significada (Peirce, 2008) como mostra a (Figura 12).

Figura 12 - Níveis das caixas de contenção (blindagem).



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 6).

Ao acompanhar a aplicação do jogo, foi possível perceber que os estudantes compreenderam o tempo de meia-vida dos elementos radioativos. Para tal representação, o jogo apresenta como signo do tipo ícone um círculo amarelo ao lado de cada uma das “pedras radioativas (Figura 13)”.

Figura 13 - Círculo amarelo denota instabilidade do elemento.



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 6).

Assim, para demonstrar ao jogador a situação de estabilidade do elemento no jogo, as pedras perdem sua coloração como mostra na (Figura 14). Com efeito, como foi mencionado pelos próprios estudantes e como mostra nas imagens e vídeos durante a aplicação do estudo, sempre os elementos radioativos se estabilizavam, eram levados para o descarte na esteira, visto que esses não provocariam riscos e perigos através da emissão de radiações.

Figura 14 - Processo de estabilidade dos elementos químicos.



Fonte: Queiros *et al* (2022, p. 6).

A representação inicialmente de um círculo amarelo, o que caracteriza a instabilidade do elemento, denota a presença de um signo do tipo ícone com características de um índice, visto que guardam uma relação com o comportamento dos elementos radioativos, já que estes têm o tempo de meia-vida marcada pela perda de sua coloração para se estabilizar.

No seminário, os vetores de significações são identificados especificamente quando os estudantes expõem os conceitos de partículas alfa, beta e gama, relacionando com suas respectivas caixas de contenção dos elementos radioativos.

Com essa abordagem geral, de acordo com o que foi vivenciado durante a aplicação do estudo, percebe-se que alguns estudantes não apresentaram definições sobre radioatividade, enquanto os que responderam no questionamento sobre os fatos históricos e aplicações, a maioria citou exemplos condizentes com situações ou fenômenos reais, mostrando assim, ter conhecimento sobre o assunto. Assim, no geral, quando questionados sobre o conhecimento técnico científico, os estudantes apresentaram muitas dificuldades para responder, fugindo muitas vezes da literatura e até mesmo não conseguindo expor algum tipo de resposta. Os questionamentos que implicavam mais conhecimento prático ou questões lógicas, os estudantes mostraram saberes consonantes com o que se esperava.

É importante ressaltar que os estudantes se mostraram muito bem receptivos ao jogo, principalmente em razão da sua natureza lúdica para a abordagem dos conceitos relativos à

radioatividade. Notou-se que por ser um jogo digital também favoreceu a aceitação e o engajamento, pois atualmente os estudantes estão cada vez mais atrelados aos avanços e tendências tecnológicas. Assim, é percebido que a utilização do celular em sala de aula para fins pedagógicos é uma ferramenta interessante para propiciar situações de aprendizagens atrativas como foi considerada na aplicação do jogo Radio Lab.

Ao compararmos os resultados dos estudantes no questionário em relação aos vetores de significação expostos no seminário, é possível notar avanços significativos na qualidade das respostas. Isso pode ser identificado quando o assunto são as partículas alfa, beta e gama. Os estudantes conseguiram durante o seminário fazer definições e relacionar cada partícula com suas respectivas caixas de contenção quanto a estabilidade dos elementos e descarte.

O jogo Radio Lab é um recurso pedagógico para a abordagem de conceitos sobre radioatividade, propiciando situações de aprendizagens de maneira atrativa. Os signos presentes influenciam de maneira significativa o pensamento e as estratégias dos estudantes para a resolução de problemas. O aumento e conseqüentemente a alta radioatividade percebida pelo estudante no laboratório durante o jogo só é possível por meio de signos, e estes com efeito, influencia diretamente o entendimento e andamento do participante no jogo. Assim, quando o estudante diz que está aumentando o nível de radiação no seu laboratório e vai morrer, ele toma como pressupostos os signos do tipo ícones, isto é, o contador de radiação Geiger que indica o nível de radiação presente no laboratório. Para tal efeito, a atenção fica voltada sempre para as partículas, caixas de contenção e tempo de meia vida e estabilidade dos elementos.

#### 4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SIGNOS COM POTENCIALIDADE DE MEDIAR O PROCESSO DE APRENDIZAGEM

Os signos têm como objetivo estabelecer relações entre objeto, o contexto histórico-cultural e o sujeito. Com efeito, o caráter e conseqüentemente a classificação simbólica do signo nesse estudo é expresso por meio da apropriação de uma linguagem do mundo da química, no caso, conceitos relativos à radioatividade, identificados justamente na verbalização e descrição da atividade proposta, e é nesse aspecto que se pode enfatizar que tais significados são apresentados no nível macroscópico da química. Ao se fazer similaridade com o objeto, é notado pelos fenômenos visuais relacionados ao comportamento das radiações, estes assumem uma classificação de ícone.

Quando os estudantes no jogo recebem os elementos radioativos, direcionam para as caixas de contenção específicas, aguardam a estabilidade e, por conseguinte levam para descarte final na esteira superior, caracteriza-se como um signo do tipo índice, pois representa o comportamento ou fenômeno, indicando um certo estado das radiações, visto que os índices têm a particularidade de representar uma característica física com os seus objetos e indica sua existência (Silva, 2007).

Para Peirce (2008) quando há apenas uma relação de razão entre o signo e a coisa significada, neste caso o signo é um ícone; quando há uma relação física direta o signo é um índice; e quando há uma relação que consiste no fato da mente associar o signo com seu objeto, neste caso o signo é um símbolo.

#### **4.2.1 Análise do questionário**

As indagações levantadas no questionário sobre o conceito de radioatividade e fenômenos correlatos podem ser compreendidos como um objeto específico do mundo da química e física, visto que os conteúdos são listados nos livros didáticos de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias. Assim, as perguntas pertencentes ao questionário requerem não somente uma visão conceitual sobre a temática radioatividade, mas também de aspectos histórico-cultural e aplicações interdisciplinar, que além da Química e Física, também faz referência a Biologia.

As questões expostas são condizentes com o nível de estudo conduzido no Ensino Médio, questionamentos que geralmente são cobrados no Enem. Assim, o questionário teve como levantar concepções prévias a partir de perguntas não apenas de natureza técnico científico como estar disposto nos livros didáticos, mas sim também indagações para que eles possam transitar entre o macro e o micro, fazer representações por meio de signos do tipo símbolo e ícone. E assim, apresentar relações com saberes construídos historicamente, visto que a alfabetização e o letramento científico são necessários para o entendimento conceitual e histórico-cultural.

O (Quadro 2) a seguir mostra a categorização do conhecimento prévio, isto é, respostas ou concepções que os estudantes distanciam ou se aproximam em conformidade com a literatura. As categorias estão divididas em: resposta insuficiente e parcialmente suficiente e suficiente.

Quadro 2 - Categorização do conhecimento prévio dos estudantes.

| Estudante | Resposta insuficiente, parcialmente suficiente e suficiente |                         |                         |                         |                         |                           |                         |
|-----------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
|           | 1   | 2                       | 3                       | 4                       | 5                       | 6                         | 7                       |
| A         | Insuficiente  | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Suficiente                | Insuficiente            |
| B         | Parcialmente suficiente                                     | Suficiente              | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Insuficiente            | Suficiente                | Parcialmente suficiente |
| C         | Insuficiente  | Suficiente              | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Insuficiente            | Suficiente                | Suficiente              |
| D         | Insuficiente  | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Suficiente              | Parcialmente suficiente | Suficiente                | Insuficiente            |
| E         | Insuficiente  | Parcialmente suficiente | Insuficiente            | Insuficiente            | Insuficiente            | Insuficiente              | Parcialmente suficiente |
| F         | Insuficiente  | Suficiente              | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Insuficiente            | Suficiente                | Parcialmente suficiente |
| G         | Parcialmente suficiente                                     | Parcialmente suficiente | Suficiente              | Suficiente              | Insuficiente            | Suficiente                | Insuficiente            |
| H         | Insuficiente  | Suficiente              | Parcialmente suficiente | Suficiente              | Insuficiente            | Suficiente                | Insuficiente            |
| I         | Insuficiente  | Suficiente              | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Insuficiente            | Suficiente                | Insuficiente            |
| J         | Insuficiente  | Parcialmente suficiente | Insuficiente            | Parcialmente suficiente | Parcialmente suficiente | Parcialmente e suficiente | Insuficiente            |

Fonte: O Autor (2023).

É importante ressaltar que na (questão 1), como era esperado, a maioria dos estudantes apresentaram respostas insuficiente, divergindo quando comparadas com a literatura. Assim, esse contexto se justifica pelo fato de não terem estudado os conceitos relativos à temática radioatividade de maneira formal no espaço escolar ou em outro ambiente de construção cognitiva.

Quando questionados na questão em relação a um fato histórico, uma aplicação e um exemplo cotidiano que envolva o conceito de radioatividade, nenhum dos estudantes apresentam respostas insuficiente. Percebe-se que mesmo sem apresentarem uma concepção convergente com a literatura como foi visto na (questão 1), os estudantes possuem conhecimento prévios sobre a temática radioatividade, embora de maneira inconsciente. É nesse contexto que entra o papel do professor, criar situações de aprendizagens, potencializar a zona de desenvolvimento proximal para que possam transitar entre as concepções prévias e os novos conhecimentos e assim, fazer representações simbólicas e icônicas.

As respostas levantadas na (questão 3) sobre a relação entre o setor econômico, as bombas de fissão nuclear e acidentes nucleares tem com a radioatividade foram apresentadas com base no cenário de guerra entre Rússia e Ucrânia, visto que alguns estudantes apontaram como exemplo, colocando a radioatividade (bombas nucleares) como uma arma perigosa e ao

mesmo tempo com enorme potencial para investimentos financeiros e crescimento econômico. Nessa questão, apenas 2 estudantes apresentaram respostas insuficiente, o que mostra que quando se indaga sobre questões que estão inseridas em um determinado contexto econômico ou histórico-cultural ou uma abordagem interdisciplinar, sem requerer um conhecimento técnico, se tem mais respostas consonantes.

Na (questão 4), a minoria dos participantes levantado respostas pertinentes como se pode notar no (Quadro 3), isto é, decisões relativas sobre as medidas ou procedimentos adequados que um cientista responsável por um laboratório de química que recebe radioisótopos deve adotar para evitar acidentes nucleares ou radiativos. Esperava-se que fizessem menção ou relação com as caixas de contenção ou blindagem de elementos radiativos, mas apenas o estudante “H” mencionou tais aspectos.

Quadro 3 - Concepções prévias apresentadas por estudantes para questão 4.

| <b>Questão 4</b>   | <b>Estudante</b> | <b>Respostas</b>   |
|--|------------------|--|
| Você enquanto cientista, responsável por um laboratório de química que recebe radioisótopos, quais procedimentos adotaria para evitar acidentes nucleares ou radiativos? | A                | “Distância dos aparelhos com alta radiação, e uma proteção adequada e o uso correto dos mesmos”.   |
|  | D                | “Eu trabalharia com equipamentos de alta segurança e com muito cuidado e evitaria o contato com qualquer tipo de elemento radiativo”.  |
|  | G                | “Seria feito a separação e a isolação de cada radioisótopo com toda proteção necessária dos operários. A separação deve ser feita com uma certa agilidade/urgência para não causar danos ou acidentes nucleares”.                        |
|  | H                | “Primeiramente analisar o tipo de radioisótopo que recebi, assim, utilizar os procedimentos adequados para armazená-los, e logo depois utilizar os mesmos, usar as caixas de contenção com blindagem para eliminar os lixos radiativos”. |

Fonte: O Autor (2023).

Para esses estudantes que tiveram respostas convergentes no tocante aos procedimentos que adotaria para evitar acidentes radiativos, possivelmente por não terem estudado sobre radioatividade formalmente na escola por meio dos componentes curriculares

química e física, tiveram em algum momento seja a partir de filmes, acidentes reais como Chernobyl, Césio-137 ou assistiram algum documentário, pois são aspectos que despertam atenção, a curiosidades sobre o que se discute nessa temática.

Enquanto os estudantes que apresentaram respostas divergentes ou insuficientes conforme a categorização, pode ser porque desconhecem sobre radioatividade e não possuem mecanismos básicos para a tomada de decisões adequadas diante de um problema. Assim, isso configura possivelmente por desatenção, falta de conhecimento ou interpretação, não conseguindo fazer relações ou transitar entre os conceitos.

Como já foi mencionado, as perguntas que requer um conhecimento técnico ou uma concepção diretamente conceitual, os estudantes têm nítidas dificuldades. No (questionamento 5), foi solicitado uma definição das partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e radiação gama ( $\gamma$ ). No (Quadro 4), pode-se observar uma das perguntas que se teve mais respostas insuficiente e a única que se representou signo do tipo símbolo e ícone.

Quadro 4 - Concepções prévias apresentadas por estudantes para questão 5.

| <b>Questão 4</b>   | <b>Estudante</b> | <b>Respostas</b>   |
|--|------------------|--|
| Como você define as partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e radiação gama ( $\gamma$ ). | F                | “Alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ) são partículas que juntas revolucionam em radiação gama ( $\gamma$ )”. |
|  | I                | “São partículas que recebem esse nome para facilitar seu estudo”.  |

Fonte: O Autor (2023).

A representação icônica faz referência as radiações de frequência de rádio e micro-ondas, o que se aproxima das partículas alfa ( $\alpha$ ) por sua transmissão, comprimento de ondas, frequência e conseqüentemente capacidade de penetração em um determinado espaço, corpo ou objeto.

A (pergunta 6) apresenta uma relação importante com a (questão 4), ou pelo menos os estudantes deveriam destacar tais relações, pois quando se fala em caixas de contenção e blindagem de elementos radiativos, logicamente é relativo pensar em medidas de proteção ou procedimentos adequados para evitar acidentes relacionados as reações com elementos radiativos.

Nota-se que os estudantes levaram em consideração o sentido literal, denotativo no momento de responder o que são caixas de contenção ou blindagem de elementos radiativos, uma vez que mesmo não sabendo de fato o que é uma caixa de contensão ou blindagem nesse

contexto, foi a questão com maior quantidade de respostas suficiente ou convergente conforme a literatura. O (Quadro 5) mostra a resposta de 2 estudantes para o questionamento citado.

Quadro 5 - Concepções prévias apresentadas por estudantes para questão 6.

| <b>Questão 4</b>   | <b>Estudante</b> | <b>Respostas</b>  |
|--|------------------|---|
| O que são caixas de contenção ou blindagem de elementos radioativos? | H                | “São caixas específicas que são utilizadas para a blindagem dos elementos radioativos, pois como é algo perigoso que ameaça qualquer tipo de vida ele não pode simplesmente ser eliminado em qualquer lugar e nem qualquer modo”. |
|  | I                | “Na minha concepção seja o lugar de isolamento e armazenamento seguro. Por ser algo muito perigoso assim sendo guardado em objetos com blindagem”.  |

Fonte: O Autor (2023).

Conceituar o tempo de meia-vida dos elementos radioativos na (questão 7), foi uma daquelas perguntas de caráter técnica, conceitual. Como a maioria dos estudantes não estudaram sobre radioatividade (definição, partículas alfa, beta e gama), era de se esperar que estes apresentassem respostas insuficiente, já que são visões relativas, ou seja, mesma natureza.

Percebe-se a partir do questionário que a maioria dos estudantes apresentaram respostas que são desencadeadas por um tipo de signo que tem como especificidade a descrição, a verbalização do que é proposto, não que seja mais fácil, mas que é comumente exposta quando se pede definições ou concepções sobre algum fenômeno. Vale trazer também para essa discussão a questão cultural, isto é, as vivências metodológicas que contribui para viabilizar tais respostas.

#### **4.2.2 Análise do jogo**

O ambiente do jogo é um laboratório que recebe materiais radioativos que são oriundos dos hospitais, usinas de energia, indústria alimentícia são levados para as caixas de contenção específicas para adquirir estabilidade. É importante ressaltar que cada entrega de material vem acompanhada de uma ficha técnica. As “pedras radioativas, isto é, os radioisótopos podem ser checados conforme o símbolo do elemento, sua massa, o tipo de

partículas e suas específicas cores e formato físico. Assim, após identificadas colocadas em caixas de contenção em conformidade com o tipo de partículas para se estabilizar são levados para os descartes na esteira superior.

Para iniciar o trabalho no laboratório e ainda mais dessa natureza, é indicado e indispensável colocar os equipamentos de segurança. Por uma determinada esteira chegam os materiais que podem emitir as partículas alfa, beta e a radiação gama. Nas caixas de papelão podem ser guardadas as partículas alfa para não causar danos. Quando as partículas forem beta, a caixa de alumínio é a recomendada, pois o papelão não é capaz de blindar, proteger o laboratório e todos que estão nele presente. Mas cabe destacar que as caixas de alumínio blindam o ambiente das partículas alfa e beta. As caixas de contenção de concreto e chumbo é específica para blindar a radiação gama, já que esta emite radiação que possuem alto poder de penetração. Por isso, elas têm a capacidade de proteger contra os três tipos de emissão radioativa, isto é, alfa, beta e gama. Quando se descarta todos os radioisótopos para a esteira, também é necessário remover as caixas de contenção para avançar de nível.

Nessa perspectiva, participantes no jogo Radio Lab assumem a função de um cientista que está em um laboratório de química recebendo radioisótopos para o processo de armazenamento de rejeitos. Assim, os estudantes não têm tarefa fácil nesse espaço, visto que para terem sucesso em sua função precisam de conhecimentos básicos sobre radioatividade, ser ágeis e ao mesmo tempo prudente para colocarem os radioisótopos nas caixas de contenção específicas, isto é, de acordo com as partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e radiação gama ( $\gamma$ ). Por conseguinte, é necessário aguardar a estabilidade desses elementos radioativos para descartá-los na esteira de maneira adequada. Por fim, as caixas de contenção devem ser colocadas também na esteira superior para descarte.

Partindo desse contexto, levando em consideração o jogo e os diálogos pelos estudantes durante sua aplicação, identificamos os elementos semióticos de acordo com a segunda tricotomia (relação do signo com o seu objeto) que dividi os signos em ícones, índices e símbolos (Peirce, 2008). Posteriormente, apontamos também como os estudantes retomam esses signos durante o jogo nas trocas discursivas. Assim, aqui exemplificamos e discutimos os diálogos entre os estudantes, destacando as novas aprendizagens e/ou os vetores de significação verificados no jogo.

### 4.2.3 Classificação dos signos presentes no jogo

O Radio Lab é um jogo do tipo gerenciamento voltado para mediar a aprendizagem de conceitos, noções e contextos relacionados aos fenômenos das radiações e suas origens na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2020). Assim, o jogo por apresentar uma abordagem conceitual dessa natureza, é comum possuir elementos culturais que representem um determinado conhecimento ou concepção por meio de figuras ou imagens, que na perspectiva da semiótica peirciana se configuram como signos do tipo ícone.

Partindo desse pressuposto, com a análise do jogo e por meio da perspectiva semiótica, classificamos de acordo com os signos da segunda tricotomia que denomina os signos em símbolos, ícones e índices. A classificação dos elementos culturais presente no jogo Radio Lab, como também seus respectivos signos) estão apresentados no (Quadro 6) a seguir.

Quadro 6 - Classificação dos signos presentes no jogo.

| <b>Elementos do jogo</b>                 | <b>Tipo de signo</b>    |
|--|-------------------------|
| Emissão de radiação                      | Símbolo, ícone e índice |
| Tutorial do jogo                         | Símbolo e Ícone         |
| Pedras radioativas                       | Ícone                   |
| Esteiras                                 | Ícone                   |
| Pictograma da radioatividade             | Ícone                   |
| Círculo amarelo e preto                  | Ícone                   |
| Contador de radiação Geiger              | Ícone                   |
| Cientista no laboratório                 | Ícone                   |
| Caixas de contenção                      | Ícone                   |
| Partículas $\alpha$ , $\beta$ e $\gamma$ | Símbolo                 |
| Símbolo dos elementos químicos           | Símbolo                 |
| Massa atômica                            | Símbolo                 |
| Níveis do jogo                           | Símbolo                 |

Fonte: O Autor (2023).

O Jogo Radio Lab é uma nova ferramenta educativa que tem como propósito auxiliar o professor na mediação de conceitos relativos à radioatividade de maneira lúdica. Para conseguir engajar e propiciar as aprendizagens necessárias, o jogo apresenta um

cenário dinâmico e favorável para os participantes relacionar e transitar entre suas concepções prévias, situações cotidianas, fatos históricos, noções e contextos relacionados aos fenômenos das radiações, com os novos conceitos ou conhecimentos a serem apreendidos.

Nesse contexto, para entender as formas de linguagens do jogo, utiliza-se a semiótica que trata dos fenômenos de produção de significação e sentido utilizando signos para representar os objetos. Assim, analisando os elementos culturais do jogo com base na semiótica peirciana, verificamos que a emissão das radiações apresenta uma relação do signo com o objeto, o que estabeleceu uma classificação triádica, ou seja, signos da segunda tricotomia que são: símbolo, ícone e índice como pode observado no Quadro 5.

O tutorial do jogo apresenta representações simbólicas e icônicas. Os símbolos apresentam uma relação entre significante e significado de forma arbitrária, a partir do estabelecimento de uma relação que se torna convencional, a partir de leis, normas e convenções compartilhadas culturalmente. Assim os elementos culturais do jogo como o guia de orientação expresso por palavras, as representações dos elementos químicos e sua são exemplos de signos do tipo símbolo.

Os ícones presentes no tutorial são signos que mantêm uma relação de analogia com o seu objeto, geralmente são figuras, imagens, desenhos, que se caracterizam por apresentar uma semelhança, por imitação e independe do objeto que lhe deu origem, quer se trate a coisa real ou inexistente. É importante ressaltar que o ícone é um signo que se caracteriza não apenas por apresentar uma relação de semelhança com o objeto, mas também por guardar alguns aspectos qualitativos que se remontam ao objeto representado. Tais características podem ser encontradas conforme a perspectiva semiótica de Peirce.

Assim, partindo do pressuposto que os signos do tipo ícones apresentam uma semelhança por imitação em relação a seu objeto, analisando os elementos culturais presentes no jogo, os signos icônicos correspondem a maioria, pois além dos já identificados e mencionados anteriormente, classificamos também os seguintes elementos para essa mesma denominação: pedras radioativas; esteiras; pictograma da radioatividade; círculo amarelo e preto (instabilidade e estabilidade); contador de radiação Geiger; cientista no laboratório e caixas de contenção.

O símbolo está relacionado ao objeto através de ideias que são produzidas por meio de convenção, uma associação triádica (signo, objeto que o signo representa e o interpretante) de ideias mais gerais. Por isso mesmo, o símbolo não é uma coisa singular, mas um tipo geral. O objeto representado pelo símbolo é tão genético quanto o próprio símbolo (Santaella, 1983).

Nesse sentido, os símbolos são as palavras, os números, as equações químicas, o que vai de encontro com a representação das partículas  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , o símbolo dos elementos químicos, a massa atômica e os níveis do jogo presentes no Radio Lab.

Na perspectiva da Semiótica Peirceana, a representação é percebida como um conceito apreendido pelos sentidos, pelo pensamento, pelo pensamento ou pela função mental superior a imaginação, caracterizando nesse contexto como a “Teoria geral das representações”. Na concepção de Peirce (2005), signo é aquilo que representa algo para alguém, percebido sob algum de seus aspectos, ocupando o lugar de alguma de uma outra coisa.

A semiótica peirceana é um importante aporte teórico para o processo de produção de significados, cuja representação e percepção por meio de signos são importantes ferramentas de ensino e aprendizagem na produção de novos signos (Wartha; Rezende, 2015). Assim, a semiótica por meio de signos (símbolo, ícone e índice) é uma ferramenta que oferece condições favoráveis para se pensar e analisar e classificar minuciosamente os objetos pelos seus aspectos culturais presente no jogo.

#### **4.2.4 Identificando os vetores de significação**

Diferentemente das respostas levantadas pelos estudantes no questionário, onde a maioria das respostas se configuram como signo do tipo símbolo, é possível identificar nos diálogos durante a aplicação do jogo a menção pelos estudantes dos elementos semióticos como signo do tipo ícone. Assim, os diálogos, as conversas e as discussões dos estudantes durante a aplicação do jogo vão de encontro com tal perspectiva, visto que os signos externalizados foram identificados de acordo com os signos da segunda tricotomia que classifica os signos em ícones, índices e símbolos.

Como se percebe, são diversos os elementos culturais presentes no jogo, o que torna sua natureza lúdica e se apresente como um recurso didático que possibilita aos estudantes estabelecer relações com fatos históricos, econômicos, fenômenos e situações presentes no nosso cotidiano. Assim, as aprendizagens são oriundas de um processo tanto interno quanto externo sobre o objeto do conhecimento. Nesse contexto a internalização é o processo de análise dos materiais semióticos existentes externamente e de sua síntese sob uma nova forma dentro do domínio intrapsicológico. A internalização é sempre um processo construtivo, transformando o material externo em uma forma internamente diversa (Valsiner, 2012, p. 283). Os (Quadros 7, 8 e 9) mostram a identificação dos vetores de significação durante a aplicação do Radio Lab.

Quadro 7 - Identificação dos vetores de significação durante a aplicação do jogo.

| Diálogo durante o jogo  | Vetores de significação  | Tipo de vetor de significação | Comentários   |
|---|--|-------------------------------|---|
| <p><b>Estudante G:</b> das partículas alfa e beta tem alguma que tenho que colocar primeiro ou posso colocar qualquer uma?</p> <p><b>Estudante C:</b> algumas avisam quando estão na esteira. O item II assume uma forma na hora, podendo ser alfa, beta ou gama.</p>   | <p>- As partículas avisam quando chegam na esteira.</p> <p>- O item II assume uma forma na hora, podendo ser alfa, beta ou gama.</p>       | Ampliação                     | Percebe-se que as concepções expostas pelo estudante apresentam uma relação entre os signos. Tais respostas se apoiam nos elementos culturais, isto é, na linguagem simbólica e icônica presente no jogo, explicando de maneira clara o comportamento das partículas alfa, beta e gama ao chegar na esteira.  |
| <p><b>Estudante E:</b> esse negócio tá com a gota. Pelo amor de Deus. Depois de 20 anos tentando a fase 6 consegui.</p> <p><b>Estudante G:</b> olha aí, essa é alfa alfa, beta e alfa beta.</p> <p>Estudante E: é, esse aqui é os dois, tem que se lembrar. Aí meu Deus, que explodir aqui, vai acabar perdendo aqui.</p> | <p>- Consegui avançar de fase no jogo.</p> <p>Essa é alfa alfa, beta e alfa beta.</p> <p>- É, esse aqui é os dois, tem que se lembrar.</p> | Ampliação                     | Essa interação apresenta indícios de uma mudança conceitual. Assim, o avanço de fase possivelmente ocorreu devido a compreensão de conceitos sobre radioatividade e o entendimento da dinâmica do jogo. Percebe-se no diálogo que os estudantes identificam as partículas alfa, beta ou gama e suas respectivas caixas de contenção para a blindagem. |
| <p><b>Estudante G:</b> já pode liberar?</p> <p><b>Estudante E:</b> não pode amiga, tem que esperar, ainda falta um, tá os três, esse aqui pode, agora esse não.</p>   | <p>- Tem que esperar, ainda falta um, tá os três, esse aqui pode, agora esse não.</p>  | Evasão                        | Embora o estudante E demonstre saber o momento adequado para descartar o radioisótopo na esteira, no diálogo não é expresso algum significado novo sobre radioatividades, restringindo apenas ao momento do jogo.   |
| <p><b>Estudante C:</b> tem que ficar atenta porque as vezes eles trocam de nível, tem vez que um tá alfa e troca pra beta.</p>  | <p>- As vezes eles trocam de nível, tem vez que um tá alfa e troca pra beta.</p>   | Ampliação                     | A percepção do estudante sobre a transição de nível entre as partículas alfa e beta se configura como um vetor de significação, uma vez que ele entende o momento exato de colocar o radioisótopo na caixa de contenção.  |

Quadro 8 - Identificação dos vetores de significação durante a aplicação do jogo.

| Diálogo durante o jogo   | Vetores de significação   | Tipo de vetor de significação | Comentários  |
|--|---|-------------------------------|--|
| <p><b>Estudante H:</b> agora a radiação tá aumentando.</p> <p><b>Estudante D:</b> óia, vai explodir o laboratório.</p> <p><b>Estudante H:</b> está muito alto.</p> <p><b>Estudante I:</b> a minha também, consegui nível 14.</p> <p><b>Estudante H:</b> quando coloca o segundo está estabilizando mais rápido que o primeiro.</p> | <p>- Consegui nível 14.</p> <p>- Quando coloca o segundo está estabilizando mais rápido que o primeiro.</p>             | Evasão                        | Mesmo com a mudança de nível pelo estudante H, o que requer comumente o entendimento da dinâmica e dos aspectos cognitivos presentes no jogo. O vetor evasão se justifica porque o diálogo não apresenta conceitos de radioatividade, e sim apenas termos isolados, não configurando na ampliação ou construção de novos significados. |
| <p><b>Estudante E:</b> não sai do nível 8, que raiva, eu já explodi duas vezes.</p> <p><b>Estudante G:</b> você está trocando, quando você coloca aparece alfa e beta.</p> <p><b>Estudante C:</b> você trocou novamente.</p> <p><b>Estudante E:</b> no caso é para esse?</p> <p><b>Estudante C:</b> exatamente.</p>                | <p>- Você está trocando, quando você coloca aparece alfa e beta.</p> <p>- Você trocou novamente.</p> <p>Exatamente.</p> | Ampliação                     | A interação denota uma discussão gerada sobre a natureza das partículas foi fomentada, o que permitiu a construção de possíveis novos significados.  |

Fonte: O Autor (2023).

Quadro 9 - Identificação dos vetores de significação durante a aplicação do jogo.

| <b>Diálogo durante o jogo</b>   | <b>Vetores de significação</b>  | <b>Tipo de vetor de significação</b> | <b>Comentários</b>  |
|---|---|--------------------------------------|---|
| <p><b>Estudante F:</b> apareceu para reiniciar, o meu explodiu tanto que disse reinicie, o laboratório não aguenta [...].</p> <p><b>Estudante C:</b> tem que ser bem rápido. Eu entendo esse jogo quando aparece muito. E as caixas agora ficam misturadas, não ficam separadas.</p> <p><b>Mediador:</b> o nível de dificuldade vai aumentando.</p>   | <p>- Tem que ser bem rápido. Eu entendo esse jogo quando aparece muito.</p> <p>- As caixas agora ficam misturadas, não ficam separadas.</p> | Evasão                               | Esse diálogo se restringe ao entendimento dos procedimentos do jogo, especificamente quando aparece elementos radioativos para colocá-los de forma rápida e adequadamente nas caixas de contenção e diferenciá-las quando estão misturadas. Assim, percebe-se novamente que nada de novos significados sobre radioatividade aparece.  |
| <p><b>Mediador:</b> mudou de nível?</p> <p><b>Estudante F:</b> não. Vai explodir. Atenção, precisamos parar imediatamente.</p> <p><b>Mediador:</b> você para e retoma o jogo, você precisa de controle.</p> <p><b>Estudante C:</b> aí meu Deus, estou morrendo eu acho.</p> <p><b>Estudante F:</b> a dificuldade do jogo é se mover sozinho, ele sai da ordem. Eles têm vida própria. Consegui passar de nível. Acho que a gente tem que ter é calma.</p> | <p>- Consegui passar de nível. Acho que a gente tem que ter é calma.</p>  | Evasão                               | A interação demonstra uma mudança nível no jogo, mas sem a presença de elementos suficientes para considerar a construção de novos conhecimentos ou significados. Naturalmente o que se ver aqui é um processo característico que todo participante vivencia, o que pode diferenciar é a agilidade, refletindo no andamento do Rádio Lab. Assim, entendemos que os estudantes muitas vezes fujam dos termos relativos à radioatividade, permitindo que os elementos lúdicos se sobressaíam sobre os pedagógicos e cognitivos. |
| <p><b>Mediador:</b> gostou do jogo?</p> <p><b>Estudante I:</b> é um jogo que requer muita</p>   | <p>- É um jogo que requer muita experiência para aprender o</p>   | Evasão                               | - O diálogo gerado pelo questionamento não traz elementos que demonstre o surgimento de novos   |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| experiência para aprender o comportamento das partículas alfa, beta e gama. | comportamento das partículas alfa, beta e gama. |  | significados ou uma mudança de perfil conceitual. Embora a experiência seja relevante, o estudante o não levanta indícios de sua construção. |
|---|---|--|--|

Fonte: O Autor (2023).

É perceptível que os resultados mostram uma predominância de representações simbólicas do conhecimento químico, mais especificamente de conceitos relativos à temática radioatividade. Os signos do tipo índice apresentam uma relação de semelhança com o objeto representado (caixas de contenção e esteira), por sua vez os signos do tipo símbolos fazem um movimento entre a figura apresentada e sua representação, o conceito é regulado no jogo pelas (partículas  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , níveis do jogo) gerando significações (Valsiner, 2012). O jogo por se tratar de uma ferramenta lúdica, por dispor de diversos elementos culturais, as menções dos estudantes podem ser inseridas num contexto dicotômico, já que os vetores de significação condizem com representações tanto vista simbólicas quanto icônicas conforme o ponto de vista da semiótica.

Vale ressaltar que no diálogo durante o jogo entre os estudantes, nem sempre eles mencionam conceitos de radioatividade. Com isso, classificamos os vetores em dois tipos: ampliação e evasão. Assim, percebemos que em determinadas respostas existiram uma evasão, isto é, os elementos lúdicos se sobressaíram sobre os elementos didáticos e cognitivos. Nesse contexto, notamos que de fato os estudantes compreendem os procedimentos e a dinâmica do jogo, mas nem todos conseguem em suas resistências mostram uma ampliação de significados sobre os conceitos relativos aos fenômenos radioativos.

A falta de exploração do conceito de radioatividade em alguns casos mostra que houve dificuldades em abordarem um conceito que é transversal a outros contextos, como por exemplo ao setor econômico e aos aspectos históricos, os quais apresentam relações com o nosso cotidiano e tantos outros fenômenos do mundo da química. Tais dificuldades nos dão indícios de que para o uso eficiente dos instrumentos e ferramentas didáticas requer dos estudantes um engajamento não apenas do ponto de vista lúdico, mas cognitivo, caso contrário, os signos destacados, os objetos de aprendizagem nem sempre conseguiram promover a construção de novos significados.

Nessa perspectiva, percebemos que os elementos culturais que estão enraizados nas concepções prévias dos estudantes geralmente são fundamentais para a mediação de

elementos semióticos, mas quando eles não possuem elementos cognitivos e culturais suficientes para transitar entre o nível macro e o micro, as dificuldades são mais acentuadas, impossibilitando muitas vezes a construção de novos significados diante de um determinado objeto do conhecimento, que nesse caso especificamente é o jogo.

Cabe considerar que o processo de construção de significados é proveniente do confronto de vários contextos, nesse caso especificamente das concepções prévias levantadas no questionário, da aula expositiva, do próprio jogo e seus elementos culturais, mas que precisam ser mediados para promover a internalização dos conhecimentos para gerar novos significados e aprendizagens. A classificação do Vetor 1 em Amplificação tem sua relevância no momento que percebemos o jogo como um recurso de aprendizagem, agregando os novos significados sobre radioatividade à conhecimentos pré-existentes. Por outro lado, é importante destacar o Vetor 2, sua denominação evasão se justifica porque caracteriza momentos em que o jogo foi visto como um recurso lúdico tal qual um jogo no sentido strictu sensus, e os estudantes não externalizaram novos significados construídos em relação ao conhecimento pré-existente, isto é, por eles não mencionarem conceitos de radioatividade, entendemos que elementos lúdicos se sobressaíram sobre os elementos didáticos.

A identificação do tipo de Vetor Amplificação só foi possível devido às trocas discursivas e questionamentos gerados no decorrer da oficina e mais especificamente no jogo, por meio do confronto de novos conhecimentos com as concepções prévias. Assim, cabe ressaltar que o diálogo foi fundamental para impulsionar uma construção individual e coletiva de significados, permitindo assim, o entendimento e avanço nas compreensões sobre a relação entre as partículas radioativas ( $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ) e as caixas de contenção e conceitos relativos à radioatividade.

#### **4.3.1 Análise do seminário**

Antes da apresentação do seminário os estudantes foram separados em dois grupos. O pesquisador/mediador do estudo disponibilizou um tempo de 20 minutos e entregou alguns materiais (lápiz, régua, canetas e cartaz) para uma melhor organização e conseqüentemente exposição desse momento.

Nesse sentido, o seminário se constituiu pela produção de cartaz e por exposição dialogada entre os participantes. A comunicação oral e as representações realizadas pelos estudantes se apoiam na semiótica peirciana para compreender a natureza dos presentes nos atos imaginativos. Com efeito, os resultados mostram que as representações se configuram

como signos do tipo símbolo já que está relacionado com os aspectos linguísticos como as palavras e seus significados. E também signos do tipo ícone para as representações do cartaz realizadas pelo grupo 2 e as apresentações orais do grupo 1 e 2. Estes resultados serão mostrados nos (Quadros 10 e 11).

Quadro 10 - Conceitos sobre radioatividade expostos no cartaz do grupo 1.

| <b>Conceitos expostos no seminário</b>   | <b>Comentários</b>   |
|--|--|
| <p><b>Radioatividade:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O núcleo do átomo emite radiação;</li> <li>▪ Fissão é a divisão do núcleo;</li> <li>▪ Fusão e a junção de núcleos.</li> </ul> <p><b>Tipos contensão e radiação:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Caixa de papelão (<math>\alpha</math>) → não afeta o organismo;</li> <li>▪ Caixa de alumínio (<math>\beta</math>) → afeta a pele;</li> <li>▪ Caixa de chumbo (<math>\gamma</math>) → afeta os órgãos.</li> </ul> | <p>Como se percebe, os estudantes do grupo 1 foram pontuais nas ponderações conceituais. Como pressuposto para a construção desses significados, podemos destacar a importância do diálogo desde a aula expositiva dialogada ministrada pelo pesquisador.</p> <p>Outro fundamento que vale ressaltar é papel do jogo no auxílio das mediações e por funcionar como impulsionador de uma construção coletiva de novos conhecimentos e significados</p> <p>Assim, é nítido que os estudantes no seminário demonstraram suas aprendizagens sobre radioatividade, pois as concepções expostas vão de encontro com a literatura como pode ser notado na coluna ao lado.</p> <p>Ao compararmos o questionário prévio com o seminário é relevante frisar um avanço significativo na qualidade das respostas, se configurando no aperfeiçoamento e mudança de perfil conceitual.</p> |

Fonte: O Autor (2023).

Os resultados apresentados no seminário nos mostram como a construção de significados está relacionada com memorização de conceitos, de aspectos ou fenômenos que marcaram a química historicamente por meio da radioatividade. Assim, analisando os quatro momentos vivenciado nesse estudo (questionário, aula expositiva, jogo e seminário), as aprendizagens são evidenciadas a partir de processo de mediação e colaboração mútua, em que um sujeito tem papel ativo na imaginação, memorização e construção de significados do outro, direcionando novos conhecimentos. Para essa influência, além dos pares, perpassa também pelos recursos didáticos utilizados pelo orientador da atividade, que nesse caso, podemos destacar como relevante nesse estudo, o jogo Radio Lab.

Quadro 11 - Conceitos sobre radioatividade expostos nos cartazes do grupo 2.

| <b>Conceitos expostos no seminário</b>   | <b>Comentários</b>  |
|--|---|
| <p><b>Fatos históricos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O acidente de Thee-Mile Island;</li> <li>▪ O acidente de Chernobyl;</li> <li>▪ O acidente de Goiânia.</li> </ul> <p><b>Partículas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>\alpha</math> → alfa – sobre pequeno desvio para o lado da placa negativa;</li> <li>▪ <math>\beta</math> → beta – sofre um desvio para o lado da placa positiva;</li> <li>▪ <math>\gamma</math> → gama – a que não sofre desvio.</li> </ul> | <p>Em termos de construção de significados, cabe enfatizar novamente a importância de todo o diálogo ocorrido no estudo, desde a aula expositiva pelo pesquisador até o jogo. No questionário aplicado, solicitou-se o levantamento de um fato histórico referente a radioatividade e no seminário os estudantes apresentaram três acontecimentos sobre acidentes, mostrando assim, novas respostas e significados sobre a temática em discussão.</p> <p>Em relação as partículas, os estudantes destacaram seus comportamentos, isto é, quando submetidas as emissões radioativas a um campo elétrico ou magnético, nota-se sua subdivisão em três tipos bem distintos (<math>\alpha</math>, <math>\beta</math> e <math>\gamma</math>). Esses conceitos foram levantados durante a aula expositiva dialogada pelo pesquisador.</p> <p>Assim, percebe-se os estudantes assimilaram de uma maneira eficiente, visto que é um tipo de conhecimento que não estavam em suas estruturas cognitivas.</p> |

Fonte: O Autor (2023).

Embora a mediação docente e colaboração mútua dos estudantes por meio de um processo dialético sejam importantes para propiciar a aprendizagem, sabemos que ela pode ocorrer em outros ambientes externos a sala de aula, pois os estudantes tem à disposição diversas alternativas, isto é, uma série de informações advindas de vários contextos, fatos históricos, plataformas digitais e experiências passadas, as quais se combinam a fim de resolver demandas colocadas em sala de aula, propiciando também a construção de significados.

De uma forma geral, as transformações, elaborações, transferências e importações refletem a dinâmica de construção de significados de um conceito científico, fazendo com que, ao passar do tempo, tais significados adquiram estabilidade relativa (Valsiner, 2012), estando ou não em conformidade com o ponto de vista científico.

Como já se destacou anteriormente, os estudantes foram divididos em dois grupos de 5. Além das exposições orais durante o seminário e das representações simbólicas expressas no cartaz, um dos grupos apresentou vetores de significação por meio de signos do tipo icônicos conforme a semiótica peirceana. Tais representações podem ser observadas nas próximas três figuras.

A (Figura 15) a seguir se representa uma lâmpada, mas com um detalhe específico expresso no seu interior. Na imagem podemos destacar a representação do signo do tipo ícone, pois em sua representação os estudantes buscaram ao máximo por meio da imagem uma semelhança com o pictograma da radioatividade (Peirce, 2008).

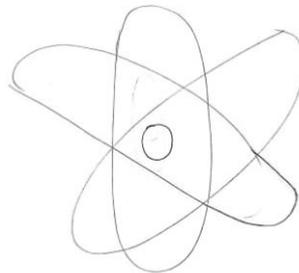
Figura 15 - Representação para a radioatividade.



Fonte: O Autor (2023).

De maneira também icônica os estudantes do mesmo grupo desenharam um modelo para o átomo, e observando suas características (núcleo e eletrosfera), mesmo não contendo elétrons ao redor do núcleo, isto é, na eletrosfera se refere ao modelo atômico de Ernest Rutherford. Assim, caracteriza-se no contexto semiótico como um signo icônico já que é um signo que se identifica por apresentar uma relação de semelhança com o objeto representado. Na (Figura 16) podemos observar a representação.

Figura 16 - Representação para o modelo atômico de Rutherford.

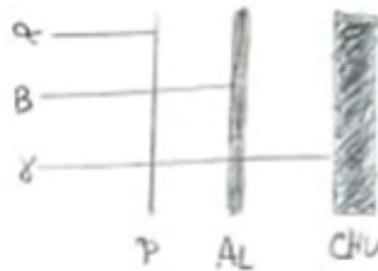


Fonte: O Autor (2023).

Em termos de construção de significados ou vetores de significação, tanto na Figura 15 quanto a 16, podemos destacar dois fenômenos que de fato possuem relação com a radioatividade. Com efeito, as lâmpadas se caracterizam como um tipo de radiação, as quais apresentam comprimento de onda e frequência. Além disso, quando Rutherford realizou seu experimento com emissão das partículas alfa, bombardeando uma lâmina de ouro, também se utilizou de fenômenos radioativos.

A (Figura 17) representa um gráfico que relaciona as partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e radiação ( $\gamma$ ) com suas respectivas caixas de contenção de papelão (P), alumínio (AL) e chumbo (CHU), as quais são utilizadas para a blindagem dos radioisótopos e conseqüentemente evitar acidentes.

Figura 17 - Representação gráfica da relação entre partículas e blindagem.



Fonte: O Autor (2023).

Na perspectiva semiótica, a representação das partículas ( $\alpha$ ), ( $\beta$ ) e ( $\gamma$ ) se caracterizam como signos do tipo símbolo, assim como as abreviações das palavras papelão, alumínio e chumbo. Além disso, desenhou-se uma placa ou folha desses respectivos materiais de contenção. Nesse caso, o signo é do tipo ícone por denotar uma relação de razão entre o signo e a coisa significada.

Diante desse contexto, identificamos e classificamos na análise os tipos de signos presentes na apresentação do seminário conforme a divisão dos estudantes em grupos. No (Quadro 12), a seguir, apresentamos o tipo de exposição conceitual e o signo correlato. [...]

Quadro 12 - Resultados do seminário quanto aos tipos de signos.

| <b>Grupo</b> | <b>Exposição conceitual</b> | <b>Tipo de Signo</b> |
|--------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>1</b>     | Cartaz                      | SÍMBOLO              |
|              | Oral                        | ÍCONE / SÍMBOLO      |
| <b>2</b>     | Cartaz                      | ÍCONE / SÍMBOLO      |
|              | Oral                        | ÍCONE / SÍMBOLO      |

Fonte: O Autor (2023).

Assim, podemos observar que o Grupo 1 no cartaz fez apenas menções simbólicas, o que caracteriza como signo do tipo signo. Nas interações e discussões durante o seminário os dois grupos fizeram representações por meio de signos do tipo ícone. Em destaque, como apresentado anteriormente os desenhos da lâmpada com o pictograma da radioatividade, o

modelo atômico de Rutherford e a representação gráfica da relação entre partículas e blindagem.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do problema de pesquisa, “como se dá o processo de construção de significados do conceito de radioatividade em estudantes do ensino médio por meio do papel da imaginação na mediação do jogo digital Radio Lab?”, percebemos que os estudantes constroem significados por meio da combinação ou confronto entre as concepções prévias e os signos já existentes no jogo. Assim, no contexto do sistema de signos disponibilizados, eles relacionam e externam elementos advindos de sua cultura, como também internalizam novos significados em função do diálogo e ação mediada em todas as etapas do estudo.

Nesse sentido, a construção de significados é favorecida quando há um diálogo entre os pares e mediação do objeto de conhecimento, promovendo o engajamento de todos os participantes no processo de ensino e aprendizagem. Nossos dados indicam que quando os estudantes externalizaram significados concernentes ao conceito de radioatividade, demonstraram elementos que caracterizavam um determinado tipo de signo (símbolo e ícone), mas havendo a predominância das representações simbólicas.

Em Vygotsky (2009), a aprendizagem está diretamente relacionada com os processos sócio-históricos, ou seja, elementos presente na própria cultura. Assim, a imaginação compreendida como uma função mental superior (Tateo, 2016) e com um papel central (Zittoun et al., 2013) nos processos de construção de significados, torna-a possível que no encontro de seres humanos com o ambiente ocorra o processo de atribuir valor ao objeto de estudo.

Com efeito, o papel da imaginação diante do jogo digital Radio Lab foi propiciar aos estudantes a transição entre o nível macro e o micro, visto que a química apresenta uma vasta gama de conceitos de natureza abstrata. Nesse contexto, as funções psicológicas elementares ou biológica são insuficientes para proporcionar a construção de significados do conhecimento químico, cabendo a imaginação (funções psicológicas superiores) dispor de elementos culturais e cognitivos para construir e ressignificar novos conhecimentos.

As concepções prévias dos estudantes verificadas por meio do questionário aplicado inicialmente indicam que os significados construídos historicamente sobre o conceito de radioatividade foram explicados de maneira superficial para os estudantes que apresentaram respostas suficiente quando comparadas com a literatura, contemplando assim, o nível macroscópico do conhecimento químico e com predominância de representações simbólicas do ponto de vista semiótico.

A aula expositiva dialogada assumiu um papel importante para intervir nas concepções prévias, pois foi um momento de confronto com conhecimentos ausentes na cultura ou estrutura cognitiva dos estudantes. Essa relevância decorre no sentido colocar os participantes em um processo de ensino e aprendizagem que teve como pressuposto o diálogo, a discussão e a mediação para promover uma construção coletiva em relação aos conceitos sobre radioatividade. Desse modo, os estudantes passaram a experienciar a construção de novos significados, mas também de ressignificação aqueles que divergentes da literatura apresentados no questionário.

Diante disso, pôde-se compreender melhor tanto a dinâmica do jogo, no que se concerne os aspectos lúdicos, quanto as questões didáticas. Assim, o jogo por apresentar um cenário dinâmico e favorável para propiciar novas aprendizagens, a partir das análises identificamos e classificamos os signos presentes no jogo digital Radio Lab. Embora esse trabalho considere segunda tricotomia de Peirce, onde um signo pode ser ícone, índice ou símbolo, destacamos em nossa classificação dois desses, o ícone e o símbolo.

Com as análises dos resultados, notamos uma predominância de representações de signo do tipo de símbolo, o qual pode ser designado como um signo cuja qualidade é a generalidade da lei, regra ou virtude que lhe é específica (Peirce, 2003). Com base nesses pressupostos, nossos os resultados indicam que as representações ou respostas apresentadas pelos estudantes é um produto cultural criado, uma relação convencionalizada na relação entre sujeito e objeto do conhecimento, o que vai de encontro com a teoria histórico-cultural de Vygotsky.

Em relação signo do tipo ícone, tem em si um caráter significativo, independentemente da existência ou não de seu objeto. Assim, este apresenta aspectos qualitativos do objeto e se caracteriza por apresentar semelhança com o objeto (Peirce, 2003). Além das menções durante o jogo, as imagens representadas em cartaz do modelo de Rutherford, o pictograma da radioatividade e uma lâmpada no seminário, configuram-se em situações reais de representação em função da semelhança com objeto do conhecimento.

Nas análises, classificamos os vetores em ampliação e evasão, visto que identificamos que no diálogo entre os estudantes durante o jogo, elementos lúdicos se sobressaindo sobre os elementos didáticos. Assim, percebemos que em determinadas respostas existiram um distanciamento em relação aos aspectos culturais e cognitivos. Com isso, o vetor de significação que foi potencializado pelo jogo como elemento de resistência (*Gegenstand*), podendo atuar no processo de aprendizagem ou construção de significados é o vetor

ampliação, visto que este se fundamenta no momento que os estudantes mencionam conceitos ou fenômenos relativos à radioatividade.

Nossos resultados nos mostram indícios de que os objetivos foram atingidos, visto que os estudantes realizaram relações conceituas em todas as etapas da oficina. Inicialmente os apresentaram concepções prévias, a aula expositiva foi marcada pela interação e por trocas discursivas que foram fundamentais para engajamento no jogo, o qual teve como uma de suas virtudes, o diálogo acompanhado pela mediação do pesquisador, dos elementos semióticos presentes no jogo. Assim, analisar ou comparar, as características das concepções dos participantes, implica dizer que houve avanço e conseqüentemente mudança no perfil conceitual, isto é, a construção de novos significados.

Valsiner (2007) sinaliza que os seres humanos estão em constante construção e reconstruindo seus mundos intrapsicológicos mediante as relações entre os materiais perceptivos e semióticos, tanto por meio da internalização quanto a externalização são fundamentais nesse processo para analisarem paralelamente e complementarmente os materiais semióticos.

Portanto como é do nosso conhecimento, a representação de conceitos químicos é comumente um desafio, dado sua natureza abstrata requer um olhar microscópico para se ter um processo de ensino e aprendizagem eficiente. Por isso, esperamos contribuir com este trabalho para uma visão mais dinâmica em sala de aula em que se leve em consideração não apenas as definições prontas ou acabadas acerca dos conceitos, mas que coloque o estudante como protagonista do processo. É necessário levantar questões desafiadoras e ao mesmo tempo atrativas para propiciar a construção e reconstrução de novos conhecimentos. Assim, acreditamos que a aprendizagem deslocamento cognitivo e cultural que só ocorre quando o sujeito apresenta uma mudança de comportamento e este é capaz de intervir na transformação de outras pessoas, mostrando nesse sentido, apropriação de um conhecimento necessário à compreensão de mundo.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L. **Games, Colaboração e Aprendizagem**. The Open University. Disponível em: [http://oer.kmi.open.ac.uk/?page\\_id=1374](http://oer.kmi.open.ac.uk/?page_id=1374). Acesso em: 11 de set. 2021.
- ALMEIDA, E. S.; TAUHATA, L. **Física Nuclear**. Editora: Guanabara Dois, 1981.
- ALVES, L. **Relações entre os jogos digitais e aprendizagem: delineando percurso**. Educação, Forma ção & Tecnologias, v. 1, n.º. 2, p. 3-10, nov. 2008. out. 2021.
- BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/10326>. Acesso em 27 de junho de 2022.
- BERNARDELLI, M.S. **Encantar para ensinar – um procedimento alternativo para o ensino de química**. In: Convenção Brasil Latino América, Congresso Brasileiro e Encontro Paranaense de Psicoterapias Corporais. 1.,4.,9., Foz do Iguaçu. Anais... Centro Reichiano, 2004. CD-ROM.
- BOGDAN, R. C. e BIKLEN, S. K. (1994) **Investigação Qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora LTDA.
- BRONOWSKI, J. **O olho visionário: ensaios sobre arte, literatura e ciência**. Brasília: Editora UnB, 1998. p.289.
- BROUGÈRE, G. **Jogo e educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- BROUGÈRE, G. **Brinquedo e cultura**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2000.
- CAILLOIS, R. **Os jogos e os homens**. Lisboa: Portugal, 1990.
- CAILLOIS, R. **Os jogos e os homens: a máscara da vertigem**. Lisboa: Cotovia, 1990.
- CAMPOS, M. C. C. Criando problemas. In: **Teoria e prática em ciências na escola: o ensino aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD. 2009. p. 49 – 61.
- CARUSO, F.; OGURI, V. **Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. p. 282-283.
- CISCATO, C. A M. et al. **Química**. 1ª ed. São Paulo: Moderna, v. 3, 2016.
- CHASSOT, A. I. Raios X e radioatividade. **Química Nova na Escola**, v. 2, n. 2, p. 19-22, 1995.
- COSTA, J.; OLIVEIRA, C.; MOREIRA, J. Ambientes informatizados de aprendizagem: **Produção e avaliação de software educativo**. Campinas: Papirus, 2001.

FABRICATORE, C. **Learning and videogames: An unexploited synergy**. Farmington Hills: Learning Development Institute, 2000.

FELTRE, R. **Química: Físico-Química**. Volume 2. 6ª edição. São Paulo: moderna, 2004.

FIDEL, R. **The case study method: a case study**, In: GLAZIER, J. D. & POWELL, R. R. **Qualitative research in information management**. Englewood, CO: Libraries Unlimited, 238p. p.37-50, 1992.

FRIEDMAN, A. **Brincar, crescer e aprender: o resgate do jogo infantil**. São Paulo: Editora Moderna, 1996.

GARCIA, M. W. **Jogo didático como estratégia complementar ao ensino de Botânica no Ensino Médio em uma escola particular de Barretos-SP**. 2010. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.

GASPARIN, J. L. **Uma Didática para uma Pedagogia Histórico-Crítica**. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

GRANGER, G. G. **Imaginação poética, imaginação científica**. Discurso. n. 29, p. 3-17, São Paulo: Discurso Editorial, 1998.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HERRERA, F. J. R. **Desenvolvimento de valores sociais na perspectiva da Psicologia Semiótica-Cultural: Um estudo com meninos brasileiros e colombianos em contexto lúdico sugestivo de violência**. Brasília, 2014, 237f. Tese (Doutorado em Processos de Desenvolvimento Humano e Saúde, na Área de Desenvolvimento Humano e Educação) – Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, 2014.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura**. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2014. 236 p.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens**. 4. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000. 162 p.

HUIZINGA, J. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. 5ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2007.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura**. 6ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2010.

HSIAO, H. **A Brief Review of Digital Games and Learning**. DIGITEL 2007, The First IEEE International Workshop on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning, 2007.

JOHNSTONE, A. H. **Macro and micro-chemistry**. The School Science Review, p. 64-377. 1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, n. 7, p. 75-83, 1991.

JOHNSTONE, A. H. The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, n. 70, p. 701-704, 1993.

JUUL, J. **The game, the player, the word**: looking for a heart of gameness. In: COPIER, M.; RAESSENS, J. (ed.). Digital games research conference proceeding. Utrecht: Utrecht University, 2003. p. 30-45. Disponível em: <http://www.jesperjuul.net/text/gameplayerworld/>. Acesso em: 07 set. 2021.

KISHIMOTO, T, M. (org). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. 10. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2007.

LOPES, M. G. **Jogos na Educação**: criar, fazer e jogar. São Paulo: Cortez, 2001.

LIMA, R. S.; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX. **Química Nova na Escola**, São Paulo, vol. 33, n. 2, p. 93-99, maio. 2011.

MARTINS, R. A. **A descoberta da radioatividade**. Campinas: [s.n.], 1998. Disponível em: <http://www.ghtc.usp.br/server/pdf/ram-59.pdf>. Acesso em: 29 janeiro. 2022.

MEDEIROS, M. A.; LOBATO, A. C. Contextualizando a abordagem de radiações no ensino de química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, p. 65-84, 2010.

MINAYO, M. C. S.; COSTA, A. P. Fundamentos teóricos das técnicas de investigação qualitativa. **Revista Lusófona de Educação**, v. 40, n. 40, p. 139-153. 2018.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14ª edição. São Paulo: Editora Hucitec, 2015.

MOITA, F. M. G. S. C. **Game on**: Jogos eletrônicos na escola e na vida da geração. São Paulo: Editora Alínea, 2007.

MOITA, F. M. G. S. C. **Game on: Jogos eletrônicos na escola e na vida da geração**. São Paulo: Editora Alínea, 2007.

MONEREO, C.; POZO, J. I. O aluno em ambientes virtuais. Em COLL, C.; MONEREO, C. e cols. **Psicologia da Educação Virtual. Aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação**. Porto Alegre: ARTMED.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Tradução Eloá Jacobina. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MORTIMER, E. F. et al. Conceptual Profiles: Theoretical - Methodological Bases of a Research Program, 2014. Em: E.F. Mortimer; C.N. El-Hani, (Orgs.), **A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts Series: Contemporary Trends and Issues in Science Education**. Hollanda: Springer. 42, XVII, 330 p.

NASCIMENTO, F. G. M.; COSTA, T. R. **O Uso do Scrath no Ensino de Química**: uma possibilidade par ao ensino de Hidrocarbonetos. Artigo Científico. I Semana do MPECIM. UFAC/AC. Rio Branco, 2017.

NIEMEYER, Lucy. **Elementos de Semiótica aplicados ao design**. Rio de Janeiro: 2AB, 2003.

NÖTH, W. **Panorama da Semiótica: de Platão a Pierce**. São Paulo: Annablume, 2009.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 1995.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky, Aprendizado e Desenvolvimento: Um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1997.

PASSOS, C. R. S. et al. Radioatividade em Foco: o que os estudantes do ensino médio pensam/sabem sobre o tema? ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA - ENEQ, 18., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: 2016.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. 4ª ed., São Paulo: Perspectiva, 2005.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. Tradução José Teixeira Coelho Netto. 8ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2005. Título original: *The Collected Papers of Charles Sanders Peirce* (Coleção Estudos, Semiótica, nº 46).

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. 4ª ed., São Paulo: Perspectiva, 2008.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em Ciências. **Ciências & Educação**, v. 18, n.1, p. 23-39, 2012.

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança: imitação, jogo, sonho, imagem e representação**. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.

PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia**. Trad. Por Dirceu Accioly Lindoso e Rosa Maria Ribeiro da Silva. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1976.

PRIETO, L. M. et al. **Uso das Tecnologias Digitais em Atividades Didáticas nas Séries Iniciais**. Novas tecnologias na educação, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p.1-11, maio 2005.

PRENSKY, M. **Digital Game-Based Learning**, McGraw-Hill, 2001.

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

QUEIROS, L. M. et al. **RadioLab: guia didático-pedagógico**. Beatriz Gondim (Ilustradora), Laura Guedes (Ilustradora), Olívia Queiroga (Ilustradora) – Recife: Pipa Comunicação, 2022.

RAMOS, D. K. **Jogos cognitivos eletrônicos: contribuições à aprendizagem no contexto escolar**. Ciências & Cognição, 2013, 19-32 p.

RIBEIRO, R. A. **Utilização da tecnologia da informação na educação pública em Santa Catarina**. 2014. 39f. Monografia (Especialização em Gestão da Tecnologia da Informação) - Curso De Pós-Graduação Em Gestão Da Tecnologia Da Informação, Universidade Alto Vale Do Rio Do Peixe, Caçador, 2014.

ROLIM, A. A. M.; GUERRA, S. S. F.; TASSIGNY, M. M. Uma leitura de Vygotsky sobre o brincar na aprendizagem e no desenvolvimento infantil. **Rev. Humanidades**, Fortaleza, v. 23, n. 2, p. 176-180, jul./dez. 2008.

SCHUYTEMA, P. **Design de games: uma abordagem prática**. São Paulo: Cengage Learning. p. 447, 2008.

SQUIRE, K. **Video games in education**. *Games & Simulation*, 2(1), 49-62, 2003.

SANTAELLA, L. **A teoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas**. São Paulo: Pioneira, 2004.

SANTAELLA, L. **O que é a Semiótica**. Coleção Pequenos Passos: 103 - Editora Brasiliense, 1983.

SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F.; DE ALMEIDA, M. A. V. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**. Volume 10, ago – dez 2013, p.46 – 61.

SILVA, J. R. R. T. **Memória e Aprendizagem: construção de significados sobre o conceito de substância química**. 2018. 225 f. Tese (Doutorado em Psicologia Cognitiva) - Curso de Pós-graduação em Psicologia Cognitiva, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SILVA, J. R. R. T. **Substância Química: a história de um devir**. Curitiba: Appris, 2017. 99p.

SILVA, J. G. **Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre a representação estrutural em química**. São Paulo, 2007. 172p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Educação, 2007.

SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais. **Amazônia Revista de Educação em Ciências e Matemática**. v.10 (19), ago-dez 2013. p. 46-61.

SOUZA, K. A. F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX**. 2012. São Paulo, 2012. 189f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, 2012.

TATEO, L. Just an Illusion? Imagination as Higher Mental Function. **Psychology & Psychotherapy**, vol. 5, n. 6, 2015. Acessado em 16/01/2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0487.1000216>.

TATEO, L. What Imagination Can Teach us about Higher Mental Functions. In: VALSINER, J. et al. (Eds). **Psychology as the Science of Human Being: The Yokahoma Manifesto**. Switzerland: Springer, cap. 10, 2016.

TATEO, L. **Just an Illusion? Imagination as Higher Mental Function**. Psychology & Psychotherapy, 2015b.

TATEO, L. **Seeing Imagination as Resistance and Resistance as Imagination**. In Resistance in Everyday Life. Aalborg University, Dinmark, 2017.

VALÉRIO, T. A. M.; LYRA, M. C. D. P. Significados Ambivalentes no Processo de Adoção: Um Estudo de Caso. **Revista Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 21, n. 2, p. 337-348, 2016.

VANEATON, G., CLARK, D., & SMITH, B. **Patterns of physics reasoning in face-to-face and online forum collaboration around a digital game**. International Journal of Education in Mathematics Science and Technology, 3(1), 1-13, 2015.

VALSINER, J. **Culture in minds and societies**. Foundations of Cultural Psychology, Sage Publications, 2007.

VALSINER, J. **Culture and human development: an introduction**. London: Sage, 2000.

VALSINER, J. **Fundamentos da psicologia cultural: mundos da mente, mundos da vida**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

VALSINER, J. **An invitation to cultural psychology**. London: Sage, 2014.

VANZELLA, L. C. G. **O jogo da vida: usos e significações**. Tese de doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

VIGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Tradução de Maria da Penha Villalobos. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1988. p. 103-117.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. 6ª edição. Trad. José Cipolla Neto, Luis S. M. Barreto e Solange C. Afeche. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, L. S. “**Concrete Human Psychology**”. Soviet Psychology. 1989, XXII, vol. 2, p. 53-77.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

VYGOTSKY, L. **Imaginação e criação na infância**. São Paulo: Ática, 2009.

- VYGOTSKY, L. **Psicologia pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.
- VYGOTSKY, L. **Obras Escogidas**. Tomo III. Madrid: Visor, 1995.
- VYGOTSKY, L. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- VIGOTSKI, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- VIGOTSKI, L. S. **Psicologia Pedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- ZITTOUN, T. et al. **Melodies of living: Developmental science of human life course**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- ZITTOUN, T. Life-course: a social-cultural perspective. In: J. Valsiner (Ed.). **The Oxford Handbook of Culture and Psychology**. New York: Oxford University Press, 2012.
- ZITTOUN, T. et al. **Melodies of living: Developmental science of the human life course**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013.
- ZITTOUN, T. et al. **Melodies of living: Developmental science of the human life course**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013.
- ZITTOUN, T.; GILLESPIE, A. **Imagination in Human and Cultural Development**. London: Routledge, 2015.
- WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências – V16(2)**, pp. 275-290, 2011.
- WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 21, n. 1, p.49-64, 2015.

**APÊNDICE A - PLANEJAMENTO DA OFICINA/COLETA DE DADOS****UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO****CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE****PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA**

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva

Orientando: José Tatiano da Silva

**PLANEJAMENTO DA OFICINA/COLETA DE DADOS**

CARUARU

2022

|  |
|--|
| <b>1. Tema da oficina:</b> Radioatividade  |
| <b>2. Carga horária:</b> 5 horas/aulas   |
| <b>3. Conteúdos:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Definição sobre radioatividade;</li><li>• Blindagem dos elementos radiativos;</li><li>• Partículas alfa (<math>\alpha</math>), beta (<math>\beta</math>) e radiação gama (<math>\gamma</math>);</li><li>• Tempo de meia-vida dos elementos;</li><li>• Fatos históricos, aplicações e questões cotidianas.</li></ul>   |
| <b>4. Objetivos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Levantar dos estudantes concepções, conceitos básicos, fatos históricos, aplicações e situações cotidianas sobre radioatividade;</li><li>• Apresentar e discutir por meio de aula expositiva dialogada questões conceituais inerentes a temática radioatividade;</li><li>• Aplicar o Jogo Digital Radio Lab;</li><li>• Coletar dados para classificar os signos icônicos, simbólicos e analisar quais os tipos de vetores de significação são potencializados pelo jogo..</li></ul>  |
| <b>5. Metodologia</b> <p><b>1º momento:</b> levantamento de concepções prévias dos estudantes por meio de um questionário diagnóstico;</p> <p><b>2º momento:</b> Aula expositiva dialogada para apresentar e discutir os principais conceitos, fatos históricos e aplicações concernentes a temática radioatividade e intervenção didática sobre os conhecimentos prévios dos estudantes externalizados no questionário;</p> <p><b>3º momento:</b> O <i>download</i> será previamente realizado na loja do <i>Google Play Store</i>, nessa etapa ocorrerá a aplicação do jogo digital Radio Lab;</p> <p><b>4º momento:</b> Seminário (retomada do questionário e do jogo). A proposta tem como objetivo propiciar aos estudantes um momento para expor e discutir suas aprendizagens, para relacionarem as concepções prévias expostas no questionário e a abordagem conceitual presente jogo. Como sugestão, as apresentações ocorreram por meio de cartazes e/ou slides.</p> |
| <b>6. Recursos didáticos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Quadro;</li><li>• Lápis;</li><li>• Datashow;</li><li>• Jogo Digital Radio Lab.</li></ul>  |
| <b>7. Avaliação</b>  |

A avaliação ocorrerá de maneira contínua através de observações de comportamentos dos estudantes:

- Resolução de questionário;
- Interação e respostas aos questionamentos a aula expositiva dialogada;
- Participação no Jogo Digital Radio Lab;
- Envolvimento no seminário.

## 8. Referências

FELTRE, R. Química: **Físico-Química**. Volume 2. 6ª edição. São Paulo: moderna, 2004.

LISBOA, J. C. F. Ser protagonista: **química**, 2º ano – Ensino Médio. 3ª edição. São Paulo: Edições SM, 2016.

QUEIROS, L. M. et al. **RadioLab: guia didático-pedagógico**. Beatriz Gondim (Ilustradora), Laura Guedes (Ilustradora), Olívia Queiroga (Ilustradora) – Recife: Pipa Comunicação, 2022.

**APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO APRESENTADO AOS ESTUDANTES PARA  
LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

ORIENTADOR:

PROF. DR. JOÃO ROBERTO RATIS TENÓRIO DA SILVA

MESTRANDO RESPONSÁVEL PELA PESQUISA:

JOSÉ TATIANO DA SILVA

Nome completo: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Gênero: ( ) Masculino ( ) Feminino

Questionário apresentado aos estudantes para levantamento das concepções prévias acerca da temática radioatividade:

1º) Você já estudou sobre radioatividade? Como você a define?

---

---

---

2º) Descreva um fato histórico, uma aplicação e um exemplo cotidiano que envolva o conceito de radioatividade.

---

---

---

---

**3º)** Qual relação o setor econômico, as bombas de fissão nuclear e acidentes nucleares tem com a radioatividade?

---

---

---

---

**4º)** Você enquanto cientista, responsável por um laboratório de química que recebe radioisótopos, quais procedimentos adotaria para evitar acidentes nucleares ou radiativos?

---

---

---

---

**5º)** Como você define as partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e radiação gama ( $\gamma$ )?

---

---

---

---

**6º)** O que são caixas de contenção ou blindagem de elementos radiativos?

---

---

---

---

**7º)** Conceitua o tempo de meia-vida dos elementos radioativos?

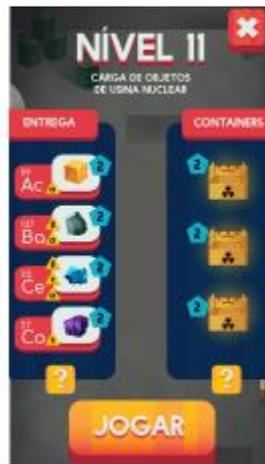
---

---

---

---

## APÊNDICE C - JOGO DIGITAL RADIO LAB APRESENTADO E APLICADO AOS ESTUDANTES PARA COLETA DE DADOS



(1)



(2)



(3)



## APÊNDICE D - TRANSCRIÇÃO DAS FALAS DOS ESTUDANTES DURANTE A APLICAÇÃO DO JOGO E DA APRESENTAÇÃO DO SEMINÁRIO

### ▪ Diálogo durante o jogo

**Estudante G:** das partículas alfa e beta tem alguma que tenho que colocar primeiro ou posso colocar qualquer uma?

**Estudante C:** algumas avisam quando estão na esteira. O item que II assumem uma forma na hora, podendo ser alfa, beta ou gama.

**Estudante E:** Esse negócio tá com a gota. Pelo amor de Deus. Depois de 20 anos tentando a fase 6 consegui.

**Estudante G:** Olha aí, essa é alfa alfa, beta e alfa beta.

**Estudante E:** É, esse aqui é os dois, tem que se lembrar. Aí meu Deus, que explodir aqui, vai acabar perdendo aqui.

**Estudante G:** Já pode liberar.

**Estudante E:** não pode amiga, tem que esperar, ainda falta um, tá os três, esse aqui pode, agora esse não. Bora meu filho, agilize aí.

**Pesquisador:** tudo trabalho por aqui?

**Estudante C:** quando a pessoa pega o jeito fica mais de boa.

**Estudante E:** tá nada de bom aqui não.

**Estudante C:** tem que ficar atenta porque as vezes eles trocam de nível, tem vez que um tá alfa e troca pra beta.

**Estudante F:** e agora, não tem mais espaços, não tem mais caixas?

**Pesquisador:** se o elemento está estável você descarta.

**Estudante F:** mas tem que esperar todos estabilizar?

**Mediador:** não, você pode antecipar os que já estão estáveis.

**Estudante B:** peguei as manhas em Tatiano. Acho que não vai da tempo e agora?

**Pesquisador:** o nível de radiação está aumentando.

**Estudante B:** estou ficando sem tempo e agora Tatiano? Vou morrer, olha onde já está, não tem espaço, foi no foi?

**Pesquisador:** conseguiu.

**Estudante B:** mas quase morri. Vou ser rápida agora. Entendi, peguei as manhas.

**Pesquisador:** ver as caixas de contenção, são de acordo com o elemento radiativo. Lembrando que na caixa de papelão só pode colocar o elemento radiativo que emitem partículas alfa.

**Estudante B:** e agora tá doido.

**Pesquisador:** está aumentando o nível de radiação no seu laboratório.

**Estudante B:** e eu vou morrer né?

**Estudante F:** Tu disse eu aprendi as manhas.

**Estudante B:** aprendi mais não, o negócio fica rodando, não tem mais espaços.

**Pesquisador:** você descarta o elemento que já está estabilizado.

**Estudante B:** acho que morri, eu morri?

**Pesquisador:** ainda não. Ver se tem algum elemento na esteira.

**Estudante B:** eita aqui, nem vi. Quase morri de novo, estou ruim.

**Pesquisador:** mas você vai pegando a prática.

**Estudante F:** não, ixi, deu tudo errado.

**Pesquisador:** o que deu errado?

**Estudante F:** tem um monte na esteira, tem um monte solto.

**Estudante H:** agora a radiação tá aumentando.

**Estudante D:** óia, vai explodir o laboratório.

**Estudante H:** está muito alto.

**Estudante I:** a minha também.

**Estudante H:** deu errado na radiação.

**Estudante I:** consegui, nível 14.

**Estudante H:** quando coloca o segundo está estabilizando mais rápido que o primeiro.

**Estudante D:** eita gora, vai explodir o laboratório, hum vai explodir o laboratório.

**Pesquisador:** qual o próximo nível.

**Estudante D:** eu estou no 6.

**Estudante H:** 8.

**Estudante I:** nível 17 agora.

**Estudante E:** não sai do nível 8, que raiva, eu já explodi duas vezes.

**Estudante G:** você está trocando, quando você coloca aparece alfa e beta.

**Estudante C:** você trocou novamente.

**Estudante E:** no caso é para esse?

**Estudante C:** exatamente.

**Estudante F:** apareceu para reiniciar, o meu explodiu tanto que disse reinicie, o laboratório não aguenta mais, não aguenta mais, não aguenta mais. Nunca vi isso não, vou desistir. Olha isso, duas estrelas, isso é uma tristeza, vou voltar. Mas sério, vai chegar um ponto que

ele vai pedir para reiniciar. Vamos ver daqui para frente. Chega muito ao mesmo tempo.

**Estudante C:** tem que ser bem rápido. Eu entendo esse jogo quando aparece muito. E as caixas agora ficam misturadas, não ficam separadas.

**Pesquisador:** o nível de dificuldade vai aumentando.

**Estudante C:** é, aí fica complicado.

**Estudante F:** ixi que loucura, calma eu preciso. Tem dois aqui, tem dois aqui, o que aconteceu, vai explodir, eu desisto, ainda estou tentando (o aplicativo pediu para reiniciar o nível, muita radiação no laboratório).

**Pesquisador:** mudou de nível?

**Estudante F:** não. Vai explodir. Atenção, precisamos parar imediatamente.

**Pesquisador:** você para e retoma o jogo, você precisa de controle.

**Estudante C:** aí meu Deus, estou morrendo eu acho.

**Estudante F:** a dificuldade do jogo é se mover sozinho, ele sai da ordem. Eles tem vida própria. Consegui passar de nível. Acho que a gente tem que ter é calma.

**Pesquisador:** gostou do jogo?

**Estudante I:** é um jogo que requer muita experiência para aprender o comportamento das partículas alfa, beta e gama.

#### ▪ Diálogo durante o jogo

| Grupo 1  |   |
|--|---|
| Perguntas  | Respostas   |
| <b>Pesquisador:</b> como foi o questionário? tiveram dificuldades?                                   | <b>Estudante C:</b> senti um pouco de dificuldade no <b>questionário</b> , sabia de algumas coisas em outros contextos. A parte da meia-vida eu tinha visto um vídeo que falava que para saber o tempo de vida de cada fóssil eles viam o tempo de meia-vida de um elemento químico que é o mesmo, só que no caso da radioatividade usa um termo pouco diferente. |
| <b>Pesquisador:</b> em relação ao jogo, foi possível aperfeiçoar os conceitos a partir do seminário? | <b>Estudante C:</b> sim, o jogo mostra bem a transição do tempo de meia-vida dos elementos que emitem partículas alfa, beta e gama.<br><b>Estudante G:</b> há um certo tempo que temos para colocar o elemento radiativo na caixa, se não vai emitir  |

|   |   |
|---|---|
|   | um nível de radiação maior.   |
| <b>Pesquisador:</b> o que vocês entenderam sobre radioatividade?  | <b>Estudante C:</b> na radioatividade, a radiação vem do núcleo, aí tem dois contextos que é o de fissão e fusão. Fissão é a divisão do núcleo e a fusão é junção de dois núcleos para formar um núcleo maior. Um elemento pode passar por vários níveis de radiação. Tem a alfa que não afeta o organismo, a beta que afeta a pele e tem a gama que afeta os órgãos internos. A forma de conter esses tipos é: a <b>caixa de papelão</b> serve para conter partícula alfa que é mais fraca, a de <b>alumínio</b> serve tanto para alfa como para beta, só que é mais forte que o papelão já que pode suportar. Já a <b>caixa de chumbo</b> contém a gama que é um elemento mais pesado que emite muita radiação. |
| <b>Pesquisador:</b> vocês enquanto cientista no laboratório, mesmo sendo pelo aplicativo, como vocês se sentiram?         | <b>Estudante C:</b> bem tenso, tem que estar atento, pensa que não vai da tempo.<br><b>Estudante G:</b> meio estressante, ficamos com medo, vai explodir, tem que colocar no lugar certo.<br><b>Estudante E:</b> tem que ter todo cuidado.  |
| <b>Pesquisador:</b> vocês descartavam os elementos químicos a cada estabilidade ou esperavam que todos ficassem estáveis? | <b>Estudante C:</b> já levava para esteira, para prevenir.<br><b>Estudante G:</b> acabou o processo já levava para esteira, porque tinha outros elementos esperando.  |

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### ▪ Diálogo durante o seminário

| Grupo 2  |   |
|--|---|
| Perguntas  | Respostas   |
| <b>Pesquisador:</b> o que vocês entenderam sobre radioatividade? | <b>Estudante I:</b> a radioatividade é formada por partículas <b>alfa</b> que sofre um pequeno desvio para a placa negativa, <b>beta</b> sofre pequeno desvio para a placa positiva e a <b>gama</b> que não sofre desvio para nenhum lado. Eu fiz a representação de um gráfico, que a alfa |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>fica estável a partir da caixa de papelão, podendo ficar estável na caixa de papelão, alumínio e chumbo. A beta fica estável na caixa de alumínio e chumbo, a caixa de papelão não se encaixa mais, porque ela é mais elevada do que o alfa. E a gama só fica estável na caixa de chumbo. Se ela fica armazenada na caixa de papelão e alumínio ela pode infectar o meio ambiente, causar uma explosão, no caso até morte aos seres vivos.</p> <p><b>Estudante B:</b> É importante também citar a energia nuclear, justamente por ela ser bem mais barata e poder encontrar nos elementos da natureza.</p> |
| <p><b>Pesquisador:</b> o que vocês podem falar sobre essas representações (ícones/símbolos) no cartaz.</p> | <p><b>Estudante I:</b> aqui é o símbolo da radiação. Esse outro é o modelo de Rutherford. E essas são as partículas <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> e <math>\gamma</math>.</p>  |
| <p><b>Pesquisador:</b> sobre os fatos históricos.</p>  | <p><b>Estudante D:</b> aí como a gente sabe, os elementos radiativos são muito perigosos e a gente não sabia trabalhar com eles, pois podem causar acidentes e como fatos históricos tem o acidente da Island, o acidente de Chernobyl acho que a maioria conhece, e acidente de Goiânia aqui no Brasil.</p>  |
| <p><b>Pesquisador:</b> sobre o jogo.</p>   | <p><b>Estudante D:</b> as partículas alfas são blindadas na caixa de papelão porque é uma radiação mais estável e não causa tanto perigo quanto as partículas beta e gama.</p> <p><b>Estudante B:</b> a partícula gama já libera muita radioatividade e daí precisa colocar num espaço, numa caixa mais resistente, no caso a de chumbo que é para não passar radioatividade para outras pessoas e o meio ambiente.</p>   |

## ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIMENTO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

E MATEMÁTICA

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS ESTUDANTES

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa "**O JOGO DIGITAL RADIO LAB COMO MEDIADOR NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE: UM ESTUDO A PARTIR DA IMAGINAÇÃO**", que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) José Tatiano da Silva, residente na Rua Flor de Angelim, nº 208, Bloco A, apto 605, Bairro: Manoel Bezerra Lopes, Cidade: Caruaru, CEP: 55025-065, Estado: Pernambuco – TELEFONE: (81)995003656. *Email:* [tatiano.silva@ufpe.br](mailto:tatiano.silva@ufpe.br).

Também participa desta pesquisa o pesquisador: João Roberto Ratis Tenório da Silva, Telefone para contato: (81) 9.9660-4544, *E-mail:* [joao.ratis@ufpe.br](mailto:joao.ratis@ufpe.br).

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O (a) senhor (a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade. **INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

**Descrição da pesquisa e esclarecimento da participação:** Esta pesquisa tem a finalidade de contribuir no processo de ensino e aprendizagem entre professores e estudantes com a utilização de metodologias ativas nas aulas de Química Ensino Médio. Assim, visa colaborar de maneira prazerosa por meios de um Jogo Digital. Seu objetivo "é analisar o processo de construção de significados do conteúdo de Radioatividade por meio da mediação do jogo digital Radio Lab a partir do papel da imaginação". O estudo será direcionado para um grupo de 10 estudantes, com idade entre 15 e 17 anos, os quais estão matriculados no 2º ano do Ensino Médio da EREM Professor Francisco Joaquim de Barros Carreira, escola pública da rede estadual de Pernambuco, localizada na cidade de Altinho, Agreste Norte. A nossa pesquisa irá se orientar pelos seguintes procedimentos: oficina sobre radioatividade, a qual será constituída por uma aula expositiva dialogada e em seguida aplicação do jogo digital Radio Lab; registros serão realizados em áudio, vídeo e fotografias durante toda oficina. A finalidade do uso dos registros em áudio, vídeos e fotografias serão para fins de pesquisa e também serão objetos de divulgação/publicação científica. Outros instrumentos de coleta também serão utilizados como questionário e entrevistas. A análise de dados ocorrerá a partir de um processo dinâmico de classificação dos signos icônicos e simbólicos, segundo Peirce, presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar o processo de aprendizagem. Solicito que assinem um documento que dá o consentimento de sua participação.

• **Riscos:** Por realizarmos esta pesquisa em um ambiente público, de diversidade cultural e social, lidando com seres humanos, estamos cientes de que alguns riscos poderão surgir, como: ansiedade, incômodos, desejo de desistir, ter medo de serem expostos/as, e preocupação dos dados serem divulgados ou vazados. Entretanto, antes mesmo de iniciar a coleta dos dados realizaremos algumas atividades como: apresentar a proposta da pesquisa, os meios de segurança, sua finalidade, encontros individuais e em grupos, a fim de proporcionar momentos de interação, confiança e um diálogo seguro como formar de prevenir ou evitar riscos.

• **Benefícios:** Consciente da fundamental importância que a nossa pesquisa apresenta para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos, a qual será desenvolvida de maneira gradativa a partir de ações interativas entre pesquisador e participantes, considerando concepções prévias como imprescindíveis para construção e ampliação dos novos conhecimentos em discussão, buscaremos fortalecer de maneira contributiva as novas informações que serão essenciais para o pleno, propiciando assim, aos estudantes situações de aprendizagens para que possam superar as dificuldades e desafios encontrados no seu cotidiano.

Ressaltamos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa serão por meio de uma oficina, a qual será filmada em e gravada em voz, por conseguinte transcrita. Outros instrumentos de coleta também podem ser usados como questionário e entrevistas. A filmagem da oficina, a gravação e fotografias ficarão armazenados em um Pendrive e estará de posse do pesquisador principal: José Tatiano da Silva, ficando guardado no endereço do pesquisador principal que fica à Rua Flor de Angelim, nº 208, Bloco A, Apto 605, Bairro: Manoel Bezerra Lopes, Cidade: Caruaru, CEP: 55025-065, Estado: Pernambuco. As informações coletadas só poderão ser divulgadas exclusivamente a partir de eventos técnicos e científicos, como também em públicos com este mesmo caráter. Os dados pessoais dos entrevistados não serão revelados, mantendo-se de forma sigilosa no período de 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (**Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: [cephumanos.ufpe@ufpe.br](mailto:cephumanos.ufpe@ufpe.br)**).

---

José Tatiano da Silva

### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo \_\_\_\_\_ (colocar o nome completo da pesquisa) \_\_\_\_\_, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento).

Local e data \_\_\_\_\_

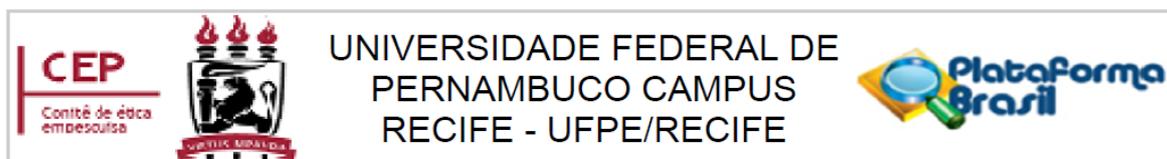
Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

|                                    |
|------------------------------------|
| Impressão<br>digital<br>(opcional) |
|------------------------------------|

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar.** (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

|             |             |
|-------------|-------------|
| Nome:       | Nome:       |
| Assinatura: | Assinatura: |

## ANEXO B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** O JOGO DIGITAL RADIO LAB COMO MEDIADOR NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE: UM ESTUDO A PARTIR DA IMAGINAÇÃO

**Pesquisador:** José Tatiano da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 65978522.7.0000.5208

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

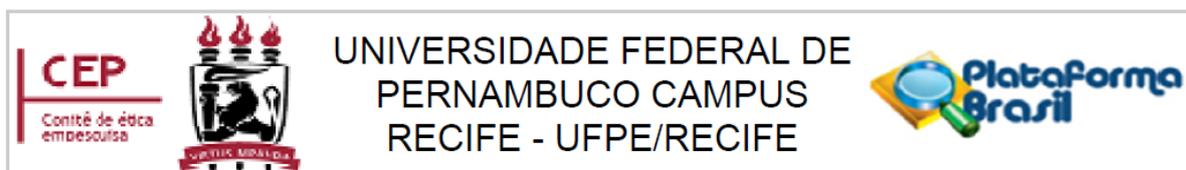
**Número do Parecer:** 5.932.503

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de mestrado do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco.

Este estudo tem como objetivo analisar o processo de construção de significados de Radioatividade por meio da mediação do jogo digital Radio Lab a partir do papel da imaginação. No que tange o percurso metodológico, propõe-se uma abordagem qualitativa de natureza aplicada. Assim, os procedimentos estão voltados para análises de estudo de caso, que é um método específico de pesquisa de campo. Quanto aos participantes, a pesquisa será direcionada para um grupo de 10 estudantes matriculados no 2º ano do Ensino médio da escola pública da rede estadual de Pernambuco. Para a coleta de dados, os estudantes participarão de uma oficina sobre radioatividade, a qual será constituída por quatro momentos: 1º momento (Questionário); 2º momento (Aula expositiva dialogada); 3º momento (aplicação do jogo digital Radio Lab) e 4º momento (Seminário), sendo serão registrados esses momentos em áudio, vídeo e fotografias durante todo percurso. A análise de dados ocorrerá a partir de um processo dinâmico de classificação dos signos icônicos e simbólicos, presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar o processo de aprendizagem.

**Endereço:** Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.932.503

### **Objetivo da Pesquisa:**

Geral:

Analisar o processo de construção de significados do conteúdo de Radioatividade por meio da mediação do jogo digital Radio Lab a partir do papel da imaginação.

Específicos:

- 1) Classificar os signos icônicos e simbólicos, segundo Peirce, presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar o processo de aprendizagem;
- 2) Analisar quais os tipos de vetores de significação são potencializados pelo jogo como elemento de resistência (gegenstand) que podem atuar no processo de aprendizagem.

### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

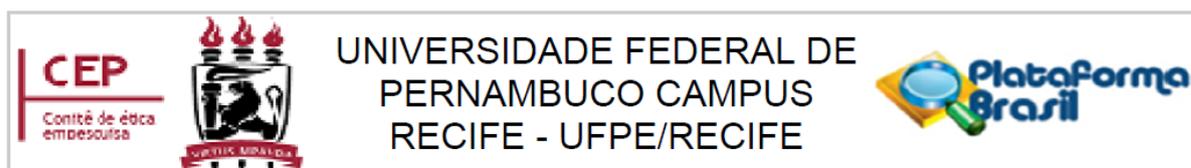
- Riscos: Por realizarmos esta pesquisa em um ambiente público, de diversidade cultural e social, lidando com seres humanos, estamos cientes de que alguns riscos poderão surgir, como: ansiedade, incômodos, desejo de desistir, ter medo de serem expostos/as, e preocupação dos dados serem divulgados ou vazados. Entretanto, antes mesmo de iniciar a coleta dos dados realizaremos algumas atividades como: apresentar a proposta da pesquisa, os meios de segurança, sua finalidade, encontros individuais e em grupos, a fim de proporcionar momentos de interação, confiança e um diálogo seguro como formar de prevenir ou evitar riscos.

- Benefícios: Consciente da fundamental importância que a nossa pesquisa apresenta para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos, a qual será desenvolvida de maneira gradativa a partir de ações interativas entre pesquisador e participantes, considerando concepções prévias como imprescindíveis para construção e ampliação dos novos conhecimentos em discussão, buscaremos fortalecer de maneira contributiva as novas informações que serão essenciais para o pleno, propiciando assim, aos estudantes situações de aprendizagens para que possam superar as dificuldades e desafios encontrados no seu cotidiano.

### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

No tange as justificativas acadêmica, a pesquisa trará contribuição no campo da ludicidade no ensino de ciências; compreensão de mecanismos imaginativos, quando da mediação de um jogo digital, que proporcionará observar as potencialidades de um jogo digital no processo de aprendizagem.

**Endereço:** Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.932.503

O objeto de estudo dessa pesquisa tem como fundamento a construção de significados sobre o conceito de Radioatividade a partir do papel da imaginação segundo a Psicologia Cultural Semiótica (VALSINER, 2012) e relacionado com os processos de internalização e externalização, tendo como mediação um jogo digital, considerado um instrumento cultural (VYGOTSKY, 2009).

Nesse contexto, espera-se que os estudantes reconheçam e façam representações por meio de signos icônicos e simbólico presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar a construção de significados do conteúdo de Radioatividade. Buscar-se-á assim, entender quais os tipos de vetores de significação potencializados pelo jogo como elemento de resistência (*gegenstand*) dos estudantes que podem atuar no processo de aprendizagem.

Nesse trabalho, propõe-se uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada que será realizada na Escola de Referência em Ensino Médio Professor Francisco Joaquim de Barros Carreira, escola pública da rede estadual de Pernambuco, localizada na cidade de Altinho, Agreste Norte.

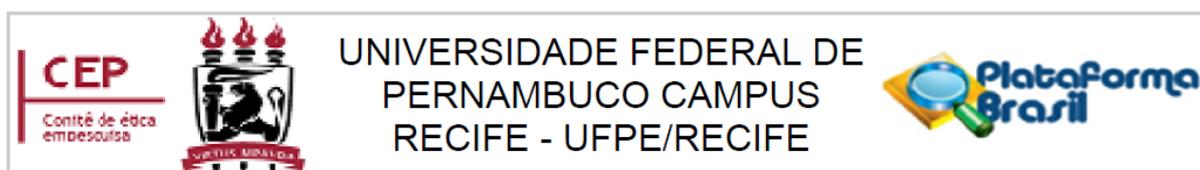
O estudo será direcionado para um grupo de 10 estudantes matriculados no 2º ano do Ensino Médio, tendo como critérios de inclusão ser estudante do Ensino Médio da rede estadual escolhida, está matriculado na 2ª série dessa modalidade de Ensino e ter passado por um sorteio aleatório, e critérios de exclusão: ser estudante do Ensino Médio da rede estadual, mas não está matriculado na 2ª série dessa modalidade de Ensino e não ter passado por um sorteio aleatório.

Sobre o recrutamento os estudantes serão questionados sobre o interesse em participar do estudo, e de maneira voluntária, os interessados passaram por um sorteio e os 10 selecionados irão compor o grupo de estudo.

Sobre a coleta de dados, o estudo seguirá por etapas onde os estudantes participarão de uma oficina sobre radioatividade, a qual será constituída por quatro momentos: 1º momento (Questionário); 2º momento (Aula expositiva dialogada); 3º momento (aplicação do jogo digital Radio Lab) e 4º momento (Seminário). Os conteúdos presentes nesse estudo serão modelos atômicos, natureza e tipos de radiações, tempo de meia-vida, rejeitos radioativos e blindagem de fontes radioativas. É importante dizer que a oficina terá uma carga horária de 5 horas/aulas.

Todas as etapas serão registradas por meio de questionário, áudio, vídeo, fotografias durante toda

**Endereço:** Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.932.503

oficina.

Acerca das análise dos dados esta será por meio de um processo dinâmico de classificação dos signos icônicos e simbólicos, segundo Peirce, presentes no jogo digital Radio Lab que podem mediar o processo de aprendizagem. Nessa etapa será considerado as concepções prévias dos estudantes acerca do conteúdo de radioatividade e o processo de construção de significados por meio da mediação do jogo a partir do papel da imaginação.

Ademais, a coleta de dados só será iniciada após a aprovação do projeto de pesquisa pelo CEP e o cronograma será devidamente cumprido.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram considerados os seguintes termos:

1. Projeto completo;
2. TCLE;
3. Currículos dos pesquisadores;
4. Comprovante de vínculo com o programa de mestrado;
5. Declaração do uso de imagem;
6. Termo de confidencialidade;
7. Carta de anuência;
8. Folha de rosto.

**Recomendações:**

Sem recomendações.

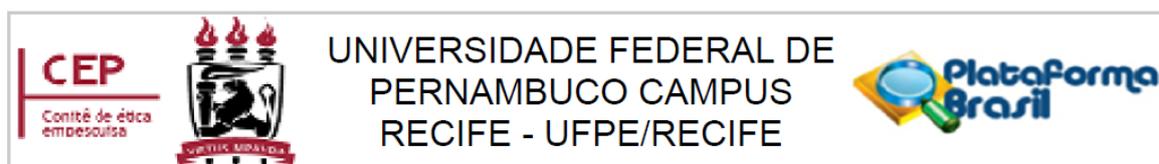
**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Sem pendências e/ou adequações.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Conforme as instruções do Sistema CEP/CONEP, ao término desta pesquisa, o pesquisador tem o dever e a responsabilidade de garantir uma devolutiva acessível e compreensível acerca dos resultados encontrados por meio da coleta de dados a todos os voluntários que participaram deste estudo, uma vez que esses indivíduos têm o direito de tomar conhecimento sobre a aplicabilidade e o desfecho da pesquisa da qual participaram.

**Endereço:** Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.932.503

Informamos que a aprovação definitiva do projeto só será dada após o envio da NOTIFICAÇÃO COM O RELATÓRIO FINAL da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final disponível em [www.ufpe.br/cep](http://www.ufpe.br/cep) para enviá-lo via Notificação de Relatório Final, pela Plataforma Brasil. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

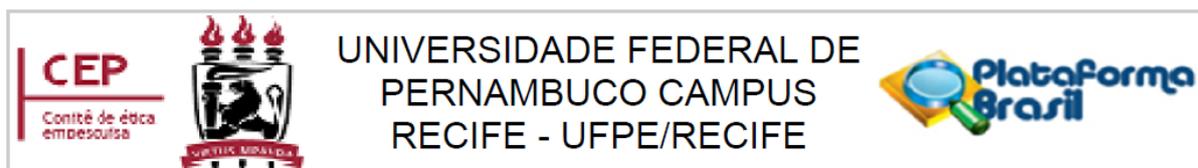
Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado. Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento  | Arquivo   | Postagem               | Autor                 | Situação |
|---|---|------------------------|-----------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto                            | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1976355.pdf       | 20/02/2023<br>09:46:15 |                       | Aceito   |
| Outros  | AutorizacaousolmagensTCLEpaisouresp<br>osaveis.doc  | 20/02/2023<br>09:45:39 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLEEstudantes.doc                                  | 20/02/2023<br>09:43:10 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| Outros  | Cartadependencias.doc                               | 20/02/2023<br>09:41:36 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                 | Projetodetalhado.doc                                | 20/02/2023<br>09:40:37 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| Outros  | CurriculoLattesMestrando.pdf                        | 03/12/2022<br>22:36:02 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| Outros  | CurriculoLattesOrientador.pdf                       | 03/12/2022<br>22:35:21 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| Outros  | ComprovantedeVinculocomocursodePos<br>graduacao.pdf | 03/12/2022<br>22:34:34 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| Outros  | QuestionarioparaColetadeDados.doc                   | 03/12/2022<br>22:32:30 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| Outros  | TermoConfidencialidade.docx                         | 03/12/2022<br>22:31:55 | José Tatiano da Silva | Aceito   |
| Folha de Rosto  | Folha.pdf   | 10/09/2022<br>01:53:57 | José Tatiano da Silva | Aceito   |

**Situação do Parecer:**

**Endereço:** Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.932.503

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

RECIFE, 08 de Março de 2023

---

**Assinado por:**  
**LUCIANO TAVARES MONTENEGRO**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br