



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

JAMES DE MELO MESQUITA

O USO DE SIMULADOR PhET E A TEORIA DE APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA: UM ESTUDO DE CASO PARA A COMPREENSÃO DE
REAÇÕES QUÍMICAS

FORTALEZA

2023

JAMES DE MELO MESQUITA

O USO DE SIMULADOR PhET E A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA:
UM ESTUDO DE CASO PARA A COMPREENSÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Fortaleza, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Cleide da Silva Barroso.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M578u Mesquita, James de Melo.

O USO DE SIMULADOR PhET E A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM ESTUDO DE CASO PARA A COMPREENSÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS / James de Melo Mesquita. - 2023.

100 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Campus Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Maria Cleide da Silva Barroso.

Coorientação: Prof. Dr. Caroline de Goes Sampaio .

1. Reações Químicas. 2. PhET simulações. 3. Teoria da Aprendizagem Significativa. 4. TDIC. 5. MC. I. Título.

CDD 510.07

JAMES DE MELO MESQUITA

O USO DE SIMULADOR PhET E A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA:
UM ESTUDO DE CASO PARA A COMPREENSÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS

Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Fortaleza, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Cleide da Silva Barroso.

Aprovado (a) em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Maria Cleide da Silva Barroso (Orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Profa. Dr^a. Caroline de Goes Sampaio (Coorientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Profa. Dr^a. Ana Karine Portela Vasconcelos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Victor Emanuel Pessoa Martins

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar sempre fazendo o melhor por mim.

A minha esposa Lidivânia Silva Freitas Mesquita, que sempre me incentivou, acompanhou e esteve presente nos momentos mais difíceis na feitura deste trabalho. A minha filha Helena Freitas Mesquita, por compreender a minha ausência em alguns momentos durante esta etapa da minha vida. Colaborando com seu amor e sorriso irradiante nos momentos mais difíceis.

A minha mãe Rita de Melo Mesquita e meu pai Francisco José Mesquita, que nunca mediram esforços em me ajudar a atingir meus objetivos.

A minha orientadora Dr. Maria Cleide da Silva Barroso, pela qual tenho muito a agradecer por ter contribuído muito pelo meu engrandecimento acadêmico, mas principalmente pela sua paciência, firmeza, resiliência e tolerância nas horas difíceis. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), em especial o PGECM, pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores do programa de Pós-Graduação do Ensino de Ciências e Matemática (PGECM), que muito contribuíram com minha formação acadêmica, com os ensinamentos, as orientações, as lições de vida, os risos, a atenção, contribuindo demais nestes dois anos de mestrado. Vocês são verdadeiros mestres. Em especial as professoras Dras. Caroline de Goes Sampaio e Ana Karine Portela Vasconcelos, pelas contribuições nas aulas das disciplinas que ministraram e participação na banca da minha qualificação.

Aos colegas do Curso que entraram juntamente comigo no PGECM-2021, no desenvolver deste trabalho. Em especial ao grupo que foi formado para compartilharmos dúvidas, críticas construtivas, angústias e debates que serviram para a construção desta dissertação. E em especial também os dois colegas, Antônio de Pádua Arruda dos Santos e Michelle Gonçalves Beserra de França, que vivenciamos juntos momentos de angústia e alegria, sendo assim essenciais na elaboração deste trabalho.

À direção, coordenação, colegas professores e alunos da EEM Adauto Bezerra, pela parceria e compreensão nesse período de aplicação desta dissertação.

RESUMO

O estudo de Reações Químicas pode muitas vezes ser abstrato para os estudantes, em virtude de muitos conceitos não serem completamente observáveis, ou seja, situarem-se no nível submicroscópico da Química. Através da aplicação de simulações computacionais, os alunos podem compreender melhor tais conceitos, que são trabalhados visualmente, neste tipo de ferramenta. Então este trabalho teve por objetivo analisar a utilização da plataforma PhET na promoção da aprendizagem significativa do conteúdo de Reações Químicas em uma turma do 1º ano do ensino médio. Esta proposta de estudo envolveu o uso de dois simuladores PhET que possuem simulações necessárias para o desenvolvimento da temática principal, Reações Químicas, e dos conhecimentos prévios necessários para a sua compreensão. Assim como por considerar que tais recursos são apontados na literatura como favorecedores da aprendizagem de conteúdos químicos abstratos, por facilitar a compreensão do nível submicroscópico. A pesquisa aconteceu por um período de quatro semanas e teve como procedimento o estudo de caso com abordagem mista, para coleta e análise de dados. Participaram desta proposta alunos de duas turmas de 1ª série de uma escola pública da Rede Estadual de Ensino do Ceará, localizada em Fortaleza/Ce. Na qual foram aplicadas abordagens metodológicas que diferiram apenas na utilização, ou não, da ferramenta como recurso adicional ao livro didático, na resolução de atividades. É válido salientar que a base teórica utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa foi a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, visto que a culminância das abordagens metodológicas se deu com a construção de Mapas Conceituais (MC) pelos alunos, acerca da temática estudada. O que permitiu a complementar a coleta de evidências acerca do processo de construção da aprendizagem significativa ou não dos sujeitos envolvidos. A análise dos dados permitiu concluir que o simulador PhET “Balanceamento de equações químicas” atuou como organizador prévio, e que a intervenção realizada com a sua utilização favoreceu a construção de uma aprendizagem significativa acerca da temática Reações Químicas para os estudantes.

Palavras-chave: Reações Químicas. PhET Simulações. Teoria da Aprendizagem Significativa. TDIC. MC.

ABSTRACT

The study of Chemical Reactions can often be abstract for students, because many concepts are not completely observable, that is, they are located at the submicroscopic level of Chemistry. Through the application of computer simulations, students can better understand such concepts, which are worked on visually, in this type of tool. So this work aimed to analyze the use of the PhET platform in promoting meaningful learning of Chemical Reactions content in a class of the 1st year of high school. This study proposal involved the use of two PhET simulators that have simulations necessary for the development of the main theme, Chemical Reactions, and the previous knowledge necessary for its understanding. As well as considering that such resources are pointed out in the literature as favoring the learning of abstract chemical contents, for facilitating the understanding of the submicroscopic level. The research took place over a period of four weeks and used a case study with a mixed approach for data collection and analysis. Students from two 1st grade classes at a public school in the State Education Network of Ceará, located in Fortaleza/Ce, participated in this proposal. In which methodological approaches were applied that differed only in the use, or not, of the tool as an additional resource to the textbook, in the resolution of activities. It is worth mentioning that the theoretical basis used for the development of this research was the Theory of Meaningful Learning (TAS) by David Ausubel, since the culmination of the methodological approaches took place with the construction of Conceptual Maps (CM) by the students, about the theme studied. This made it possible to complement the collection of evidence about the construction process of meaningful learning or not for the subjects involved. Data analysis led to the conclusion that the PhET simulator "Balancing chemical equations" acted as a previous organizer, and that the intervention carried out with its use favored the construction of meaningful learning about the theme Chemical Reactions for students.

Keywords: Chemical Reactions. PhET Simulations. Meaningful Learning Theory. TDIC. MC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação do processo de assimilação proposto por Ausubel.....	21
Figura 2 -	Mapa conceitual com as formas de aprendizagem determinadas por Ausubel.....	22
Figura 3 -	Síntese da temática Mapas Conceituais, mostrando a hierarquia a partir de conceitos mais amplos para mais específicos.....	25
Figura 4 -	O começo de um mapa conceitual com uma questão focal e o estacionamento com conceitos a serem incluídos no mapa.....	27
Figura 5 -	“Esqueleto” de mapa com um conceito chave baseado estacionamento da Figura 4.....	28
Figura 6-	Tela do simulador, monte uma molécula, com a aba várias moléculas.....	35
Figura 7 -	Tela de apresentação do simulador PhET “Balanceamento de Equações Químicas”.....	35
Figura 8 -	Balanceamento utilizando a ferramenta “balança”.....	36
Figura 9 -	Infográfico com as etapas aplicadas nas duas turmas.....	43
Figura 10 -	Infográfico acerca dos recursos utilizados para a realização das atividades.....	45
Figura 11 -	Aplicação da atividade 1 na TC.....	49
Figura 12 -	Aplicação da atividade 1 na TE.....	51
Figura 13 -	Tela do simulador PhET “Monte uma Molécula” com as bandejas separadas por elementos com os seus respectivos átomos.....	52
Figura 14 -	Recorte da tela do simulador PhET “Monte uma Molécula”.....	54
Figura 15 -	Aplicação da atividade 2 na TC e na TE.....	56
Figura 16 -	Respostas dos estudantes para a primeira e a segunda questão respectivamente.....	57
Figura 17 -	Respostas dos estudantes para a quarta questão.....	58
Figura 18 -	Recorte da questão 4 da segunda atividade de um estudante.....	58
Figura 19 -	Respostas dos estudantes para a terceira questão.....	59

Figura 20 -	Gráfico comparativo para a categoria hierarquia da TC e da TE.....	64
Figura 21 -	Mapa elaborado pelo aluno E4 da TE.....	65
Figura 22 -	Mapa elaborado pelo aluno E1 da TE.....	65
Figura 23 -	Gráfico comparativo para a categoria proposições da TC e da TE.	66
Figura 24 -	Mapa elaborado pelo aluno E2 da TE.....	67
Figura 25 -	Mapa elaborado pelo aluno E21 da TE.....	68
Figura 26 -	Gráfico comparativo para a categoria diferenciação e reconciliação da TC e da TE.....	70
Figura 27 -	Mapa elaborado pelo aluno E28 da TE.....	70
Figura 28 -	Mapa elaborado pelo aluno E11 da TE.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Cronograma da aplicação da pesquisa na TC e na TE.....	44
	Número de acertos em percentagem dos estudantes da TC para	
Quadro 2-	a primeira questão.....	49
	Número de acertos em percentagem dos estudantes da TC para	
Quadro 3-	a segunda questão.....	50
	Número de acertos em percentagem dos estudantes da TE para	
Quadro 4-	a primeira questão.....	52
	Número de acertos em percentagem dos estudantes da TE para	
Quadro 5-	a segunda questão.....	53
Quadro 6-	Sumarização das qualificações para categorias avaliadas.....	62

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BS	Bastante satisfatório (a)
MC	Mapas Conceituais
NS	Não satisfatório (a)
PhET	<i>Physics Education Technology</i>
TA	Termo de Assentimento
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo geral.....	16
1.2	Objetivos específicos.....	16
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1.	Teoria Da Aprendizagem Significativa.....	17
2.1.1.	<i>Os tipos de Aprendizagem Significativa.....</i>	<i>19</i>
2.1.2.	<i>Teoria da Assimilação.....</i>	<i>20</i>
2.1.3.	<i>Formas de Aprendizagem Significativa no Processo de</i>	<i>22</i>
	<i>Assimilação</i>	
2.1.4.	<i>Mapas Conceituais: Estrutura e Aplicação.....</i>	<i>24</i>
2.2.	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no	29
	Ensino de Química.....	
2.2.1.	<i>Tecnologias Digitais como potencializadoras da aprendizagem</i>	<i>29</i>
2.2.2.	<i>Uso de simuladores no Ensino de Química.....</i>	<i>31</i>
2.2.3.	<i>Uso de simuladores no Ensino de Reações Químicas.....</i>	<i>33</i>
2.2.4.	<i>PhET Simulações Interativas.....</i>	<i>34</i>
3.	METODOLOGIA.....	37
3.1.	Delineamento do trabalho.....	37
3.2.	Descrição do ambiente da Pesquisa.....	38
3.3.	Participantes da pesquisa.....	40
3.4.	Coleta de Dados.....	40
3.4.1.	<i>Caracterização das Atividades aplicadas nas turmas.....</i>	<i>41</i>
3.4.1.1.	<i>Atividades 1 - APÊNDICES D e E.....</i>	<i>41</i>
3.4.1.2.	<i>Atividades 2 - APÊNDICES F e G.....</i>	<i>42</i>
3.5.	Abordagem metodológica.....	42
3.5.1.	<i>Primeira Etapa.....</i>	<i>44</i>
3.5.2.	<i>Segunda Etapa.....</i>	<i>44</i>
3.5.3.	<i>Terceira Etapa.....</i>	<i>45</i>
3.5.4.	<i>Quarta Etapa.....</i>	<i>46</i>
3.5.5.	<i>Quinta Etapa.....</i>	<i>46</i>
3.5.6.	<i>Sexta Etapa.....</i>	<i>48</i>

4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1.	Análise da 2ª etapa: Atividade para fortalecimento dos conhecimentos prévios (Atividade 1).....	49
4.2.	Análise da 2ª etapa: atividade acerca de Reações Químicas (Atividade 2).....	56
4.3.	Análise dos Mapas Conceituais.....	61
4.3.1.	<i>Categorização dos Mapas Conceituais dos Estudantes.....</i>	61
4.3.1.1	<i>Hierarquia.....</i>	63
4.3.1.2	<i>Proposições.....</i>	66
4.3.1.3	<i>Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.....</i>	69
4.4.	Entrevista para avaliação do PhET como recurso de apoio adicional na resolução de atividades.....	72
4.4.1.	<i>Análise das percepções dos alunos acerca do uso do simulador PhET.....</i>	72
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
	REFERÊNCIAS.....	78
	APÊNDICE A – Termo de Anuência.....	84
	APÊNDICE B – Termo de Assentimento.....	85
	APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido....	87
	APÊNDICE D – Atividade 1 (TE – PhET “Monte uma Molécula”)....	90
	APÊNDICE E – Atividade 1 (TC).....	92
	APÊNDICE F – Atividade 2 (TE – PhET “Balanceamento de Equações Químicas”).....	94
	APÊNDICE G – Atividade 2 (TC).....	96
	APÊNDICE H – Instruções para elaboração do Mapa Conceitual..	98

1 INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência dinâmica e quando o aluno possui a mínima afinidade e se dispõe a compreendê-la, pode se encantar por ela. Contudo, Costa e Tavares (2019) pontuam que quando a abordagem metodológica utilizada pelo professor é pautada na memorização de fórmulas e conceitos, sem atribuir significado ao que é estudado, o ensino desta disciplina pode tornar-se monótono e cansativo, afastando alguns alunos.

É desafiador, para alguns docentes, reformular sua prática pedagógica, sair da sua zona de conforto a fim de alcançar os estudantes através de assuntos presentes no seu cotidiano e ensinar a química através deles. Para isso, é fundamental criar estratégias que aproximem o saber ensinado pelos professores daquilo que o estudante conhece, pautando a aprendizagem sob o viés cognitivista, ou seja, permitindo ao estudante fazer parte do processo de construção da sua aprendizagem.

Moreira e Mansini (2001) afirmam que a ideia central da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, ancorada no cognitivismo, é a de que o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. De acordo com esta teoria, a aprendizagem significativa acontece quando as novas informações interagem com conceitos relevantes presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, sendo assimiladas e diferenciadas. E a fim de potencializar o processo aprendizagem, é interessante que esta aconteça por meios e recursos atrativos aos estudantes.

Os alunos que estão cursando o ensino médio hoje são nativos digitais, termo que segundo Andrade *et al.* (2020) diz respeito aquele que nasceu e cresceu cercado de tecnologias, como videogames, celulares e internet. Ainda segundo o autor, esta geração nascida entre 1998 e 2009 pertence à Geração Z. Nomenclatura inspirada no termo inglês *zapping* que se traduz em dar uma volta, que possui relação com a palavra zapear, trocar de canais de televisão, acessar a internet, vídeos, celulares, entre outros recursos digitais.

Atualmente, existe uma diversidade de recursos digitais educacionais disponíveis para enriquecer a abordagem docente em sala de aula. Assim, uma forma de alcançar essa geração de estudantes, é fazer uso de tecnologias digitais, que

poderão proporcionar mais interesse e interação no processo de ensino/aprendizagem, em virtude da atratividade destes recursos.

Para Almeida, Borges e Sá (2021), a Química é uma ciência que necessita de abstração e visualização para seu completo entendimento, e as dificuldades na sua compreensão podem estar relacionadas ao entendimento dos seus níveis de abordagem.

De acordo com trabalho realizado por Johnstone (1982), o ensino de Química deve ser focado na interação de três níveis de abordagem: o macroscópico, o submicroscópico e o representacional. O nível macroscópico corresponde ao que é tangível e perceptível aos sentidos. O nível representacional faz referência aos símbolos, fórmulas e equações químicas. E o nível microscópico corresponde aos processos de abstração necessários para compreensão de muitos conceitos.

Dessa forma, as tecnologias digitais incorporadas na abordagem metodológica docente podem atuar facilitando a compreensão de conceitos químicos mais complexos e que possuem apelo visual, transformando-os em informações acessíveis e cognitivamente compreensíveis, além de atrativas.

Reações químicas é um exemplo de conteúdo cuja aprendizagem necessita de significado, podendo ser relacionado com o cotidiano dos estudantes, bem como transita entre os níveis de abordagem representacional e microscópico. O que é corroborado por Piedade *et al.* (2016), quando os autores pontuam que a sua compreensão exige um entendimento apurado acerca da estrutura da matéria, principalmente sobre átomos e moléculas, bem como das convenções utilizadas para a representação de uma equação química. Nahh e Sanger (2012) reportam que a dificuldade de muitos estudantes em compreender o conteúdo pode ser atribuída à falta de uma visão do mundo microscópico. Sendo necessário, portanto, abstração e apelo visual para seu completo entendimento por parte de alguns estudantes.

A fim de auxiliar na aprendizagem de conteúdos mais complexos, abstratos e que possuem apelo visual, Passos *et al.* (2019) afirmam que existem *softwares* os quais são pensados e programados para uma implementação com objetivos educativos, ou seja, propostos com a intenção de melhorar a aprendizagem sobre determinado conteúdo.

Nesse sentido, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) traz o desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao uso crítico e responsável das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) com o

intuito de garantir aos jovens, aprendizagens para atuar em uma sociedade em constante mudança. A competência geral quatro traz como destaque a utilização de diferentes linguagens, dentre as quais, a linguagem digital é apresentada como uma das linguagens a serem desenvolvidas, visando possibilitar a expressão e o compartilhamento de informações, ideias e sentimentos em diferentes contextos (SANTOS; ROSA; BULEGON, 2021).

De acordo com Passos *et al.* (2019), os *softwares* educacionais são classificados segundo as suas características e vantagens, um tipo que possui grande destaque são os *softwares* de simulação ou simuladores. Estas ferramentas podem facilitar as demonstrações de experiências científicas, de forma virtual, de difícil realização ou até mesmo perigosas no mundo real, se destacando como um recurso promissor, podendo incluir animações, visualizações e interativas experiências laboratoriais.

Dessa forma, Costa e Tavares (2019) afirmam que os simuladores são recursos que podem auxiliar no desenvolvimento de propostas de ensino de Química, pois eles podem ser eficazes na interpretação e compreensão do conteúdo, além de promover objetivos mais sofisticados de aprendizagem, entre eles, a investigação, a redescoberta, a construção de modelos e conceitos.

É indispensável que a aplicação de simuladores seja realizada com planejamento e com a figura do professor como participante do processo. Isto se faz necessário, por que as simulações computacionais, apesar de reproduzir situações reais, o fazem de forma limitada, não sendo possível observar toda a complexidade desta situação e mostrando a necessidade da figura do professor com conhecimento científico sobre a questão.

A vantagem dos *softwares* como recursos educacionais é a sua facilidade de obtenção, que na maioria das vezes são encontrados na internet e estão disponíveis de forma gratuita. Como é o caso do PhET (*Physics Education Technology*), um *software* desenvolvido pela Universidade do Colorado, USA que oferece simulações de Química, Física, Biologia, Matemática e ciência da terra.

A escolha do PhET, para a execução deste trabalho, se deu por possuir as simulações necessárias para o desenvolvimento da temática abordada, que é Reações Químicas. Dentre estas simulações, está incluída uma que aborda os conhecimentos prévios necessários para a compreensão da temática principal, que são os conceitos de átomo, elemento, molécula, índice e coeficiente. Além disso,

apresenta facilidade de acesso, pois pode ser acessado diretamente no *site*¹, gratuitamente, por meio de *smatphone*, *tablet* ou computador, bem como pode ser obtido nas lojas de aplicativos para celular por um baixo custo.

Dessa forma, esta pesquisa possui cunho exploratório, cujo procedimento utilizado envolverá um estudo de caso com abordagem qualitativa e quantitativa. O procedimento consiste em comparar duas abordagens metodológicas, com e sem a utilização da plataforma PhET simulações, em duas turmas de 1ª série do Ensino Médio, de uma escola pública da Rede Estadual de Ensino do Ceará localizada em Fortaleza, com o intuito de verificar a relevância da utilização do simulador na aprendizagem dos alunos sobre a temática Reações Químicas.

Nesse contexto, esta proposta de estudo justifica-se em termos do uso de simuladores no ensino de química, por considerar que tais recursos têm sido apontados na literatura como favorecedores da aprendizagem em Química (RODRIGUES; NASCIMENTO, 2020). Tais ferramentas auxiliam na compreensão dos modos representacionais da química de forma exploratória e lúdica, além de tornar os conteúdos menos abstratos, facilitando sua compreensão.

É válido salientar que será utilizada como base teórica, para o desenvolvimento desta pesquisa, a TAS de David Ausubel, visto que se pretende trabalhar com Mapas Conceituais sob o viés avaliativo, na expectativa que esse recurso possibilite evidências positivas no processo de aprendizagem discente.

1.1. Objetivo geral

Analisar a utilização da plataforma PhET na promoção da aprendizagem significativa do conteúdo de Reações Químicas em uma turma do 1º ano do ensino médio.

1.2. Objetivos específicos

- Apresentar a plataforma PhET com vistas à aprendizagem de Química e suas simulações relacionadas a temática Reações Químicas;

¹PHET. *Interactive simulation*. Balanceamento de Equações Químicas. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_pt_BR.html

- Verificar a relevância da utilização da plataforma PhET para aprendizagem de alunos do 1º ano do ensino médio sobre a temática Reações Químicas;
- Investigar as contribuições da TAS através do uso de mapas conceituais, com viés avaliativo, aplicado à temática Reações Químicas para alunos do 1º ano do ensino médio.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa

Esta pesquisa tem sustentação teórica na Teoria da Aprendizagem Significativa(TAS) de David Ausubel. E com base na TAS, Moreira (1999) afirma que a aprendizagem é significativa quando os novos conhecimentos interagem de forma substantiva e não-arbitrária com os conhecimentos relevantes pré-existent na estrutura cognitiva do aprendiz, os quais Ausubel denominou como subsunçores. Ou seja, é importante que o sujeito relacione as novas informações a serem aprendidas de forma significativa com os seus conhecimentos prévios e que a assimilação seja reproduzida de forma clara e com as suas próprias palavras.

Assim, o subsunçor pode ser um conceito, uma ideia ou uma proposição já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, que advém de sua experiência e vai servir de ancoradouro para os novos conhecimentos. Para que o processo de aprendizagem seja significativo, esses conhecimentos prévios devem ser relevantes, trazendo assim modificações significativas na estrutura cognitiva do sujeito.

Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizada, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são relacionados a conceitos e proposições mais gerais, mais inclusivas (MOREIRA; MANSINI, 2001, p. 17).

Em seu trabalho, Ausubel ainda relata a existência da aprendizagem mecânica, em contraste com a aprendizagem significativa. Ela acontece a partir de uma interação arbitrária e literal entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios do sujeito. Resultando na memorização de conceitos e informações, que serão facilmente esquecidos pelo aprendiz. Em outras palavras, uma repetição do tipo papagaio (MACEDO; PANTOJA; MOREIRA, 2020).

Ausubel define aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA; MANSINI, 2001).

Entretanto, é importante ressaltar que as duas formas de aprendizagem não são dicotômicas, apesar de serem opostas, não significa dizer que andam separadas, o discente pode aprender de forma significativa e mecânica ao mesmo tempo. Elas podem estar inter-relacionadas quando o sujeito não tem os subsunçores necessários para fazer a ancoragem dos novos conhecimentos, sendo assim necessária a utilização da aprendizagem mecânica. Na verdade, Ausubel estabelece os processos de aprendizagem em um *continuum* e coloca as aprendizagens mecânica e significativa nos extremos dessa linha. Quão mais próximo da extremidade de aprendizagem mecânica, mais deficientes serão os processos de assimilação. Por outro lado, quanto mais significativa a aprendizagem, maior a modificação nos subsunçores, além de torná-los mais claros, estáveis e diferenciados. Os tempos de retenção tendem a ser, também, maiores para processos de assimilação significativa (AUSUBEL, 2003).

Cabe ressaltar, ainda, a distinção feita por Ausubel acerca das aprendizagens por descoberta e por recepção. Segundo Moreira e Mansini (2001), a aprendizagem por recepção é aquela aprendizagem apresentada ao aprendiz na sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta, o conteúdo é descoberto na sua forma final pelo sujeito. Sendo que essas duas aprendizagens só serão significativas, se os novos conhecimentos correlacionarem, ou seja, interagirem com o subsunçor da estrutura cognitiva do sujeito.

Isso significa que a aprendizagem por descoberta não é, necessariamente, significativa, nem aprendizagem por recepção é, obrigatoriamente, mecânica. Tanto uma como outra podem ser significativa ou mecânica, dependendo da maneira como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999).

Dessa forma, para que a aprendizagem seja realmente significativa são necessárias algumas condições:

a) o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, relacionável a sua estrutura de conhecimento de forma não-arbitrária e não literal (substantiva); b) o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva (MOREIRA; MANSINI, 2001, p. 23).

A TAS baseia-se na construção da aprendizagem significativa através da interação entre as novas informações e os subsunçores. Caso o aluno não tenha na sua estrutura cognitiva, conhecimentos prévios relevantes e específicos compatíveis com os novos conhecimentos, é importante que a intervenção do professor, propicie formas para que os alunos adquiram novos subsunçores, o que poderá ser por intermédio de organizadores prévios. Que Ausubel, Novak e Hanesian (1980) definem como sendo “pontes cognitivas”, ou seja, recursos planejados para modificar a estrutura cognitiva do aluno de forma que leve ao desenvolvimento dos subsunçores. Tais recursos apontam a racionalidade entre os novos conceitos e aqueles que o aluno já tem, mas muitas vezes não percebe que são relacionáveis entre si.

Moreira (2011) afirma que os organizadores prévios podem ser textos, imagens, simulações computacionais, experimentos, ou a combinação de duas ou mais situações, e que devem identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material. O que também é abordado no trabalho de Costa e Tavares (2019), que traz o uso de simuladores como organizadores prévios de conceitos, para facilitar o processo de ensino/aprendizagem dos alunos referentes à disciplina de química.

Assim sendo, a utilização de simuladores no ensino de reações químicas, poderá facilitar a interligação dos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, como os conceitos de átomos, elementos, moléculas, índice e coeficiente, às novas informações, atuando como organizadores prévios. Sem esquecer, que para o estudante realmente tenha uma aprendizagem significativa, ele terá que se predispor e não apenas memorizar mecanicamente.

2.1.1. Os tipos de Aprendizagem Significativa

Segundo Moreira (2011), Ausubel diferencia três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional.

A aprendizagem representacional é aquela em que o aprendiz consegue atribuir significados a determinados objetos, sendo a base e um pré-requisito para a aprendizagem de todas as unidades de significados.

Por exemplo: Uma criança aprende a chamar “cachorro” ao ser que está vendo, pois é assim todas as vezes chamado pelos pais. Então, quando esta criança o vê, novamente saberá que aquilo é um cachorro, e através de

comparações anatômicas, por exemplo, ela saberá que outro ser “igual” também se chamará cachorro (SANTOS, 2021).

Ainda que a aprendizagem representacional seja próxima à aprendizagem mecânica, ela é significativa, porque o símbolo faz referência a algo concreto. Pois de acordo com Silveira, Vasconcelos e Sampaio (2019), a aprendizagem do tipo mecânica é puramente memorística, nela o esquecimento do saber científico é rápido, já que os conteúdos ficam soltos ou ligados à estrutura mental de forma fraca.

Já a aprendizagem de conceitos contempla objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos de critérios comuns e se designam pelo mesmo signo ou símbolo. Sendo mais adquirida através da formação de conceitos que ocorre, principalmente, nas crianças em fase pré-escolar, onde são adquiridos pela experiência direta e formulação de hipóteses, e pela assimilação de conceitos que ocorre nas crianças em idade escolar e nos adultos. O conceito é adquirido através de novas combinações, pelo vocabulário aumentado e disponível na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003).

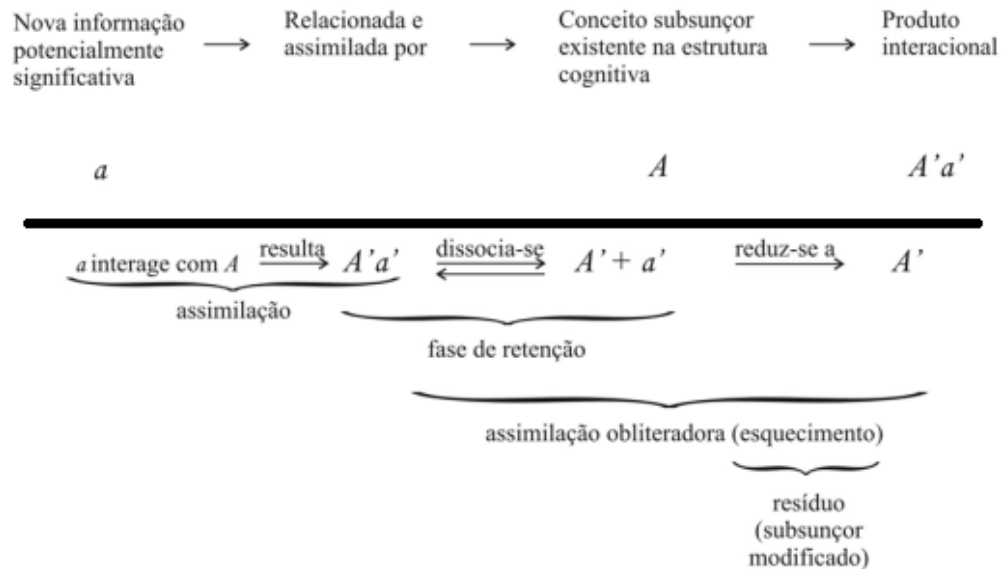
E sobre a aprendizagem proposicional, Santos (2021) afirma que sua missão não é aprender significativamente o que os conceitos ou palavras isoladas ou combinadas representam, mas sim, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.

2.1.2. Teoria da Assimilação

Para tornar mais claro e preciso o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, Ausubel propõe a “teoria da assimilação” (MOREIRA, 2011). Que ocorre a partir da interação entre os subsunçores e os novos conhecimentos em três etapas: aquisição, retenção e obliteração.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a assimilação é um processo que ocorre quando uma ideia, conceito ou proposição *a*, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia, conceito, ou proposição, isto é, subsunçor *A*, já estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito. No qual a nova informação *a* juntamente com o subsunçor *A*, com o qual se relacionam e interagem são modificados (Figura 1).

Figura 1 - Representação do processo de assimilação proposto por Ausubel.



Fonte: Moreira (1999).

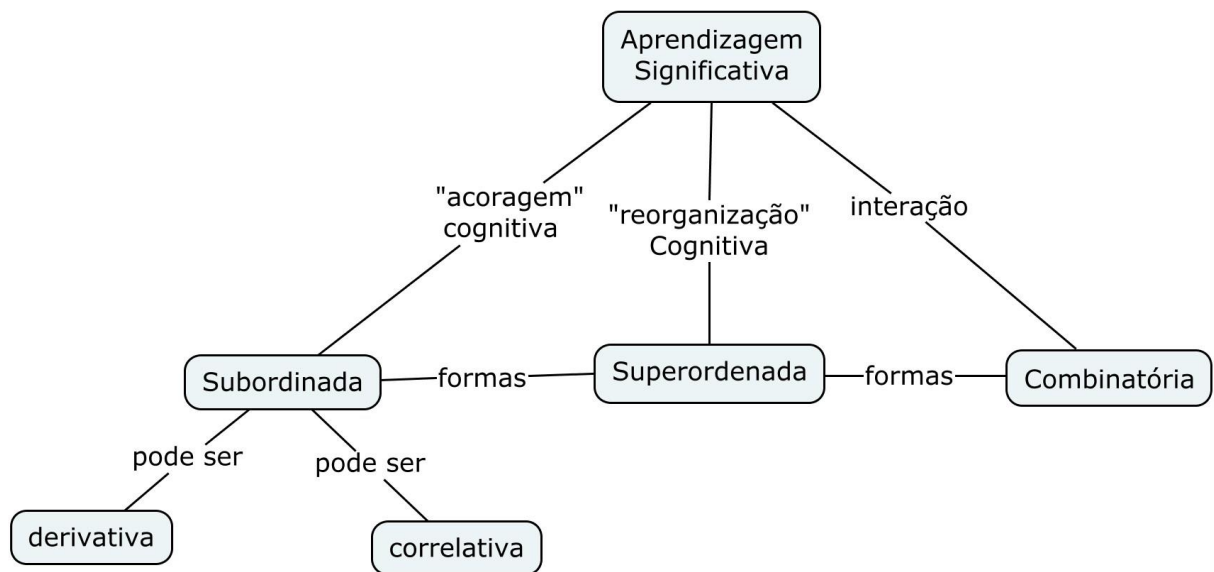
A aquisição é a primeira etapa do processo, e ocorre quando o subsunçor A e a ideia nova a interagem de maneira a modificar tanto A (para A') e a (para a'), de tal modo a constituírem um produto interacional $A'a'$, inicialmente dissociável, isto é, pode-se recuperar tanto a ideia nova como o subsunçor na forma modificada ($A' + a'$). Após certo tempo e depois de diminuir a força de dissociação das ideias retidas, inicia-se a terceira etapa, a da obliteração, na qual o produto interacional $A'a'$ reduz-se ao subsunçor modificado A' , o que mostra o poder da Aprendizagem Significativa de modificar as estruturas cognitivas, além de considerar o natural evento de esquecimento ao processo (MACEDO; PANTOJA; MOREIRA, 2020).

Também pode ocorrer que um subsunçor A muito concreto, rico e bem elaborado, isto é, com muita estabilidade no seu significado, possa também se obliterar ao longo do tempo, acontecendo de certa forma que seus significados não se tornem mais tão claros, discerníveis uns dos outros. Isso podendo ocorrer quando um subsunçor não mais tão frequentemente utilizado, ocorrendo assim essa obliteração, essa perda de discriminação de significados. Sendo um processo normal da estrutura cognitiva do aprendiz, é um esquecimento, mas em se tratando de aprendizagem significativa a reaprendizagem é possível e relativamente rápida.

2.1.3. Formas de Aprendizagem Significativa no Processo de Assimilação

O processo de assimilação para a aprendizagem significativa pode acontecer de três formas: por subordinação, superordenação ou modo combinatório (Figura 2).

Figura 2 - Mapa conceitual com as formas de aprendizagem determinadas por Ausubel



Fonte: Autor (2022).

Têm-se que uma delas é mais comum, a forma subordinada. Que se trata de uma aprendizagem em que os novos conhecimentos se subordinam, se “ancoram”, em um certo conhecimento já existente (subsunçores) na estrutura cognitiva do aprendiz. Sendo, que o novo conhecimento adquire significado, enquanto o prévio fica mais diferenciado, mais estável, mais claro e rico em significado.

É um processo de assimilação pelo qual a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, refletindo uma relação de subordinação do novo material relativamente à estrutura cognitiva preexistente. (MOREIRA, 1999). Sendo os conhecimentos prévios mais abrangentes, mais gerais e mais inclusivos, enquanto os novos conhecimentos serão subordinados e mais específicos.

Isso implica a subordinação de proposições potencialmente significativas a ideias mais gerais e abrangentes na estrutura cognitiva existente, e isto, por sua vez, resulta na organização hierárquica da estrutura cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN 1980).

Para tornar mais clara essa dinâmica da subsunção subordinada, chama-se a atenção para dois diferentes tipos de processos de subordinação, que são: derivativa e correlativa. A primeira se dá quando o material aprendido é entendido como um exemplo específico de conceitos estabelecidos na estrutura cognitiva ou apenas como corroborante e ilustrativo de uma proposição mais geral previamente aprendida (MOREIRA; MANSINI, 2001). Sendo que os atributos do conceito subsunçor não mudam, mas novos exemplos podem ser reconhecidos como relevantes.

Como exemplo, têm-se a apresentação do conceito de evaporação, quando ele se dá através da exemplificação de fatos corriqueiros e que os estudantes podem relacionar com o assunto trabalhado, atribuindo significado aos mesmos.

Já a correlativa é a aquela em que o material é aprendido como uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições previamente aprendidos. Contudo a sua aprendizagem é mais complexa, não está implícito e não pode ser adequadamente representado por esses subsunçores. Esse é o processo pelo qual, mais tipicamente, um novo conteúdo é aprendido. Ou seja, os atributos podem ser estendidos ou modificados no processo de subsunção.

Por exemplo, quando após o conceito de vaporização trabalha-se a evaporação e utiliza-se para isso o conceito de pressão de vapor, há uma extensão, uma modificação das informações previamente aprendidas.

Na Aprendizagem Superordenada, temos que os novos conhecimentos são hierarquicamente superiores aos conhecimentos prévios, ou seja, as novas informações abrangem os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. É a aprendizagem que se dá quando um conceito ou proposição potencialmente significativa, mais geral ou inclusiva do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los (MOREIRA; MANSINI, 2001).

Um exemplo na Química de aprendizagem superordenada é quando trabalhamos classificação de substâncias, sendo que inicialmente são trabalhados conhecimentos mais específicos como átomo, elemento químico, molécula.

Têm-se também a aprendizagem por modo combinatório, sendo aquela em que os novos conhecimentos decorrem da interação cognitiva com um conjunto de conhecimentos prévios, típico de um aprendiz com uma boa bagagem de conhecimentos prévios. Acontecendo quando se estabelecem relações entre os conceitos já existentes na estrutura cognitiva, ou seja, quando há uma relação entre

os subsunçores, que se organizam e adquirem novos significados (DARROZ; ROSA; GHIGGI, 2015).

Sendo importante também falar, que para promover a aprendizagem significativa, ou seja, como as formas de aprendizagem acontecem, Ausubel propõe que a programação do conteúdo a ser ensinado obedeça a dois princípios básicos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Segundo Moreira e Mansini (2001), a diferenciação progressiva deve ser levada em conta ao se programar o conteúdo, pois ela acontece quando as ideias mais gerais e mais inclusivas da disciplina são inicialmente apresentadas para, posteriormente, serem diferenciadas, em relação aos detalhes e especificidades. Mostrando a hierarquia existente entre os conteúdos. Ou seja, é quando os subsunçores são ampliados, modificados a partir da introdução de uma nova informação, alterando e recebendo um novo significado.

Enquanto a reconciliação integrativa é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes (MOREIRA; MANSINI, 2001).

Dessa forma, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são, portanto, vias de uma dinâmica fundamental na construção da aprendizagem significativa. À medida que o aluno consegue explicitar a reconciliação integrativa automaticamente considera-se que também ocorreu a diferenciação progressiva (MOREIRA, 2010).

2.1.4. Mapas Conceituais: Estrutura e Aplicação

De acordo com Tavares (2004), para que a aprendizagem seja significativa são necessárias três condições fundamentais: (a) a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica, (b) a existência de subsunçores ou conhecimentos prévios na estrutura cognitiva e (c) o esforço do estudante em conectar um novo conhecimento de forma não arbitrária e não literal com o subsunçor já presente em sua estrutura cognitiva.

Dessa forma, como uma aplicação da TAS, e empregando requisitos semelhantes aos acima mencionados, Joseph Novak e seus colaboradores

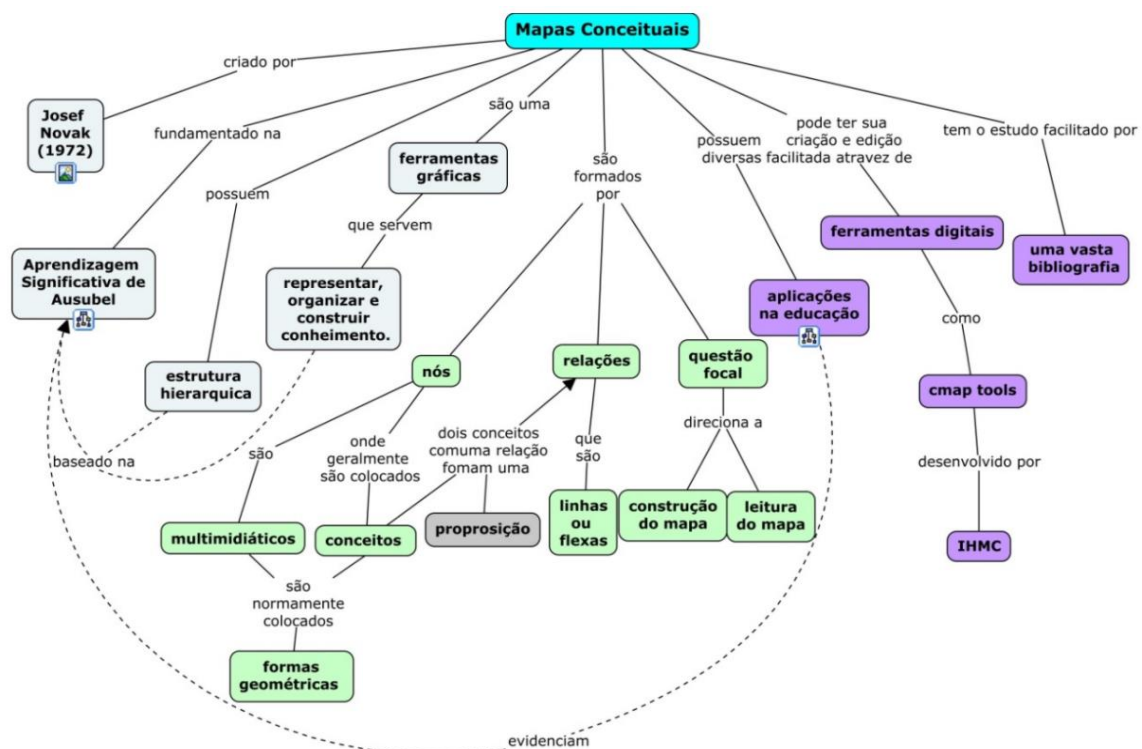
desenvolveram uma técnica de estruturação entre conceitos de forma hierarquizada, os Mapas Conceituais (MC).

Novak e Cañas (2010) definem os MC como ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento, cuja hierarquização é uma característica fundamental. Os mapas conceituais possuem três elementos fundamentais: a questão focal, os nós e as frases de ligação.

O ideal é que o mapa conceitual seja construído a partir de uma questão central, a questão focal. Ele deve se referir a uma situação ou evento a ser compreendido através da organização do conhecimento, fornecendo contexto para ele. Os nós incluem os conceitos que são alocados dentro de círculos ou quadros, e as frases de ligação indicam as relações entre os conceitos, que são agregados por linhas que os interligam. Outro termo relevante, em MC, é o de proposições, que contemplam dois ou mais conceitos conectados por palavras de ligação ou frases para compor uma afirmação com sentido.

Moreira (2011) afirma que os MC, comumente, apresentam uma estrutura onde a hierarquia parte dos conceitos mais amplos para os mais específicos (Figura 3).

Figura 3 - Síntese da temática Mapas Conceituais, mostrando a hierarquia a partir de conceitos mais amplos para mais específicos



Fonte: Pereira Júnior, Silva e Borges (2018).

Entretanto, o autor relata também que os MC podem ser estruturados seguindo outros modelos sem seguir exatamente essa hierarquia de conceitos mais inclusivos para mais específicos, desde que deixe claro quais são os conceitos mais e menos gerais.

Além da estrutura hierárquica, os mapas conceituais também possuem marcas da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, fundamentais na construção de uma aprendizagem significativa.

Sua importância se centra na capacidade do aprendiz em representar significados através da ligação entre conceitos, evidenciando os significados e as relações conceituais em diferentes contextos, sejam esses relacionados ao conhecimento, disciplina ou matéria de ensino (MASTRANTONIO, 2019).

O mapa conceitual, instrumento facilitador na aprendizagem significativa, é um recurso utilizável de variadas formas no contexto escolar: estratégia de ensino/aprendizagem; organizador curricular, disciplinar ou temático; instrumento avaliativo – e esses são apenas alguns exemplos (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010, p. 12).

Em se tratando de estratégia de ensino/ aprendizagem, esta técnica promove o desenvolvimento da autonomia estudantil quando se propõe a respeitar a lógica do aluno. Pois os MC são representações externas que de alguma forma refletem representações internas (mentais) de quem o fez. Dessa forma, não existe mapa conceitual correto ou errado, apesar de alguns serem mais ricos conceitualmente do que outros (PEREIRA JÚNIOR; SILVA; BORGES, 2018). Cada um traz a representação de quem o fez.

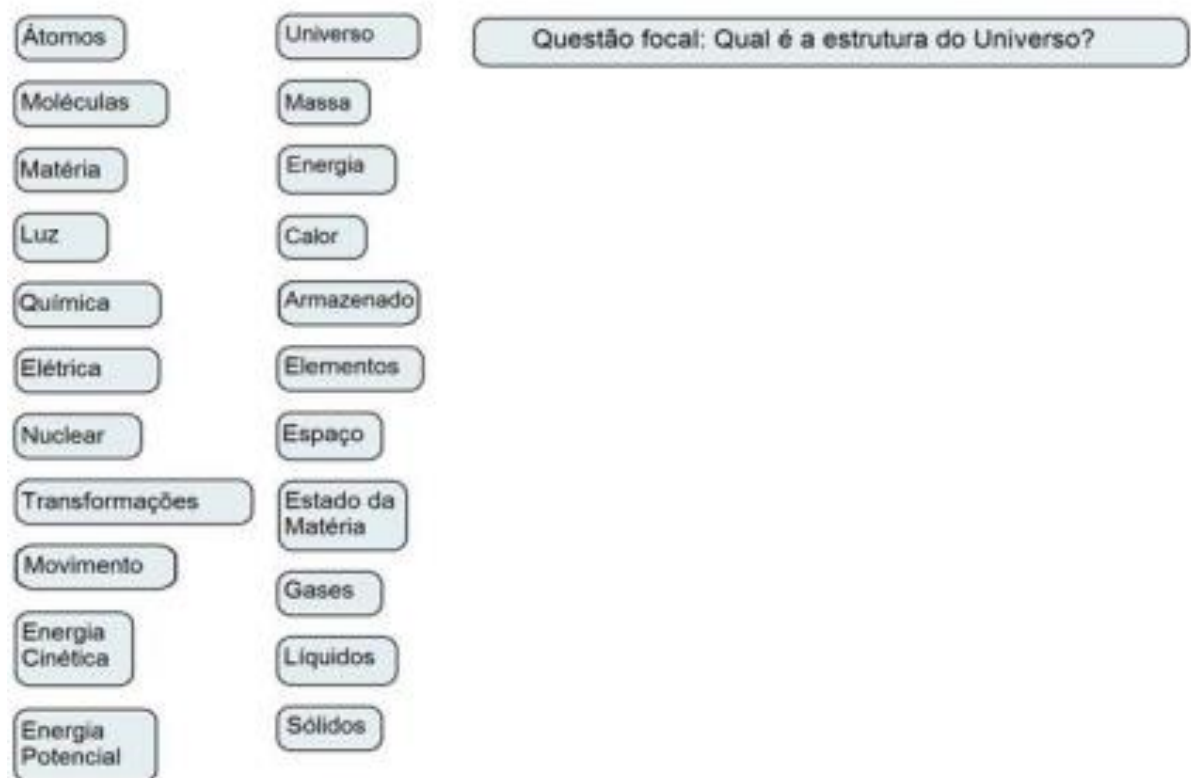
Como instrumento avaliativo, o mapa conceitual consiste em uma ferramenta para avaliação de cunho qualitativo, a qual segundo Pereira Júnior, Silva e Borges (2018) necessita de ferramentas que externalizem o conhecimento do aluno. Desta forma, os MC representam um tipo de linguagem de representação do conhecimento, que se revelam um excelente recurso para avaliar o processo de desenvolvimento do aluno.

Importante ressaltar que quando o objetivo da aplicação dos MC, é a construção do mesmo pelos educandos, há necessidade de familiarizá-los com a técnica. Mostrando para que servem e como se estruturam, expondo de forma clara a função da questão central, bem como dos conceitos e frases de ligação.

Para a construção de MC, Novak e Cañas (2010) mostram duas técnicas que facilitam o processo para aqueles que não estão familiarizados com esta ferramenta: estacionamento e esqueleto.

A técnica do estacionamento consiste em dispor uma lista de conceitos (nós) que devem ser alocados em um mapa conceitual (Figura 4). Segundo Pereira Júnior, Silva e Borges (2018), esta técnica aparentemente facilita a tarefa do aluno, que é construir o mapa. Contudo os autores também ressaltam que o aspecto mais desafiador na elaboração de MC é a criação das proposições, o que implica na definição das frases de ligação pelos estudantes.

Figura 4 - O começo de um mapa conceitual com uma questão focal e o estacionamento com conceitos a serem incluídos no mapa



Fonte: Novak e Cañas (2010).

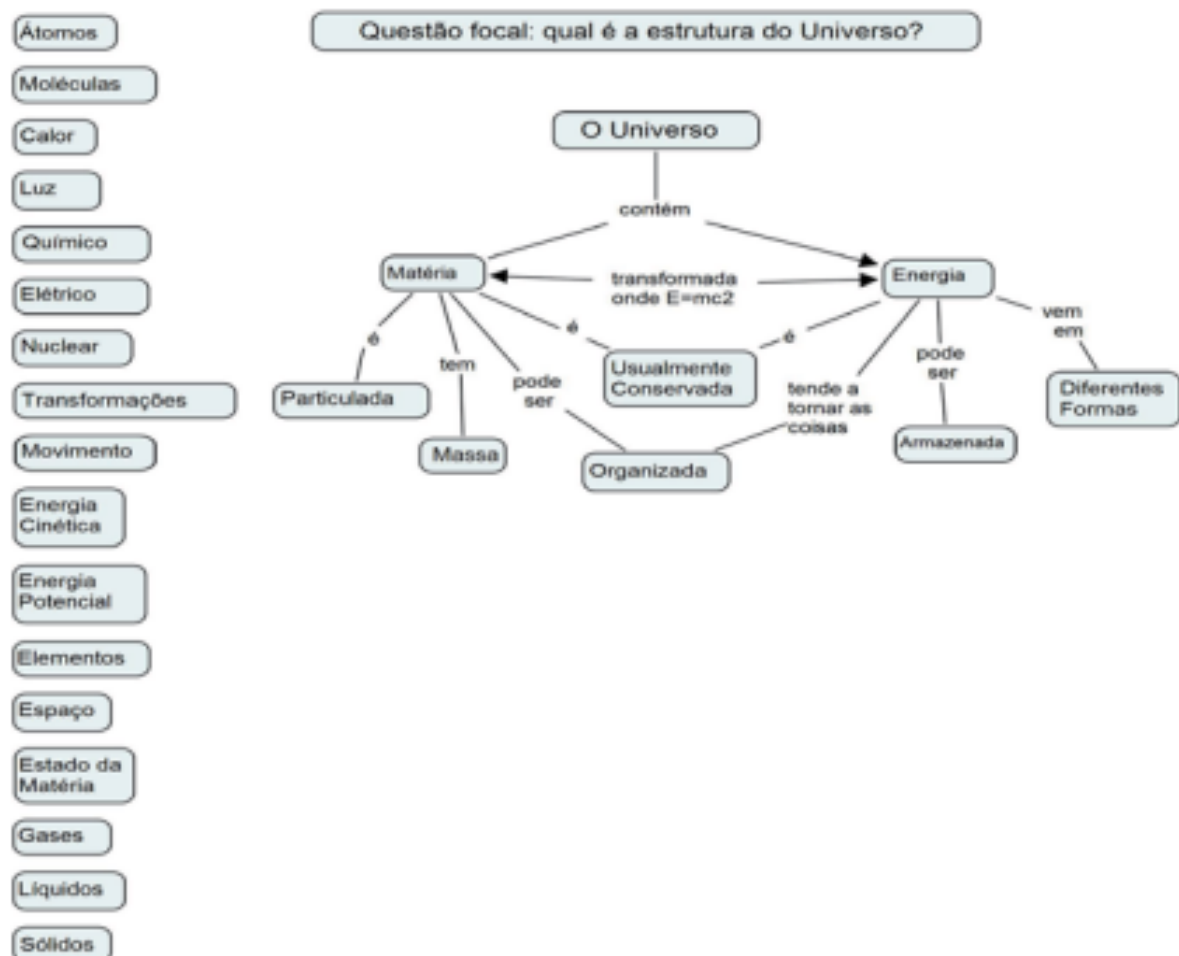
Vale ressaltar a importância de fornecer ao estudante a questão focal que dará origem ao mapa conceitual, para que o estudante consiga elencar quais os conceitos mais inclusivos e mais específicos para estabelecer a hierarquia. Por exemplo, no trabalho de Novak e Cañas (2010), adicionalmente ao estacionamento foi fornecida a questão focal, a qual foi a seguinte: Qual é a estrutura do universo?

O sucesso ou não desta tarefa mostrará ao professor se o estudante compreendeu a relação entre os conceitos e fornece meios para analisar quais os problemas que o aluno tem para fazer as relações.

Nesse sentido, os mapas conceituais podem ser utilizados para contribuir na aprendizagem significativa, pois proporcionam ao aprendiz representar a relação conceitual da forma como está organizada em sua mente, e permite ao professor analisar, se há uma relação lógica entre os conceitos (RIBEIRO *et al*, 2018).

Na técnica do esqueleto, é fornecido um mapa base, para os educandos, com poucos conceitos, o que permite que o aluno insira novos conceitos e frases de ligação específicas. A Figura 5 contém um exemplo dessa técnica que tem como base a mesma questão focal do exemplo anterior.

Figura 5 - “Esqueleto” de mapa com um conceito chave baseado estacionamento da Figura 4.



Fonte: Novak e Cañas (2010).

Pereira Júnior, Silva e Borges (2018) ressaltam que esta técnica é interessante, pois já evidencia os conceitos mais gerais e inclusivos. Vale salientar que as duas técnicas podem ser utilizadas ao mesmo tempo, o que pode incentivar os educandos na construção dos MC.

De acordo com o exposto e como colocado por Castro (2019), os MC podem atuar como instrumentos de aprendizagem e avaliação, pois são ferramentas capazes de representar, organizar e construir conhecimentos através do desenvolvimento cognitivo do aluno.

Apesar de existir algumas etapas importantes para a elaboração dos MC, não existem regras gerais fixas para elaboração de um mapa conceitual. Segundo Moreira (2012), é importante que o instrumento seja capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino.

Como reportado por Silveira *et al.* (2018) o MC se configura como um instrumento avaliativo satisfatório, pois no curso de sua estruturação e reestruturação, manifestam-se conflitos cognitivos e espaços para a tomada de consciência sobre os problemas, as dificuldades e os erros que, confrontados e discutidos, apresentam-se como espaços de avanço na compreensão do saber científico. Portanto os mapas conceituais são recursos essenciais para uma avaliação qualitativa, subjetiva, que busque evidências de aprendizagem significativa.

2.2. Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no Ensino de Química

2.2.1. Tecnologias Digitais como potencializadoras da aprendizagem

As TDIC, atualmente, têm sido ferramentas indispensáveis na prática dos professores a fim de tornar a aprendizagem discente mais significativa. Tais ferramentas podem proporcionar aos docentes e alunos a criação de ambientes de ensino e aprendizagem que ultrapassam as barreiras do ambiente presencial, contribuindo assim para a adequação da prática pedagógica docente ao Ensino Remoto.

Atualmente as mídias digitais estão em grande uso no meio social e as revoluções midiáticas têm provocado mudanças na sociedade, assim como nos docentes pois têm exigido uma mudança didática e reflexão em aplicar

os conteúdos de maneira atrativa e revolucionária para essa geração que domina estes recursos e incluir as atividades educacionais dentro desse meio exige uma mudança comportamental de linguagens e de novas metodologias (FAUSTINO, LOBO, BOGADO, 2019).

É notório que na Química os alunos, muitas vezes, têm dificuldade para aprender, bem como para associar o conteúdo estudado com seu cotidiano, o que pode gerar desinteresse pelos assuntos. Para Nunes e Adorni (2010), isto é indicativo de que o ensino está sendo realizado de forma descontextualizada e não interdisciplinar. Ou seja, provavelmente estas aulas são monótonas, pouco atrativas e os conteúdos apresentados não possuem significado, desencadeando indiferença por parte dos alunos.

Silva, Cantanhede e Cantanhede (2020) ressaltam que a utilização das TDIC, de forma planejada, contribui para o envolvimento dos alunos durante as aulas, sendo também uma opção promissora para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, auxiliando os professores e facilitando o entendimento dos conteúdos pelos alunos.

Ainda nessa perspectiva, Santos Júnior e Monteiro (2020) afirmam que as tecnologias digitais se apresentam como recursos favoráveis para a mediação, sobretudo no que tange às diferentes possibilidades de transformar ferramentas que possibilitam a interação de alunos e professores. Assim, é necessário reforçar que implementar o uso das TDIC no contexto escolar não se trata de utilizá-las sem planejamento e apenas como suporte, mas sim de empregá-las com a finalidade dos alunos participarem da construção do conhecimento, o que muitas vezes pode ser feito utilizando ferramentas que possuem caráter tanto lúdico como educativo.

É preciso repensar os projetos pedagógicos com vistas à utilização das tecnologias e recursos digitais tanto como meio, apoio e suporte à implementação de metodologias que promovam o protagonismo estudantil e aprendizagens significativas. Para isso, em acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é preciso fundamentalmente revisitar a proposta pedagógica da escola e investir na formação continuada de professores (BRASIL, 2018).

Segundo Silva, Cantanhede e Cantanhede (2020), o uso das TDIC como recurso pedagógico abre espaço para a criação de diversas estratégias de ensino nas aulas de Química. O uso dessas novas metodologias pode possibilitar ao professor sair do ensino tradicionalista para utilizar concepções de ensinar e aprender de forma mais motivadora (MELO, 2007).

Para Barros (2016), a Química é uma ciência que necessita de alto grau de abstração e forte apelo visual. Assim, a utilização das TDIC no ensino irá facilitar demonstrações e compreensão de conceitos presentes nos fenômenos químicos, físicos e biológicos, em especial, os que não podem ser contemplados nos aspectos macroscópicos. Nessa perspectiva, o uso planejado de *softwares* educativos, para desenvolvimento de atividades específicas pode fortalecer e potencializar a aprendizagem discente.

2.2.2. Uso de simuladores no Ensino de Química

Simuladores podem ser definidos como *softwares* capazes de reproduzir fenômenos ou modelos científicos [...]. Sendo programas curtos em *Java* ou *Flash* projetados para serem executados na internet (CASELLAS; MAS, 2011), cuja finalidade é auxiliar o professor durante a sua atuação docente e aos alunos, no seu processo de aprendizagem.

O uso de simuladores como recurso didático no ensino de química é de grande importância, visto que tal componente curricular possui muitos assuntos abstratos, que necessitam de imaginação e apelo visual para melhor compreensão. Assim sendo, estas ferramentas tornam a aprendizagem mais intuitiva e fortalece a compreensão do conteúdo. Ainda tem o fato de a Química ser uma ciência de caráter consideravelmente experimental, o que reforça a questão visual.

A compreensão dos modos representativos da Química (macroscópico, submicroscópico e simbólico) pode possibilitar melhor compreensão de um fenômeno químico.

O modo macroscópico tem relação com o visível, o campo observacional, que é elaborado pelas experiências de vida diante dos fenômenos e experiências que podem ser apresentadas nas aulas de Química. O modo submicroscópico é baseado na teoria da matéria particulada, usado para explicar o fenômeno macroscópico em termos de movimento eletrônico, interações atômicas e moleculares, as quais são reais, mas não observáveis, sendo necessária a representação simbólica e imagética para descrever o fenômeno e suas características. O modo simbólico pode ser apresentado através de equações químicas, gráficos, mecanismos de reações, os quais complementam as explicações utilizadas pelos químicos em diferentes contextos, desde a pesquisa científica até o ensino na Educação Básica (VASCONCELOS, 2015).

Assim sendo, o uso de simuladores pode auxiliar na construção do conhecimento pelos alunos, quando tornam o modo submicroscópico menos abstrato.

Como bem ressalta Dantas, Filgueiras e Cavalcante (2017) o uso de ferramentas pedagógicas adequadas pode agregar bastante no processo de ensino aprendizagem, além de aumentar a percepção dos estudantes, permitindo incorporar diversas outras formas de mídias: escrita, visual e sonora tornando ainda mais atrativo seu uso e a interação entre o professor e o aluno.

Sepúlveda, El-hani e Reis (2009) descrevem que a proposta de uma abordagem metodológica para o uso de simuladores virtuais, por exemplo, no ensino deve ser definida por alguns pontos, tais como: a) o desenvolvimento de estratégias para diminuir a rejeição dos temas abordados pelo simulador; b) implementação de abordagens significativas do simulador na vida dos estudantes e c) intenção em promover a compreensão dos assuntos tratados e que estes sejam levados à vida dos participantes.

Sousa (2019) desenvolveu uma pesquisa de comparação entre duas estratégias metodológicas para o estudo de geometria molecular, considerado um assunto abstrato por parte de muitos estudantes. As abordagens empregadas diferiram apenas na utilização do PhET simulações, que foi aplicado em uma turma e na outra não. As observações feitas pelo autor lhe permitiu inferir que o processo de aprendizagem dos alunos que utilizaram o simulador se mostrou mais eficaz em comparação com os alunos que tiveram aula seguindo o estilo do modelo tradicional.

Ainda acerca das conclusões de Sousa (2019), infere-se que o uso de simuladores permite aos estudantes

[...] uma maior autonomia no seu processo de aprendizagem. Os softwares podem ser usados como gatilhos educacionais para acionar os subsunçores dos alunos, fazendo com que se recordem de conceitos e consigam ancorar as informações antigas, conhecimentos prévios, com um novo, dando aos subsunçores novos significados, ocasionando em uma aprendizagem significativa efetiva (SOUSA, 2019, p.61).

Assim, cabe aos docentes desenvolver estratégias de utilização de tais ferramentas a fim de promover aprendizagens significativas, bem como desenvolver nos estudantes a habilidade de enxergar o processo de aprendizagem como uma atividade tranquila.

2.2.3. Uso de simuladores no Ensino de Reações Químicas

De acordo com Mendes, Santana e Pessoa Júnior (2015), o ensino de Reações Químicas é tradicionalmente praticado com aulas expositivas e resolução de exercícios realizados no ambiente formal da sala de aula. Apesar desta abordagem ser prática para o professor, ela muitas vezes não é suficiente para atrair a atenção dos alunos. Muitos estudantes imaginam a ciência como algo distante da sua realidade e impraticável por eles, isto pode acabar colaborando com a deficiência na compreensão de temáticas importantes e até causando certo desprezo pela ciência.

A literatura reporta a dificuldade que os aprendizes têm para aprender reações químicas, sendo que muitos atribuem que este problema se deve pela falta de uma visão do mundo microscópico (NAAH; SANGER, 2012).

Isto é corroborado por Correia, Camargo e Furlani (2021), quando afirmam que o uso de *softwares* de simulação no ensino de reações químicas, por exemplo, auxilia a compreensão de equações químicas, pois facilita o acesso ao conhecimento acerca de átomos, moléculas e fórmulas químicas das substâncias envolvidas nas reações químicas, através de visualização dinâmica, bem como das simbologias utilizadas nas suas representações.

Além disso, a prática de simulação permite diversas vantagens, quando comparada a situações onde as ferramentas são apenas os livros didáticos, permitindo inclusive a liberdade do discente para explorar e praticar o que ainda lhe é incompreendido.

Dentro da temática em questão, um tópico que causa estranheza a boa parte do alunado é balanceamento de equações químicas, por envolver, além da abstração já comum ao assunto, cálculos matemáticos. Por mais que sejam cálculos acessíveis, a simples menção aos “cálculos” pode ocasionar aversão ao conteúdo.

Dessa forma, através da questão visual, a utilização de simuladores de forma lúdica e educacional pode melhorar a compreensão da relação entre o nível representacional e o submicroscópico e da química especificamente nas equações químicas. Assim como pode contribuir para o entendimento de balanceamento através de ferramentas de simulação utilizadas para ajustar a quantidade de átomos no reagente e no produto da equação, sem a necessidade de cálculos expressivos.

2.2.4. PhET Simulações Interativas

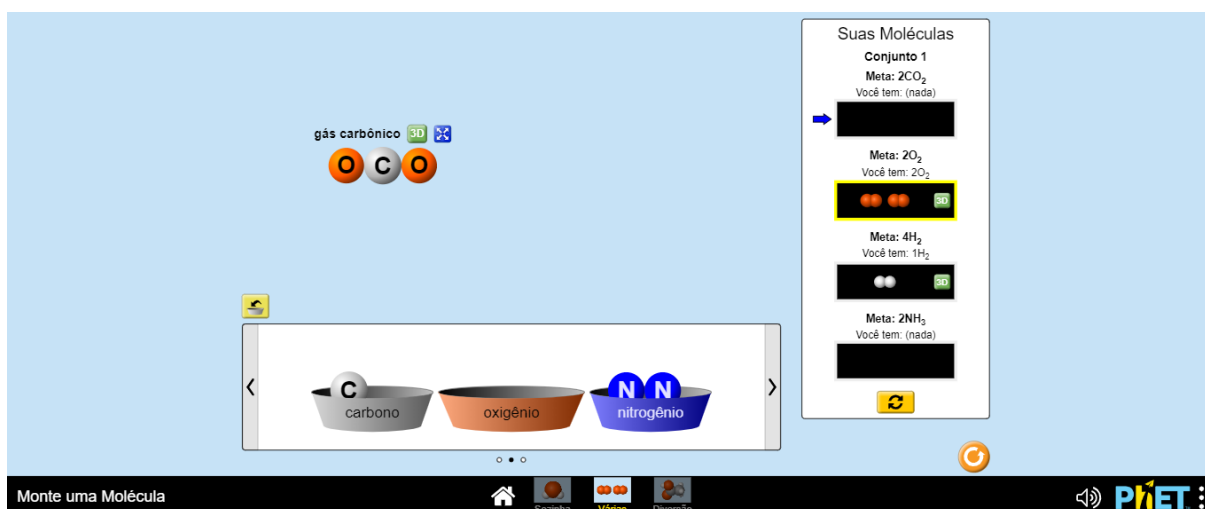
O PhET Simulações Interativas é uma ferramenta gratuita desenvolvida pela Universidade do Colorado que oferece simulações de química, física, biologia, matemática e ciência da terra, baseadas em pesquisas com estudantes e observação do uso dos simuladores em sala de aula. Essa ferramenta foi criada com o intuito de incentivar a investigação científica através da interatividade e do apelo visual para modelos científicos, sejam abstratos ou não.

À medida que os usuários interagem nos simuladores, eles recebem *feedback* imediato sobre o efeito das suas ações. Isto permite-lhes investigar as relações de causa e efeito e responder a perguntas científicas através da exploração da simulação.

O PhET disponibiliza ao todo 89 simulações. O componente curricular Química tem 27, classificadas como Química Geral ou Química Quântica, contudo no tópico de geral é possível identificar simulações concernentes à Físico- Química. Para todas as simulações disponibilizadas há um Guia do Professor em PDF criado pela equipe do PhET, o qual tem por objetivo auxiliar o professor a estruturar suas aulas com o uso do recurso.

Neste trabalho foram utilizados dois simuladores: “Monte uma Molécula” e “Balanceamento de Equações Químicas”. O primeiro possui três abas: “Sozinha”, “Várias” e “Diversão”. Os principais objetivos desta simulação são: descrever diferenças entre átomo e molécula, construir moléculas simples a partir de átomos, trabalhar os conceitos de índice e coeficiente e associar nome de moléculas comuns a múltiplas representações espaciais. Na aba “Várias” é possível fazer a relação entre a fórmula molecular da substância (modo representacional) com a molécula (modo submicroscópico) que é montada pelo estudante a partir dos átomos constantes em uma bandeja (Figura 6).

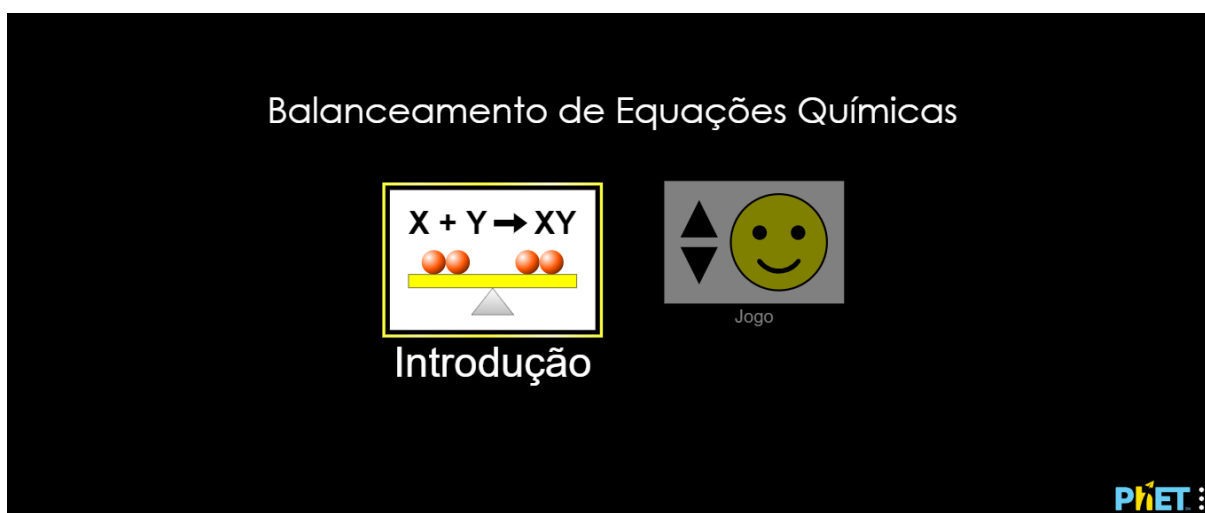
Figura 6 - Tela do simulador, monte uma molécula, com a aba várias moléculas



Fonte: PhET Simulações Interativas.

O segundo simulador possui duas abas com funcionalidades distintas em que podem ser empregadas na ensinagem dos conceitos de reações químicas, equações químicas e estequiometria, os quais são: (a) Introdução e (b) Jogo (Figura 7).

Figura 7 - Tela de apresentação do simulador PhET “Balanceamento de Equações Químicas”

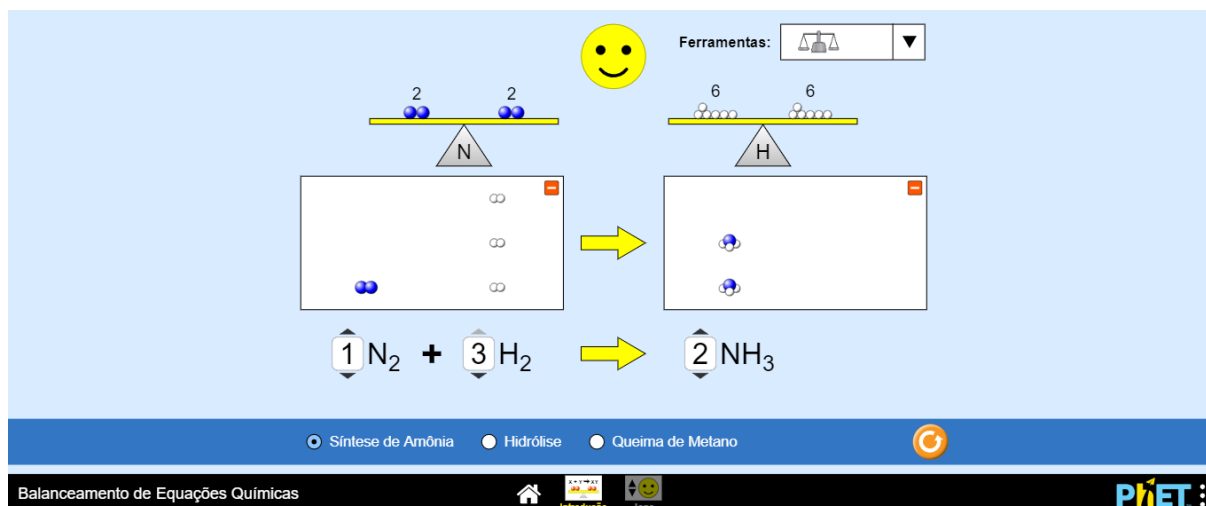


Fonte: PhET Simulações Interativas.

Na aba “Introdução”, são apresentadas três reações químicas: (a) síntese de amônia, (b) hidrólise e (c) queima do metano para balanceamento pelo usuário, onde há a possibilidade de acompanhar a contagem de átomos nos reagentes e produtos, pelas ferramentas gráfico ou balança (Figura 8). Na aba “Jogo” são apresentados três blocos de cinco equações a serem balanceadas com níveis de dificuldade crescente

e o acompanhamento da contagem de átomos deve ser realizado pelo usuário, quando a plataforma mostra a imagem tridimensional das substâncias participantes da equação.

Figura 8 - Balanceamento utilizando a ferramenta “balança”



Fonte: PhET Simulações Interativas.

Este simulador proporciona aos alunos a possibilidade de trabalhar os conceitos de reagentes e produtos, bem como também aborda duas classificações de reação química, síntese e decomposição, e propicia que eles realizem o balanceamento de equações químicas acompanhando o movimento dos átomos e seus coeficientes.

A dificuldade em absorver conhecimentos abstratos, e que envolvam cálculos matemáticos, é constatada em adolescentes. Portanto saber fazer o balanceamento das equações químicas é uma regra crucial para o entendimento de reações químicas no processo de ensino/aprendizagem do conteúdo de estequiometria (MENDES; SANTANA; PESSOA JÚNIOR, 2017).

Sendo assim é importante o uso de simuladores que criam um ambiente realístico, apresentando as reações de forma escrita (modo simbólico) e por um modelo molecular submicroscópico, representado por esferas de cores diferentes relativas aos átomos que formam as moléculas. Facilitando assim no balanceamento das equações química, proporcionando ao aluno, com o uso do PhET simulações, de forma lúdica, uma maneira diferente de praticar o balanceamento das equações químicas.

3. METODOLOGIA

3.1. Delineamento do trabalho

Esta pesquisa classifica-se como aplicada, com abordagem mista. De acordo com Leite e Carmo (2021) acontece através da combinação entre as técnicas de constituição e tratamento de dados. Para eles, a abordagem mista integra os métodos qualitativos e quantitativos buscando uma compreensão geral de todos os tipos de dados ou informações coletadas. É válido salientar que para que uma pesquisa seja denominada como mista as duas abordagens não podem ser concebidas separadamente, e sim de forma complementar.

De acordo com Paranhos *et al.* (2018), a integração das duas abordagens permite “maximizar a quantidade de informações incorporadas ao desenho de pesquisa, favorecendo o seu aprimoramento e elevando a qualidade das conclusões do trabalho”.

Quanto aos procedimentos, este trabalho é caracterizado como um Estudo de caso. Oliveira (2008) pontua que a preocupação desse tipo de pesquisa é retratar a complexidade de uma situação particular, focalizando o problema em seu aspecto total. Prodanov e Freitas (2013) afirmam que uma característica deste tipo de trabalho é a flexibilidade. Pois os procedimentos a serem desenvolvidos podem estar organizados e definidos, contudo há a possibilidade de uma reestruturação no decorrer da implementação do projeto, em acordo com a necessidade de resposta às perguntas colocadas pelo pesquisador, sem intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. É válido ressaltar que os requisitos básicos para sua realização, entre os quais, severidade, objetivação, originalidade e coerência não são menosprezados.

Entretanto, apesar dessa flexibilidade, este tipo de pesquisa possui procedimentos claros, que devem ser respeitados. Segundo Lüdke e André (1986), o estudo de caso possui três fases em seu desenvolvimento:

- fase exploratória: que se inicia a partir de questões ou pontos críticos para se chegar a uma definição mais precisa do objeto de estudo;
- delimitação do estudo: corresponde à fase da coleta de dados, por meio de instrumentos estruturados e técnicas variadas;

- análise sistemática desses dados e elaboração do relatório. Sendo que essas fases não necessariamente ocorrem com linearidade, e pode haver superposição entre elas.

Como ressalta Stake (1994), o estudo de caso tem como foco de atenção do pesquisador, a busca da compreensão de um caso particular, em sua idiossincrasia, em sua complexidade.

Por lidar com fatos/fenômenos normalmente isolados, o estudo de caso exige do pesquisador grande equilíbrio intelectual e capacidade de observação ('olho clínico'), além de parcimônia (moderação) quanto à generalização dos resultados (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 61).

Assim, esta pesquisa utilizou os procedimentos básicos de um estudo de caso no estudo de Reações químicas. A qual foi aplicada em duas turmas de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública da Rede Estadual do Estado do Ceará, dividida em seis etapas, sendo cinco encontros efetivos com cada turma.

3.2. Descrição do ambiente da Pesquisa

A Escola de Ensino Médio Governador Adauto Bezerra, que neste trabalho será tratada como AB ou Adauto Bezerra, foi selecionada como ambiente para desenvolvimento desta pesquisa. Ela está situada no bairro de Fátima, em Fortaleza-CE. Trata-se de uma escola tradicional na região, fundada em 04 de março de 1976. Por ser uma escola central, sua localização permite o acesso de diversos bairros da capital, inclusive da região metropolitana, através de ônibus e metrô. Assim, a instituição tem alunos matriculados que residem em bairros das 12 Secretarias Executivas Regionais e em cidades adjacentes como Maracanaú, Itaitinga e Caucaia. Atualmente, a escola possui dezesseis turmas de 1ª série, dezesseis de 2ª e doze de 3ª, com 1.977 alunos matriculados, sendo 1033 pela manhã e 944 à tarde.

A instituição foi escolhida por apresentar os elementos necessários para realização da pesquisa, como um professor que aceitasse colaborar com o estudo de caso e laboratório de informática em funcionamento e de fácil acesso, com internet, para realização das atividades.

Vale ressaltar que o AB possui o histórico de servir como ambiente de pesquisa nas mais diversas áreas. No que concerne ao Ensino e Educação, especialmente, são realizados muitos trabalhos de pós-graduação, tanto de professores lotados na unidade escolar como de profissionais de outros espaços. Dessa forma, este é mais

um fator que contribuiu para a escolha do AB como ambiente de desenvolvimento desta pesquisa.

A escola é subordinada a SEFOR 3 e possui um núcleo gestor composto por um diretor e três coordenadores escolares, que é um grupo proativo e que realiza uma escuta ativa ímpar com todos aqueles que fazem o AB, a fim promover alto grau de organização/planejamento de atividades. Possui ainda, uma secretária escolar e uma técnica financeira, as quais não medem esforços para promoverem o bom funcionamento da escola. O quadro docente é composto por 65 professores efetivos e 23 temporários, atualmente suprimindo carências por licenças saúde e para estudos. Vale ressaltar o empenho dos docentes do AB para promover uma escola pública de qualidade e com equidade para todos aqueles que dela precisam.

O AB dispõe de salas administrativas para o núcleo gestor, secretaria escolar e técnica financeira, ampla sala dos professores com sala de planejamento em equipe separada. Dispõe também de 44 salas de aula com ventilação natural reforçada por ventiladores. Os demais espaços extracurriculares são todos climatizados, os quais são: dois Laboratórios de Ciências, sendo um de Química/Biologia e outro de Física/Matemática, Sala de Multimeios e Sala de Recursos Multifuncionais (SRM) para atendimento dos estudantes que necessitam de acompanhamento educacional especializado. Além de duas quadras poliesportivas, pátio central, espaço verde para descanso, que também funciona como laboratório de estudos para os professores de Biologia realizarem aulas expositivas e contextualizadas com o ambiente escolar.

Para este trabalho, vale apresentar com mais detalhes a logística do Laboratório de Informática, que possui três professores lotados com carga horária parcial de 20 horas cada, a fim de que o espaço sempre tenha um responsável presente durante a realização de atividades, nos dois turnos de funcionamento da escola. Vale ressaltar, que os professores lotados, neste espaço, possuem conhecimento intermediário a avançado acerca de *softwares* e inclusive de *hardwares*, muitas vezes realizando manutenção e conserto das máquinas quando a necessidade é imediata.

O espaço conta com 40 computadores, com acesso à internet, em pleno funcionamento. O espaço é utilizado tanto para aulas diferenciadas, palestras, reuniões, como também para ações sociais. Como por exemplo, até 04 de maio de 2022, foi utilizado, em regime de mutirão, para que os estudantes entre 15 e 17 anos pudessem realizar o alistamento eleitoral. Diante da intensa demanda de atividades a

serem realizadas no Laboratório de Informática, é necessário um controle efetivo e com agendamento prévio para a utilização do espaço.

No Adauto Bezerra são desenvolvidos tanto projetos oriundos da Secretaria de Educação do Estado do Ceará (SEDUC), como projetos inerentes às características particulares da escola. Como exemplo tem-se o incentivo ao protagonismo estudantil e a inclusão de pessoas com deficiência e com diferentes orientações sexuais no espaço escolar, sem diferenciação ou discriminação.

Os principais projetos desenvolvidos atualmente são: Projeto Diretor de Turma, Representação Estudantil, Monitorias dos Laboratórios de Ciências, de Física e Matemática, de Informática e da Sala de Multimeios, Núcleo de Estudos de Gênero Stefhani Brito, Preparação para a Olimpíada de História, Olimpíada Cearense de Química, Olimpíada Brasileira de Astronomia e Projeto Reta Final, exclusivo para os alunos da 3ª série. Além também de atuar como escola campo para estagiários de diversas Instituições de Ensino Superior (IES), e como escola parceira para receber bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) e da Residência Pedagógica (RP), das mais diversas disciplinas.

3.3. Participantes da pesquisa

Para participar desta pesquisa, foram selecionadas duas turmas do 1º ano do ensino médio, com um total de 80 alunos. Os quais foram informados acerca das datas de realização da pesquisa e da impossibilidade de reposição, em caso de falta.

Esta série foi escolhida em virtude do conteúdo a ser abordado neste trabalho fazer parte do seu programa curricular para a disciplina de Química. Os estudantes que compõem as turmas participantes têm em média 13 anos, e a maioria cursou o Ensino Fundamental na Rede Municipal de Fortaleza. A participação dos estudantes foi condicionada à autorização expressa dos pais ou responsável através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.4. Coleta de Dados

De acordo com Oliveira (2008), no estudo de caso o pesquisador usa uma variedade de fontes para coleta de dados que são colhidos em vários momentos da pesquisa e em situações diversas, com diferentes tipos de sujeito.

Para a coleta de dados foram adotadas como fontes quatro instrumentos: as duas atividades realizadas nas turmas, experimental (Atividade 1 - APÊNDICE D/ Atividade 2 – APÊNDICE F) e controle (Atividade 1 - APÊNDICE E/ Atividade 2 – APÊNDICE G), os Mapas Conceituais construídos pelos estudantes e a entrevista de avaliação da proposta metodológica.

3.4.1. Caracterização das Atividades aplicadas nas turmas

3.4.1.1. Atividades 1 – APÊNDICES D e E

As atividades aplicadas na turma experimental (TE) e na turma controle (TC) foram elaborados com a mesma finalidade. A única diferença significativa estava na ferramenta de consulta e apoio para a realização da atividade, que para a TE (APÊNDICE D) foi o PhET “Monte uma Molécula” e para a TC (APÊNDICE E) foi o livro didático Martha Reis – volume 01 (FONSECA, 2016).

Na primeira atividade aplicada, composta por duas questões, foram abordados os conhecimentos prévios necessários para a compreensão da temática principal desta pesquisa. As atividades, aplicadas nas turmas controle e experimental, possuíam a mesma natureza diferindo apenas no instrumento pedagógico de apoio para sua realização. Ao final da atividade era esperado que o estudante fosse capaz de: diferenciar átomo de elemento e de molécula, reconhecer índice e coeficiente em uma fórmula molecular, bem como conhecer seus componentes e reconhecer a diferença entre substâncias simples e composta, que são os subsunçores necessários para a compreensão da temática principal desta investigação.

Na primeira questão foram dadas oito fórmulas moleculares para que os estudantes trabalhassem conceitos acerca de: (a) classificação das substâncias em simples ou compostas, (b) da associação entre os símbolos e os nomes dos elementos e (c) da definição de índice e consequentemente a diferenciação entre átomo e elemento.

Na segunda, foi trabalhado adicionalmente o conceito de coeficiente. Foram dadas sete fórmulas moleculares, onde foram trabalhados conceitos acerca: (a) da classificação das substâncias em simples ou compostas, (b) da associação entre o número de moléculas e o coeficiente da fórmula molecular, (c) da relação entre o número de átomos e o conceito de índice e por fim (d) do número total de átomos,

para identificar se o aluno realmente compreendeu os conceitos anteriores e suas aplicações.

3.4.1.2. Atividades 2 – APÊNDICES F e G

Assim como nas primeiras atividades aplicadas, estas diferiram significativamente apenas na ferramenta de apoio para sua execução nas duas turmas. Na experimental, foi utilizado o PhET “Balanceamento de equações químicas”, e na controle, foi usado o livro didático Martha Reis – volume 01. As duas também foram elaboradas com os mesmos objetivos, os quais foram: reconhecer reagentes e produtos em uma equação química, reconhecer que o número de átomos de cada elemento é conservado em uma reação química, reconhecer que a massa se conserva em uma reação química que acontece em sistema fechado, descrever a diferença entre os índices e coeficientes, balancear uma equação química e interpretar os modos representacionais e submicroscópicos da química.

Ambas eram compostas por 19 itens distribuídos em quatro questões. Na primeira foram fornecidas três equações (síntese da amônia, hidrólise e queima do metano) para serem balanceadas. Na segunda, foram utilizadas as mesmas equações para trabalhar os conceitos e localizações dos reagentes e produtos em uma equação química. Na terceira foi explorado o conceito e aplicação da Lei de Lavoisier. E na última, mais uma vez foram explorados balanceamento de equações e identificação de reagentes e produtos na equação química. Vale salientar que todas as equações trabalhadas nas atividades aplicadas nas duas turmas foram as mesmas.

3.5. Abordagem metodológica

Antes da realização da pesquisa o projeto foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), o qual foi aprovado por meio do Parecer 5.274.047, em 04 de março de 2022, e, somente após esse parecer iniciou-se a coleta de dados.

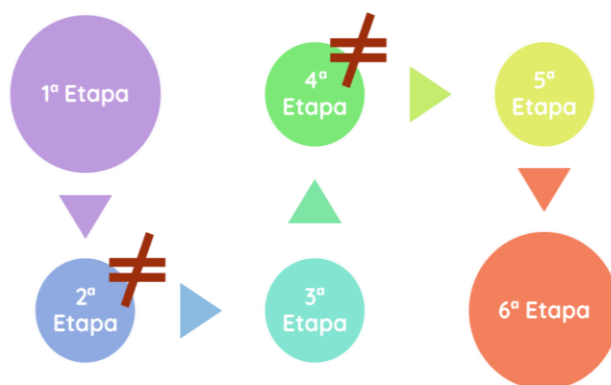
Para dar início à pesquisa, foi realizada uma reunião com um dos coordenadores escolares, como representante do núcleo gestor, a fim de apresentar a proposta de pesquisa e solicitar autorização para sua realização, que se deu através da assinatura do Termo de Anuência (APÊNDICE A).

O período de aplicação da proposta foi determinado após o núcleo gestor encaminhar a solicitação do pesquisador ao Professor Coordenador de Área (PCA) de Ciências da Natureza, que em reunião de planejamento semanal, com os professores de Química, designou uma professora para participar da pesquisa.

A definição da profissional da instituição que teria duas de suas turmas participando deste trabalho ocorreu em virtude da professora possuir turmas de 1ª série pois, em acordo com o conteúdo programático da disciplina da escola, este é o ano no qual é trabalhada a temática Reações Químicas. Bem como do interesse e disponibilidade da professora, que prontamente se dispôs a contribuir com a pesquisa. Dessa forma, ficou acordado que a professora iria realizar todas as etapas de aplicação da abordagem metodológica e que o pesquisador iria realizar a observação dos momentos.

A aplicação da pesquisa ocorreu de 29 de abril a 27 de maio de 2022, período em que a temática é trabalhada em acordo com o programa anual da disciplina de Química (Quadro 1). A abordagem metodológica foi dividida em seis etapas (Figura 9), distribuídas em 11 horas/aula para a TE e 10 horas/aula para a TC. E o estudo realizado em duas turmas de 1ª série, denominadas turmas: experimental e controle. Que foram escolhidas em virtude da disponibilidade do pesquisador para acompanhar os momentos presenciais.

Figura 9 - Infográfico com as etapas aplicadas nas duas turmas.



Fonte: Elaborado pelo autor. (2022)

Quadro 1- Cronograma da aplicação da pesquisa na TC e na TE.

Etapa Horas/aula		Atividade realizada	Data de aplicação Turma experimental	Data de aplicação Turma controle
1	1 h/a	Apresentação da proposta da pesquisa e entregar a documentação (TA e TCLE) aos estudantes	29/04	29/04
2	2 h/a	Intervenção para fortalecimento dos conteúdos prévios (Atividade 1)	02/05	02/05
3	3 h/a	Desenvolvimento dos conteúdos teóricos (Reações Químicas)	06, 10 e 13/05	06, 10 e 13/05
4	2 h/a	Intervenção para fortalecimento da temática principal (Atividade 2)	16/05	16/05
5	2 h/a	Construção dos Mapas Conceituais pelos estudantes	27/05	27/05
6	1 h/a	Entrevista de avaliação do uso do simulador (TE)	27/05	27/05

Fonte: Elaborado pelo autor. (2022)

3.5.1. Primeira Etapa

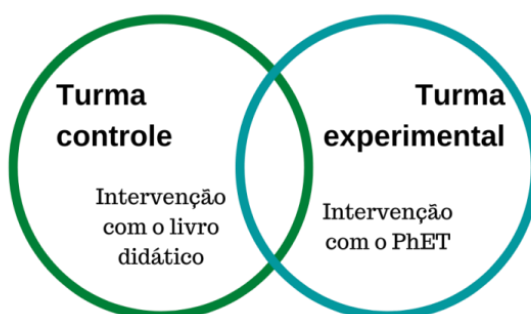
Na ocasião do primeiro encontro com os estudantes, a professora apresentou o pesquisador às turmas e explicou a proposta da pesquisa. Posteriormente, entregou aos estudantes o Termo de Assentimento (TA) (APÊNDICE B) e enviou aos responsáveis o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE C), solicitando a autorização dos mesmos e esclarecendo aspectos relativos à concretização da pesquisa.

3.5.2. Segunda Etapa

Foram realizadas, nas duas turmas, atividades para fortalecimento dos conhecimentos prévios necessários para a compreensão da temática principal, nomeadas como Atividade 1. Nas quais foi abordado o conteúdo Notações Químicas, que envolve os conceitos de átomos, elementos químicos, moléculas e fórmula molecular com seus constituintes.

Nesta etapa da pesquisa, foram utilizados recursos diferentes para as duas turmas (Figura 10). Contudo, a fim de manter um padrão e nível de organização, a professora prosseguiu da mesma forma em ambas as turmas: dividindo-as em duplas, em seguida explicando a atividade e solicitando que eles respondessem na folha que lhes foi entregue.

Figura 10 - Infográfico acerca dos recursos utilizados para a realização das atividades



Fonte: Elaborado pelo autor. (2022)

A TE realizou a atividade guiada (APÊNDICE D) com o auxílio do simulador PhET “Monte uma Molécula”, cuja aplicação aconteceu no Laboratório de Informática da escola e participaram 31 alunos. Na TC, em que participaram 26 alunos, a atividade foi realizada (APÊNDICE E) em sala de aula, tendo o livro didático Martha Reis - volume 01 como recurso. Em ambas as aplicações, os estudantes tiveram 2 horas/aula para discussão e realização da atividade.

3.5.3. Terceira Etapa

O desenvolvimento dos conteúdos teóricos com os estudantes de ambas as turmas foi realizado de maneira idêntica, utilizando os recursos disponíveis em sala de aula (livro didático, quadro e pincel). Pois o objetivo principal desta pesquisa é verificar a eficácia do simulador PhET na compreensão dos conceitos relacionados ao conteúdo Reações Químicas. Sendo, portanto, necessário manter as etapas que não envolvem a utilização do simulador o mais similares possível. Dessa forma, os passos descritos a seguir trazem a sequência abordada nas duas turmas, durante as 3 horas destinadas à exposição da temática principal.

Na primeira aula, a professora abordou o conceito de reação química e sua representação através das equações químicas, bem como a classificação das reações em síntese ou decomposição. Ao final, foram resolvidos os exercícios 01, 02 e 03 na página 80 do livro, com os estudantes.

Na aula seguinte, foram trabalhadas as Leis de Lavoisier e Proust. Para a exposição da Lei da Conservação das Massas de Lavoisier, a professora iniciou com o ditado popular oriunda da Lei em questão: “Nada se cria, nada se perde, tudo se

transforma”. A partir de então, foram elencados os principais pontos relacionados à Lei de Lavoisier, como sistema fechado e massa constante, utilizando-se exemplos práticos de reações químicas escritas no quadro.

Para a Lei de Proust, a professora iniciou com o clássico exemplo da receita de bolo, onde interagiu com os estudantes, pedindo-lhes uma receita de um “bolo de chocolate gostoso”. Em seguida, falou da proporção dos ingredientes para fazer mais bolos e relacionou com exemplos práticos de reações escritas no quadro, mostrando as proporções entre os reagentes e produtos de experiências realizadas. Ao final, foi resolvida a questão 06 da página 87 do livro didático Martha Reis – volume 01, envolvendo as duas Leis.

Por fim, a última aula envolveu a temática de Balanceamento de Equações Químicas. A professora explicou de forma sucinta o que envolve o balanceamento de equações, bem como mostrou o método que seria utilizado para realiza-lo, que foi o Método de Tentativas. Em seguida, procedeu com o balanceamento de quatro equações retiradas do livro didático Martha Reis – volume 01, da questão 10, página 107, sempre tentando instigar os estudantes a colaborarem com o processo.

3.5.4. Quarta Etapa

Inicialmente, a professora prosseguiu da mesma forma em ambas as turmas: dividindo-as em duplas, em seguida explicando a atividade e solicitando que eles respondessem na folha que lhes foi entregue (Atividade 2). Contudo, assim como na segunda etapa, nesta também foram utilizados recursos diferentes para as duas turmas, experimental e controle.

A TE realizou a atividade guiada (APÊNDICE F) com o auxílio do simulador PhET “Balanceamento de Equações Químicas”, cuja aplicação aconteceu no Laboratório de Informática da escola e participaram 30 alunos. A atividade da TC (APÊNDICE G) foi realizada em sala de aula, com o auxílio do livro didático Martha Reis, volume 01, como recurso, e participaram 22 alunos. Em ambas as aplicações, os estudantes tiveram 2 horas/aula para discussão e realização da atividade.

3.5.5. Quinta Etapa

Nesta etapa, os procedimentos tomados foram idênticos para as duas turmas, experimental e controle. A professora solicitou que os estudantes formassem duplas,

e explicou às turmas que a atividade daquele dia estaria dividida em dois momentos, e que culminaria com a construção de um Mapa Conceitual(MC) acerca do tema Reações Químicas.

Na primeira aula, a professora explicou aos estudantes o conceito e finalidade dos Mapas Conceituais, elencou seus principais elementos (conceito, frases de ligação e proposição), bem como as principais características da ferramenta (hierarquia, coerência e clareza nas proposições). Em seguida, a docente construiu de forma colaborativa com os estudantes um MC sobre Evolução dos Modelos Atômicos usando a técnica do Estacionamento, com a finalidade de mostrar-lhes, na prática, as etapas de construção de um MC.

Em seguida, foi entregue uma folha para que os estudantes construíssem o MC, na qual continha um exemplo de mapa e todas as informações necessárias para a sua construção, já elencadas verbalmente pela professora (APÊNDICE H).

Conforme Moreira (2011) entende-se que a organização dos conteúdos na aula é apresentada de forma hierárquica e transposta para a mente do aprendiz obedecendo-se o princípio de diferenciação progressiva, promovendo de maneira simultânea na reorganização mental do aluno o princípio da reconciliação integrativa, externado pelas relações quando na elaboração do mapa conceitual.

Para dar início à construção do mapa, foi proposto aos discentes que citassem palavras-chave relacionadas à temática envolvida nesta pesquisa, Reações Químicas. A professora escreveu no quadro todas as sugestões de palavras dadas pelos estudantes, e em seguida conduziu um processo de aceitação ou invalidação dos termos. Na sequência, foi pedido às duplas que construíssem seu Mapa Conceitual utilizando os conceitos definidos em conjunto.

A professora esclareceu que os mapas seriam analisados pelo pesquisador, em acordo com os critérios estabelecidos por Moreira (2011): (a) quanto à hierarquização dos conceitos, (b) quanto ao número de conceitos e relações válidas (proposições) e (c) quanto às ligações cruzadas/ Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa.

Conforme Lima *et al.* (2017), os mapas conceituais podem funcionar como um dispositivo para que o professor avalie as relações conceituais que o aluno construiu como resposta ao que foi apresentado na aula. Evidenciando a qualidade da compreensão das informações, configurando-se como eficiente ferramenta de avaliação da aprendizagem.

3.5.6. Sexta Etapa

A entrevista para avaliação da proposta metodológica com uso do PhET aconteceu apenas para a TE. No último encontro, o pesquisador convidou todos os estudantes para responder oralmente a algumas perguntas.

I – Você já conhecia o PhET simulações interativas?

II – Você teve dificuldade para manipular o simulador nas duas atividades?

III – Explique como foi a experiência na utilização do PhET?

IV – A utilização do PhET trouxe alguma contribuição para aprendizagem no estudo de Reações Químicas? Em caso afirmativo, comente as contribuições. E do contrário, quais os pontos negativos?

V – Você gostaria que o PhET fosse utilizado para o próximo conteúdo a ser estudado?

Apenas três estudantes aceitaram o convite. Contudo, infelizmente, não foi possível eu como pesquisador voltar a turma para saber o real motivo da não participação do restante da turma.

E o pesquisador conversou individualmente com cada um deles, que participaram da entrevista, deixando-os à vontade para falar.

No início da entrevista, foi explicado novamente o contexto da pesquisa e solicitada a autorização para a gravação dos áudios dos mesmos e alertado que poderiam ser usados de forma total ou parcial, certificando que suas identidades seriam preservadas, mantendo o anonimato.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção contempla a análise dos dados obtidos através dos instrumentos de coleta aplicados, nas turmas controle e experimental, nas etapas dois (Atividade 1), quatro (Atividade 2), cinco (Mapa conceitual) e seis (entrevista realizada com estudantes da TE) da pesquisa, bem como da percepção do pesquisador oriunda da observação da aplicação das atividades. Vale ressaltar que a quantidade dos estudantes que acertaram as questões propostas é mostrada através de valores percentuais, visto o número diferente de alunos participantes em ambas as turmas.

4.1. Análise da 2ª etapa: Atividade para fortalecimento dos conhecimentos prévios (Atividade 1)

Na atividade aplicada na TC, participaram 26 estudantes que utilizaram o livro didático Martha Reis - volume 01 (FONSECA, 2016), adotado pela escola, como ferramenta didática de apoio (Figura 11).

Figura 11 - Aplicação da atividade 1 na TC.



Fonte: Registro feito pelo autor durante a execução da pesquisa (2022)

Ainda sem pormenorizar, a atividade para fortalecimento dos conteúdos prévios foi efetiva quanto aos conceitos abordados. Para a primeira questão, apenas em relação ao item (c), número de átomos, houve alunos com dificuldade em encontrar a resposta correta (Quadro 2).

Quadro 2 – Número de acertos em percentagem dos estudantes da TC para a primeira questão.

Número de acertos	(a) Classificação das substâncias	(b) Símbolos x Nomes dos elementos	(c) Número de átomos
0	0%	0%	0%
1	0%	0%	0%
2	0%	0%	0%
3	0%	0%	3 %
4	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%
6	0%	0%	3 %
7	4 %	4 %	8 %

8	96 %	96 %	86 %
---	------	------	------

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados

E na segunda, como esperado, os critérios já trabalhados na questão anterior, (a) e (c), mantiveram, sem grande variação, o percentual de acertos. Acerca do critério (b) Número de moléculas, 96 % dos estudantes apresentou resposta correta. Já para o critério (d), no qual era necessário que os estudantes realizassem um simples cálculo matemático para sua solução (coeficiente molecular x índice do átomo) houve uma pequena queda na porcentagem de acertos (Quadro 3).

Quadro 3 - Número de acertos em percentagem dos estudantes da TC para a segunda questão.

Número de acertos	(a) Classificação da substância	(b) Número de moléculas	(c) Número de átomos/ Elemento	(d) Número total de átomos/ Elemento
0	0%	0%	0%	11%
1	0%	0%	0%	0%
2	0%	0%	0%	0%
3	0%	4%	8%	12%
4	0%	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%	0%
6	0%	0%	4%	4%
7	100%	96%	88%	73%

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados.

Uma hipótese que pode justificar a redução percentual de acertos para (d) é a ausência dos conhecimentos prévios referentes às operações matemáticas na estrutura cognitiva dos estudantes. Esses conhecimentos prévios deveriam estar retidos na estrutura cognitiva do aprendiz desde quando lhes foram apresentados no Ensino Fundamental. De acordo com Martins, Araújo e Oliveira (2018), este é um problema presente na educação brasileira e necessita de correção ao longo do Ensino Fundamental, para reduzir as dificuldades apresentadas pelos estudantes.

Mesmo diante desta constatação, pressupõe-se que a atividade foi efetiva para a maior parte da turma, quanto à compreensão dos conceitos químicos. Eu percebi que isto teve a contribuição de diversos fatores, dentre os quais é importante mencionar que a TC era mais concentrada e mais pacata que a TE. A professora fazia menos intervenções nesta para atrair a atenção dos alunos e conseqüentemente, os

conteúdos e atividades podem ter sido melhores compreendidos pelos estudantes da TC.

Outro fator que também vale ser mencionado é a questão da previsibilidade e da manutenção da rotina escolar durante a realização da atividade, que não lhes tirou o foco. A professora relatou que é comum a sequência de aulas teóricas seguidas de atividades colaborativas entre os estudantes. Portanto, diante dos resultados desta atividade, constata-se que a TC possuía os conhecimentos prévios necessários para a compreensão da temática principal, Reações Químicas.

Para a atividade aplicada na TE, que diferiu da aplicada na TC apenas nas ferramentas de apoio, participaram 31 estudantes que utilizaram, além do livro didático, o simulador PhET “Monte uma Molécula” como recurso para resolução da mesma (Figura 12).

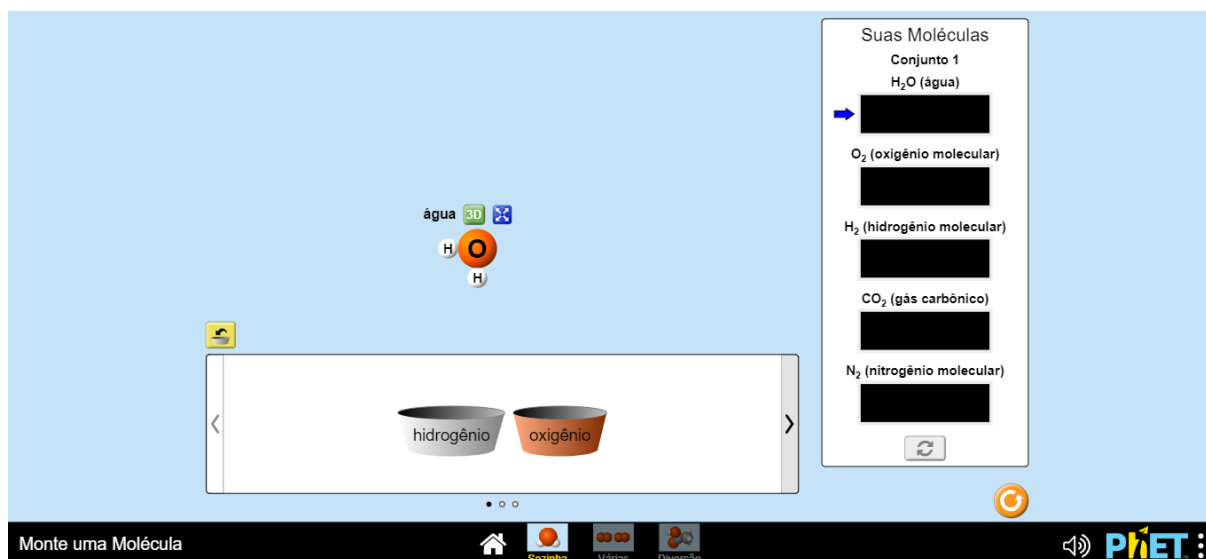
Figura 12 - Aplicação da atividade 1 na TE.



Fonte: Registro feito pelo autor durante a execução da pesquisa (2022).

Para a primeira questão, os estudantes foram orientados a utilizar a aba “Sozinha”, na qual foram apresentadas fórmulas moleculares, para que os alunos utilizassem os átomos disponíveis nas bandejas dos elementos químicos para montar as respectivas moléculas, sendo uma de cada substância (Figura 13).

Figura 13 - Tela do simulador PhET “Monte uma Molécula” com as bandejas separadas por elementos com os seus respectivos átomos



Fonte: PhET Simulações Interativas (2022).

Observou-se que a maioria dos estudantes da TE fez bom aproveitamento da plataforma para solucionar os itens acerca (a) da classificação das substâncias em simples ou composta e (b) da associação entre os símbolos e os nomes dos elementos (Quadro 4).

Quadro 4 – Número de acertos em percentagem dos estudantes da TE para a primeira questão.

Número de acertos	(a) Classificação das substâncias	(b) Símbolos x Nomes dos elementos	(c) Número de átomos
0	0%	19%	44%
1	0%	0%	0%
2	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%
5	0%	0%	6%
6	0%	0%	0%
7	16%	12%	0%
8	84%	69%	50%

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados.

Contudo, houve redução significativa no percentual de acertos acerca do critério (c), no qual se pretendia avaliar a aprendizagem acerca da diferenciação entre os conceitos de elemento e átomo, através do índice (Figura 13).

O que nos leva a considerar que, acerca deste ponto, a aprendizagem não foi significativa. Apesar da relação entre a representação do índice na fórmula molecular e o número de átomos do elemento ter sido trabalhada, em sala de aula, a fim de proporcionar ao estudante uma aprendizagem por descoberta, a porcentagem significativa de erros pressupõe que, com este grupo, aconteceu apenas uma memorização de conceitos e informações. Ou seja, uma aprendizagem mecânica, na qual as novas informações têm pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA; MANSINI, 2001).

Neste sentido, era esperado conforme Martins *et al.* (2020), que a utilização do simulador auxiliasse na compreensão dos conceitos de átomo e elemento, visto que no recurso já são mostradas as “bandejas separadas por elementos com os seus respectivos átomos”, explicitando a diferença (Figura 13).

Na segunda questão, os estudantes trabalharam com sete fórmulas moleculares, usando o PhET para montagem das moléculas, utilizando os átomos disponíveis nas bandejas dos elementos químicos. Permitindo que fosse trabalhado o conceito de coeficiente, adicionalmente ao que já havia sido proposto na questão anterior. Para isso as fórmulas moleculares apresentadas indicavam o número de moléculas que deveriam ser construídas na tela do aplicativo.

Observou-se quanto ao critério (a) que todos os estudantes tiveram um bom aproveitamento da ferramenta midiática utilizada para definir a classificação das substâncias. Com relação aos demais critérios, houve uma redução na porcentagem de acertos em comparação com a TC (Quadro 5). Assim, infere-se que esses conhecimentos prévios não estavam bem consolidados na estrutura cognitiva dos aprendizes.

Quadro 5 - Número de acertos em porcentagem dos estudantes da TE para a segunda questão.

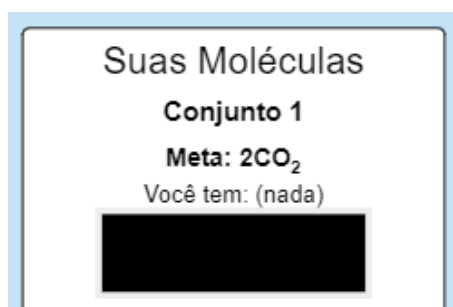
Número de acertos	(a) Classificação da substância	(b) Número de moléculas	(c) Número de átomos/ Elemento	(d) Número total de átomos/ Elemento
0	0%	0%	23%	29%
1	0%	0%	0%	0%
2	0%	10%	10%	0%
3	0%	0%	0%	10%
4	0%	16%	0%	0%

5	0%	6%	6%	13%
6	19%	0%	6%	3%
7	81%	68%	55%	45%

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados.

Os conceitos abordados nos critérios (b), (c) e (d) são interligados e podem ser facilmente confundidos caso o estudante não possua domínio da notação química padrão de representação da fórmula molecular, utilizada também no software (Figura 14).

Figura 14 - Recorte da tela do simulador PhET “Monte uma Molécula”



Fonte: PhET Simulações Interativas (2022).

O coeficiente (b) e o índice (c) são subsunçores específicos para que o estudante encontre o número total de átomos de átomos do conjunto de moléculas (d). Ao comparar os resultados para estes critérios com o (d), não se observa variação significativa nas porcentagens de acertos (Quadro 5). Possivelmente, a aprendizagem para os estudantes que responderam de forma incorreta a esta questão pode ter ocorrido de forma arbitrária, levando-os a uma aprendizagem mecânica, sem formação de subsunçor, capaz de promover a ancoragem dos conhecimentos iniciais (b e c) na estrutura cognitiva. Esse fato é corroborado por Moreira (2011, p. 32), quando considera que:

A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica, pois, ao final do processo, a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunções adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor, na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica.

Dessa forma, é possível entender que a utilização do simulador PhET “Monte uma Molécula” como suporte na resolução da atividade guiada de fortalecimentos dos conteúdos prévios não foi completamente eficiente para trabalhar a diferenciação entre os conceitos de átomo e elemento químico, bem como o conceito de coeficiente e suas aplicações e sanar possíveis dúvidas que os estudantes ainda tivessem.

Vale ressaltar que os conceitos até aqui trabalhados são subsunçores necessários à aprendizagem de Reações Químicas. Os dados descritos levam a interpretar que os estudantes que apresentaram respostas incorretas não conseguiram relacionar os níveis representacional e microscópico com as definições conceituais de índice, átomo, coeficiente e molécula. Bem como sua relevância na estrutura cognitiva que Ausubel (2003) classifica como potencialmente significativo para assimilação do conhecimento.

Logo, supõe-se que a aprendizagem dos estudantes da TE, para os conceitos abordados nesta atividade, se aproxima da aprendizagem mecânica. Pois há indícios de que estes conhecimentos não se ancoraram na estrutura cognitiva por falta de um “subsunçor específico” para assimilação dos conceitos abordados nas aulas teóricas.

Outra possível explicação para estes resultados é com base na realidade da turma. Primeiro, pela realização da atividade fora do ambiente formal da sala de aula, no laboratório de informática, em um espaço que não é habitual na rotina escolar destes estudantes. No momento de aplicação da atividade a turma estava muito agitada, em virtude da ida até o laboratório de informática, e naquele momento eles estavam tentando se divertir.

Importante mencionar que a função lúdica da atividade se sobressaiu e os alunos desprezaram a questão conceitual, por um momento. Como ressalta Kishimoto (1996), para que a utilização de ferramentas lúdicas seja eficiente e promova uma aprendizagem significativa, deve haver um equilíbrio entre duas funções: a lúdica e a educativa. Para o autor, a lúdica está relacionada ao caráter de diversão e prazer que a ferramenta irá propiciar, e a educativa se refere à apreensão de conhecimentos, habilidade e saberes.

Bem como também, para a realização da atividade houve a utilização de um artefato midiático, o simulador PhET “Monte uma Molécula”, antes desconhecido para a maioria deles. O que causou euforia ao introduzir esse processo com a turma, pois eles estão habituados à utilização de ferramentas tradicionais e não menos importantes, como o livro didático.

Conforme Andrade *et al.* (2020), os alunos da geração Z são receptivos a essas tecnologias, portanto, cabe ao professor aprender como introduzir pedagogicamente esses recursos em sua prática docente, sempre tentando trazer um planejamento com foco na ferramenta utilizada. Assim como, é importante que os objetivos a serem alcançados com o uso dessa ferramenta sejam listados, tentando sempre fazer um breve comentário sobre os conceitos trabalhados com explanação de como manusear o recurso didático e focando assim numa metodologia de ensino com atividade guiada que realmente contemple os problemas a serem respondidos pelos discentes.

Apesar das tecnologias fazerem parte da rotina das pessoas, inclusive no ambiente escolar. Infelizmente, ainda podemos perceber que muitos docentes não aderiram a essas tecnologias digitais, ocasionando uma subutilização no uso de ferramentas que possa contribuir no processo de aprendizagem dos atuais discentes.

Isso é confirmado por Guerreiro e Batinni (2014), quando ressaltam que rever as práticas pedagógicas é sem dúvida no contexto atual o caminho inevitável para entender, aceitar e corroborar para que na Educação Básica as tecnologias sejam vistas como possibilidade de ampliação da qualidade do ensino e recurso de qualidade imprescindível na prática educativa.

4.2. Análise da 2ª etapa: atividade acerca de Reações Químicas (Atividade 2)

Nesta etapa, houve participação de 22 estudantes da TC e 30 da experimental na aplicação das atividades (Figura 15). Os alunos que estiveram ausentes por motivos de doença, apresentaram atestado médico como justificativa para a professora da turma.

Figura 15 - Aplicação da atividade 2 na TC e na TE.



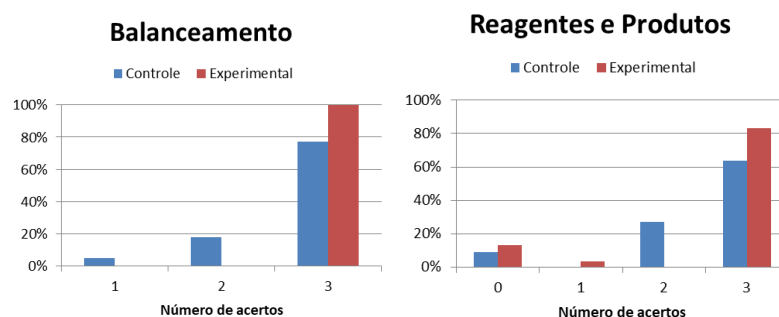
Fonte: Registro feito pelo autor durante a execução da pesquisa (2022).

De acordo com o observado na atividade anterior, para os conhecimentos trabalhados, a aprendizagem dos estudantes da TC foi mais efetiva que dos estudantes da experimental. Contudo, nesta atividade foi observada uma inversão no rendimento dos estudantes das duas turmas.

A fim de cumprir um dos objetivos desta atividade, que era “Balancear uma equação química”, foram propostas três questões para os estudantes (Questões 1, 2 e 4). Para ter sucesso, era necessário que os aprendizes tivessem solidificados em sua estrutura cognitiva os conhecimentos prévios trabalhados na atividade anterior, como os conceitos de índice, coeficiente e substâncias simples e composta. Assim como também os novos conceitos trabalhados nas aulas posteriores à primeira atividade, como “reconhecer reagentes e produtos”, e também que “o número de átomos de cada elemento é conservado em uma reação química”.

Para a TC, na primeira questão, onde foi solicitado que os estudantes ajustassem os coeficientes de equações pré-determinadas, observou-se uma manutenção do percentual médio de acertos, em relação à atividade anterior (Quadro 3 - item d), para os itens em que era necessário realizar algum cálculo. Para o grupo de estudantes que balancearam incorretamente ao menos uma equação, 23%, infere-se que os conceitos necessários para realizar o balanceamento de uma equação química, classificados por Ausubel (2003) como potencialmente significativos, não estavam solidificados na estrutura cognitiva dos aprendizes. Outra hipótese é a dificuldade de realizar cálculos matemáticos simples, infelizmente, uma situação corriqueira para estudantes do Ensino Médio de acordo com Mendes, Santana e Pessoa Júnior (2017). Já na TE, todos os estudantes conseguiram balancear corretamente as equações propostas, idênticas as da TC (Figura 16).

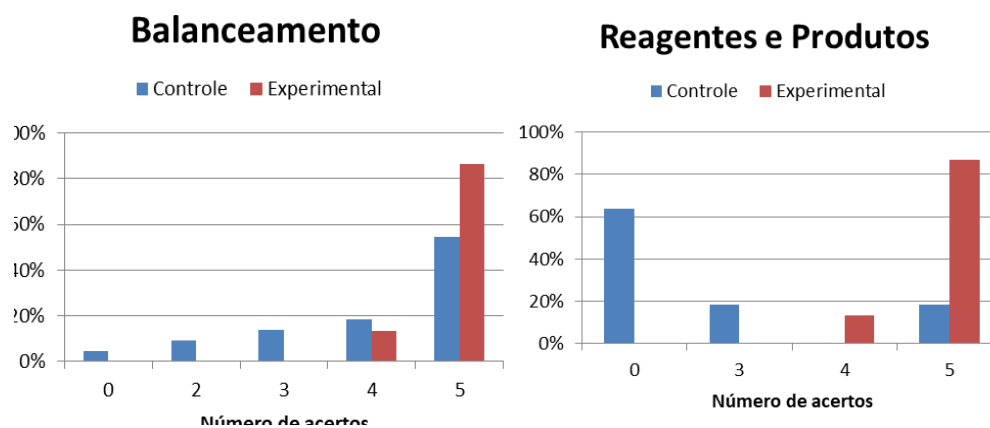
Figura 16 - Respostas dos estudantes para a primeira e a segunda questão respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados da pesquisa.

Este mesmo padrão foi verificado tanto na segunda (Figura 16) como na quarta questão (Figura 17), em que os estudantes da TE apresentaram maior percentual de acertos que os da TC.

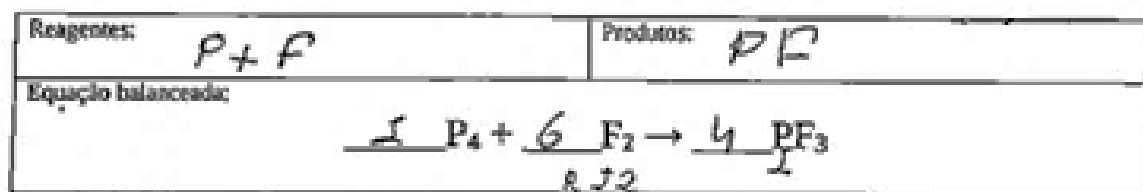
Figura 17 - Respostas dos estudantes para a quarta questão.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados da pesquisa.

O aumento do percentual de erros da TC em relação a TE na questão quatro, aparentemente, deve-se a três hipóteses predominantes. Tem o fator da dificuldade na interpretação de texto, que segundo Espinoza (2010), a interpretação de um texto de ciências é sempre difícil para um aluno que lê para aprender um conhecimento novo. Para que ele consiga fazer uma interpretação correta, devem existir condições didáticas que facilitem esta apropriação. Situação que pode ser exemplificada pelos estudantes que responderam no espaço reservado aos “reagentes” e “produtos”, apenas os símbolos dos elementos químicos que formavam as substâncias (Figura 18).

Figura 18 - Recorte da questão 4 da segunda atividade de um estudante



Outra possível hipótese é a ausência de clareza acerca da definição conceitual de elemento e substância. O que leva a supor que o balanceamento pode ter sido realizado mecanicamente, sem que o estudante tenha tido domínio teórico acerca do

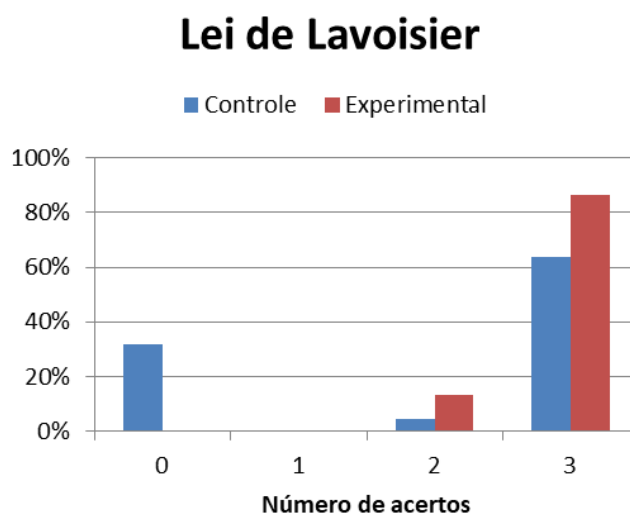
conhecimento básico para realiza-lo, e por isso não conseguiu balancear corretamente todas as equações químicas.

Em oposição ao caminho metodológico escolhido pela professora nas aulas teóricas, que instigava os estudantes a uma aprendizagem por recepção. Na qual, em acordo com Ausubel (2003), inicialmente era realizado o tratamento das informações, procurando deixá-las mais acessíveis para o estudante. E diante das informações necessárias, o aprendiz procurava meios de inter-relacionar o material apresentado com os conhecimentos prévios de sua estrutura cognitiva. Segundo Moreira (1999), tanto a aprendizagem por descoberta como por recepção podem ser significativa ou mecânica, dependendo da maneira como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva.

E por fim, mais uma vez, a questão da dificuldade de operacionalizar cálculos matemáticos simples, que conforme Mendes, Santana e Pessoa Júnior (2017) é um fator que dificulta a operacionalização do balanceamento de equações pelos estudantes.

A terceira questão apresentada nesta atividade demandava ao estudante “reconhecer que o número de átomos de cada elemento é conservado em uma reação química, assim como a massa das substâncias reagentes e produtos”, como uma aplicação da Lei de Lavoisier. Conforme observado nas questões já discutidas, manteve-se o padrão de aumento no percentual de respostas corretas da TE em detrimento da TC (Figura 19).

Figura 19 - Respostas dos estudantes para a terceira questão



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados da pesquisa.

Diante dos dados mostrados até aqui em relação às duas atividades realizadas nas duas turmas, é notório o aumento do rendimento dos estudantes da TE e a manutenção ou leve declínio dos estudantes da TC. A hipótese predominante para a melhoria do rendimento dos estudantes da TE é que o simulador PhET “balanceamento de equações químicas”, utilizado como ferramenta de apoio na aplicação da segunda atividade, atuou como um organizador prévio.

Conforme Moreira (2011), o organizador prévio tem como principal função, realizar conexão entre o que o aluno já sabe e o que ele deveria saber, a fim de que as novas informações venham a ser ancoradas de forma significativa. Ou seja, os organizadores prévios são importantes para facilitar a aprendizagem funcionando como “pontes cognitivas”.

Para a segunda atividade aplicada na TE, infere-se que parte dos estudantes não tinha os conhecimentos prévios necessários solidificados em sua estrutura cognitiva. Contudo, o simulador PhET é uma ferramenta visual que faz a relação entre os níveis representacional, que faz referência aos símbolos, fórmulas e equações químicas, e submicroscópico, o qual corresponde aos processos de abstração necessários para compreensão de muitos conceitos.

Os estudantes puderam observar no simulador, simultaneamente, o rearranjo dos átomos para a decomposição e posterior formação das novas substâncias (modo submicroscópico), e o efeito causado na quantidade de moléculas pela sua sugestão de coeficiente na equação química (modo representacional). Dessa forma, a ludicidade trazida pelo simulador PhET na abordagem dos conceitos foi fator determinante para que os estudantes tivessem uma aprendizagem significativa.

É possível afirmar que os estudantes da TE tiveram uma aprendizagem significativa, através do emprego do simulador PhET como organizador prévio. Pois, segundo Ausubel (1980), a possibilidade de propiciar uma aprendizagem significativa em sala de aula envolve algumas condições fundamentais, que foram seguidas na abordagem metodológica deste trabalho:

a) Os subsunçores que os alunos deveriam ter para aprender o conteúdo significativamente foram identificados através dos resultados da primeira atividade; b) Diante dessa informação, a abordagem metodológica usada pelo professor propiciou um meio para que os estudantes pudessem adquirir estes subsunçores, como a utilização de um organizador prévio, o PhET “Balanceamento de equações químicas;

- c) O emprego do PhET priorizou a associação de conceitos com os subsunçores do aprendiz de forma a criar uma aprendizagem significativa;
- d) Os estudantes, que já tinham familiaridade com a ferramenta midiática utilizada, estavam animados para explorá-la novamente e conhecer novas formas de aprender o conteúdo sem apenas memorizar mecanicamente, pois, é relativamente comum os alunos habituados a métodos tradicionais de ensino fazerem isso.

Dessa forma, o emprego do simulador PhET “Balanceamento de equações químicas” foi relevante acerca da aprendizagem da temática Reações Químicas para alunos do 1º ano do ensino médio. Revelando que uma proposta de utilização bem estruturada pode trazer resultados satisfatórios de aprendizagem, corroborando sua principal função que, segundo Araújo, Paulo Neto e Oliveira (2021), “consiste em ser uma efetiva ferramenta de aprendizagem, fortalecendo bons currículos e os esforços de bons professores”.

4.3. Análise dos Mapas Conceituais (MC)

Os MC favorecem o acompanhamento de uma construção conceitual que envolve a interação entre os conhecimentos prévios e os novos conceitos a serem adquiridos. E segundo Novak e Gowin (1984), também pode atuar como instrumento de avaliação individual, pois faz com que o estudante se esforce para perceber e relacionar os conceitos abordados em sala. Através de um MC construído por um estudante, é possível analisar a sua estrutura cognitiva sobre como ele organiza, hierarquiza, integra e relaciona os conceitos explorados durante o estudo de uma unidade didática. Expondo os eventuais indícios de ocorrência da assimilação significativa da informação e evidenciando o grau de relação que ele estabelece mentalmente entre os conceitos pertinentes a um campo de conhecimento.

4.3.1. Categorização dos Mapas Conceituais dos Estudantes

Novak e Gowin (1984) afirmam que não existe uma única forma para a elaboração de um MC. E diante disso, é importante destacar que este trabalho foi constituído a partir de uma abordagem qualitativa, e os mapas não foram analisados como corretos ou errados. E sim, se estavam organizados de acordo com as categorias propostas e se

apresentam evidências de uma aprendizagem significativa baseadas nas associações cognitivas realizadas sobre o assunto, na estrutura do MC.

Nesta etapa, 33 estudantes da TC e 29 da TE confeccionaram um MC. Os quais foram analisados de acordo com o proposto por Novak e Gowin (1984), e na concepção cognitiva de Moreira (2012), segundo as categorias de avaliação qualitativa:

- Hierarquização, que está relacionada à abrangência relativa dos conceitos;
- Proposições, de acordo com o número de conceitos e relações válidas;
- Diferenciação Progressiva, quando conceitos mais gerais incluem os mais específicos, e reconciliação Integrativa, que envolve as relações cruzadas ou transversais entre conceitos.

Sendo que para cada uma das categorias, os mapas foram qualificados em um dos três níveis a seguir: bastante satisfatório (BS), satisfatório ou não satisfatório (NS).

Para a análise e categorização dos MC, foi realizado um estudo individual, no qual foi verificado o nível dos princípios que representam indícios de aprendizagem significativa. Assim como um estudo comparativo entre os mapas conceituais da TC e da TE. Esse confronto objetivou averiguar se ocorreu uma aprendizagem significativa da temática, bem como se houve melhores resultados na turma em que o PhET simulações foi utilizado como ferramenta de apoio à resolução das atividades.

Dessa forma, cada uma dessas categorias teve seus resultados analisados e discutidos separadamente, os quais são apresentados a seguir (Quadro 6).

Quadro 6 - Sumarização das qualificações para categorias avaliadas

Categorias	Elementos Observados	Qualificação	TC	TE
Hierarquização	Parte de conceito mais geral para conceitos menos abrangentes	Bastante satisfatório	30%	60%
		Satisfatório	34%	28%
		Não satisfatório	36%	12%
Proposições	Relacionam conceitos válidos em níveis hierárquicos coerentes	Bastante satisfatório	27%	42%
		Satisfatório	30%	38%
		Não satisfatório	43%	20%
Diferenciação progressiva/	Inter-relaciona conceitos de forma adequada	Bastante satisfatório	9%	10%
		Satisfatório	15%	41%

Reconciliação integrativa		Não satisfatório	76%	49%
---------------------------	--	------------------	-----	-----

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados obtidos na pesquisa (2022).

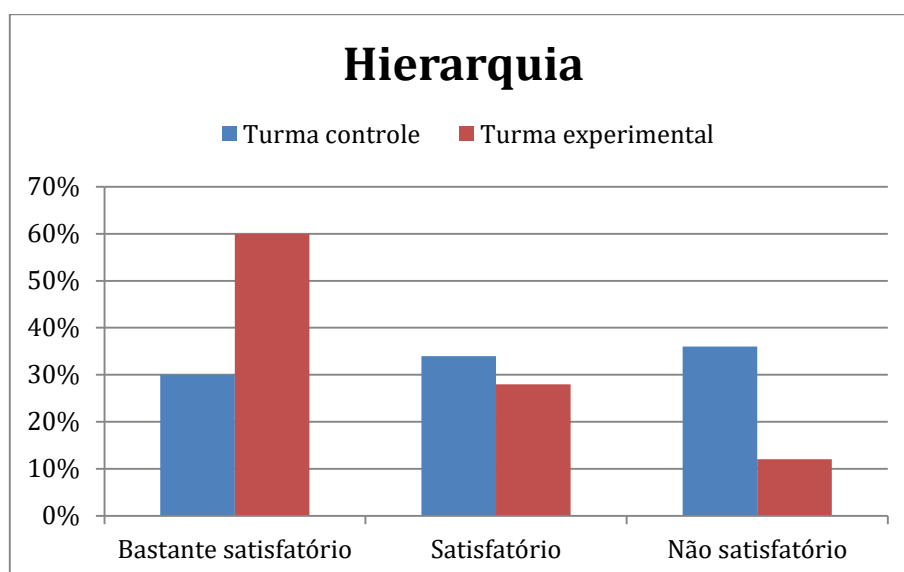
4.3.1.1. Hierarquia

Segundo Moreira (2012) e Novak e Gowin (1984), os MC devem ser hierárquicos, ou seja, os conceitos mais gerais precisam estar no topo e os mais específicos, menos inclusivos, devem estar dispostos sucessivamente abaixo deles. Dessa forma, para definir o nível ao qual pertencia o mapa, foi observado se o instrumento partia de conceitos mais gerais para conceitos mais específicos, em toda a sua extensão. Para ser qualificado como BS o MC deveria apresentar a hierarquização de conceitos abrangentes para específicos em 80% ou mais de sua extensão. Se o MC apresentasse entre 50-80% das relações de hierarquia de forma correta, seria categorizado como Satisfatório. E caso o mapa não tivesse até metade da sua estrutura hierárquica válida, seria categorizado como NS.

Observando o gráfico a seguir (Figura 20), pode-se afirmar que para os alunos da TC houve um equilíbrio entre as três qualificações. No geral, na maioria dos mapas desta turma há uma indisponibilidade de uma ordem hierárquica, de modo que na hora de organizar os conceitos, os aprendizes apresentaram no topo do mapa os conceitos mais específicos e abaixo os conceitos mais abrangência, denunciando a falta de hierarquização dos mapas construídos.

Enquanto na TE verificou-se que a maioria dos estudantes conseguiu apresentar uma sequência hierárquica dos conceitos, que corresponde ao nível de qualificação BS. Revelando assim uma organização hierárquica no cognitivo da maior parte dos discentes, que utilizaram o PhET na realização das atividades. O que é corroborado por Moreira (2012), quando ele afirma que mapas mostram relações hierárquicas entre conceitos, e que podem ser usados como instrumentos para representar a estrutura cognitiva do aprendiz.

Figura 20 - Gráfico comparativo para a categoria hierarquia da TC e da TE.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados obtidos na pesquisa (2022).

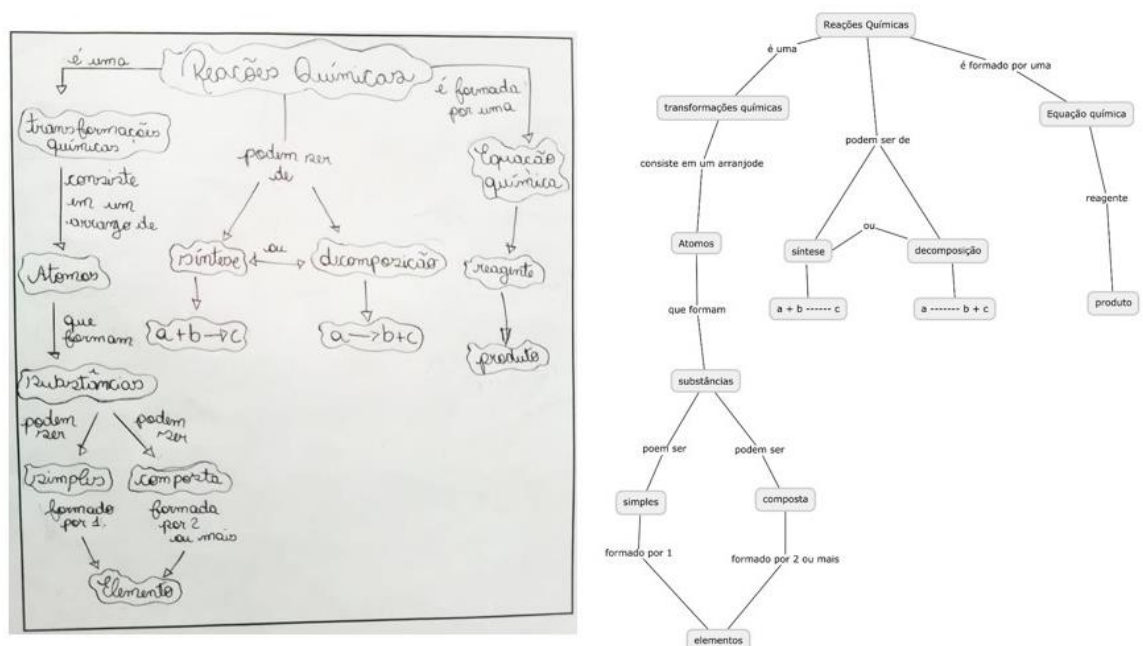
Moreira (2012) afirma que um mapa deve ser visto como apenas uma das possíveis representações de uma estrutura conceitual. E a partir da estruturação destas informações é possível ter ideia acerca da organização cognitiva das ideias do estudante.

No mapa a seguir (Figura 21), qualificado como BS, contempla-se uma hierarquização dos conceitos conforme Moreira (2012).

Em um modelo que se baseia na ideia de diferenciação conceitual progressiva, a orientação é tal que os conceitos mais gerais e inclusivos aparecem no topo do mapa. Prosseguindo de cima para baixo, no eixo vertical, outros conceitos aparecem em ordem descendente de inclusividade até que, ao pé do mapa, chega-se aos conceitos mais específicos. Exemplos podem também aparecer na base do mapa (MOREIRA, 2012).

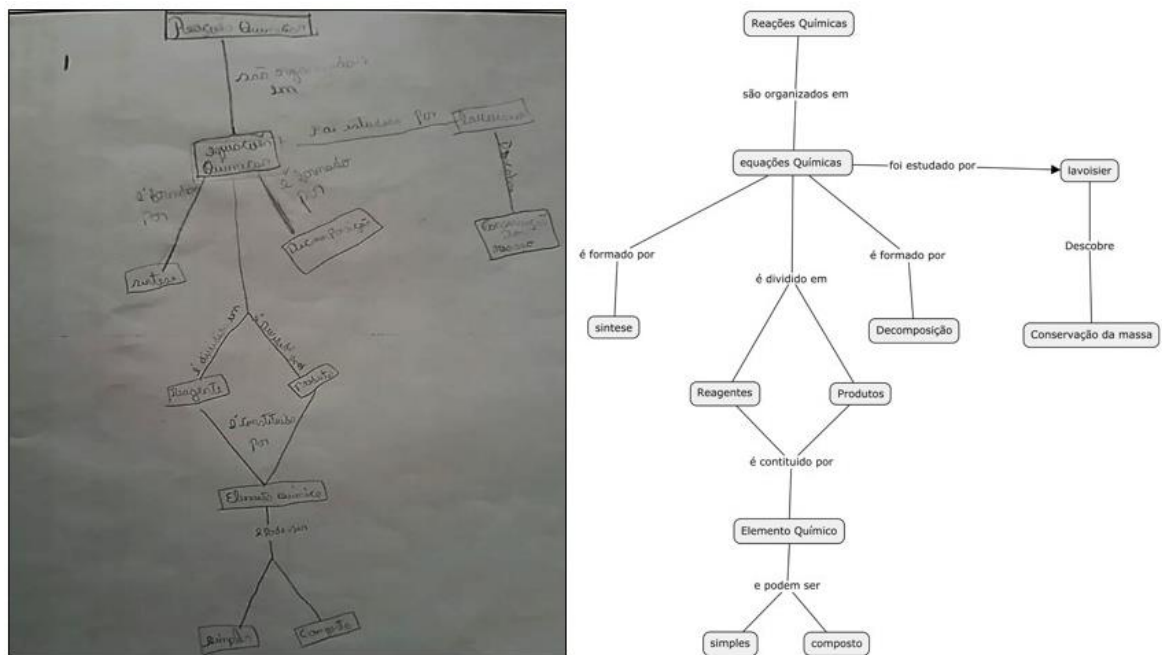
O MC apresentado pelo aluno E1 (Figura 22), qualificado como NS, exemplifica um mapa com algumas relações hierárquicas inválidas. O mapa reflete bem o que o participante não assimilou e diferenciou bem os conceitos de substância e elemento químico. Isto foi detectado na hora de expor os conceitos mais gerais e específicos na feitura do mapa através de uma inversão na hierarquia, onde foi colocado os conceitos mais específicos e menos abrangentes antes dos conceitos gerais, nas duas últimas relações hierárquicas propostas pelo estudante.

Figura 21 - Mapa elaborado pelo aluno E4 da TE.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados da pesquisa.

Figura 22 - Mapa elaborado pelo aluno E1 da TE.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados da pesquisa.

Para Tavares, Muller e Fernandes (2018), a estrutura dos MC é fator importante para a compreensão detalhada da relação entre os conceitos presentes na estrutura cognitiva dos indivíduos, pois ao se avaliar a qualidade em termos de estrutura e conceitos, pode-se verificar a ocorrência ou não da aprendizagem significativa.

Em relação à organização hierárquica, através de comparação entre os mapas construídos pelos estudantes da TC ou da TE, foi verificado que os estudantes da TE, que utilizaram o PhET simulações como ferramenta de apoio para realização de atividades propostas, apresentaram um melhor progresso cognitivo na compreensão da temática Reações Químicas.

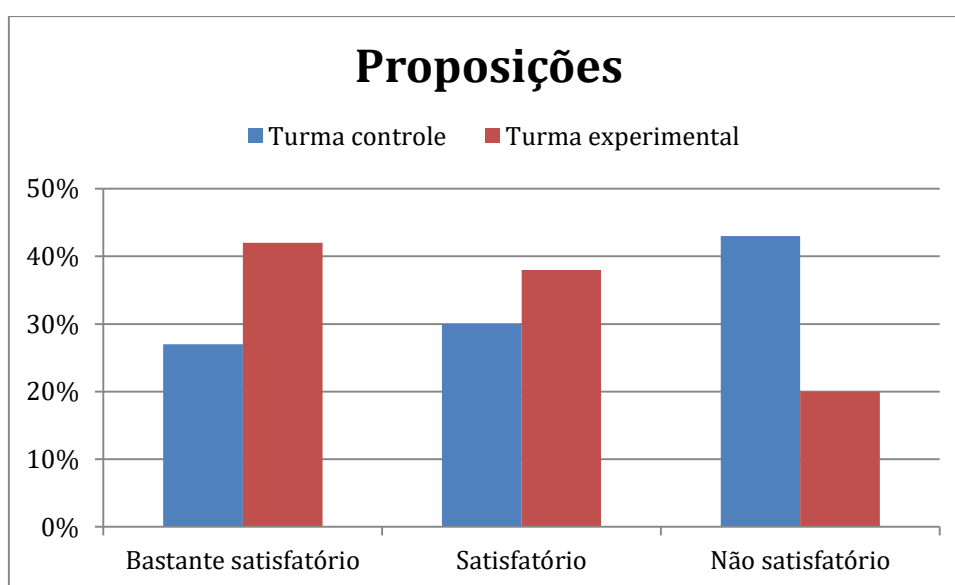
4.3.1.2. Proposições

Segundo Novak e Gowin (1984), uma proposição é constituída por dois ou mais conceitos unidos por palavras de ligação formando uma unidade semântica, ou seja, a leitura da proposição deve fazer sentido.

Para definir o nível do MC segundo as proposições estabelecidas pelos estudantes das duas turmas, foi analisada a relação entre os conceitos em níveis hierárquicos coerentes. O mapa foi considerado com nível BS quando o número de proposições válidas em níveis hierárquicos totalizava 80% ou mais da sua extensão. Se apresentasse entre 50-80% de relações válidas entre conceitos, seria qualificado como Satisfatório Enquanto que se não apresentasse até metade de proposições coerentes seria considerado NS.

O gráfico a seguir (Figura 23) resume os resultados das duas turmas para a categoria proposições.

Figura 23 - Gráfico comparativo para a categoria proposições da TC e da TE.



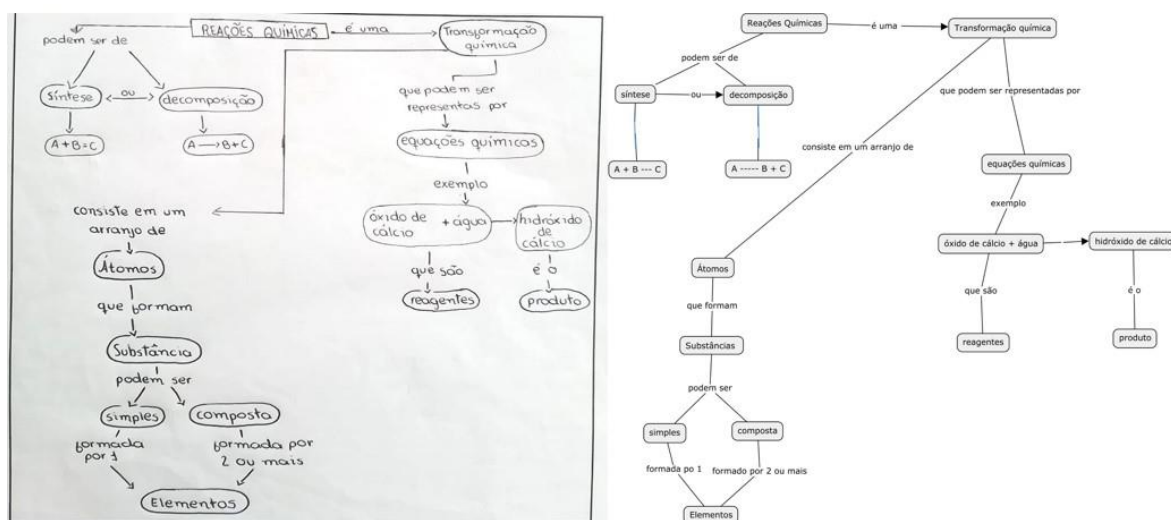
Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados obtidos na pesquisa (2022).

De acordo com Novak e Gowin (1984), um dos indícios da ocorrência de aprendizagem significativa é a construção de proposições válidas, que possuam sentido. Ou seja, o aprendiz precisa relacionar os novos conhecimentos com as proposições e conceitos mais relevantes que já existem na sua estrutura cognitiva. Contudo, podemos concluir que de acordo com o gráfico apresentado (Figura 23), a maioria dos discentes da TC não conseguiu realizar este processo. Ao analisar os MC construídos, percebeu-se que estes estudantes não obtiveram sucesso ao relacionar os conceitos com termos de ligação coerentes, mostrando que houve dificuldade de compreensão da temática trabalhada.

Na TE percebeu-se o padrão inverso, com a maior parte dos aprendizes na categoria BS e satisfatório. Pois, apresentaram, em sua maioria, proposições válidas que relacionam bem os conceitos através do uso de palavras de ligação e apresentando sentido válido.

O MC apresentado pelo aluno E2 (Figura 24), qualificado como BS, apresenta uma quantidade significativa de conceitos e proposições válidas em quase toda a sua extensão com boa quantidade de palavras de ligação demonstrando hierarquicamente o conteúdo seguindo os princípios da aprendizagem significativa (NOVAK; GOWIN, 1984). O conjunto formado pelos conceitos e termos de ligação estabelecidos originam uma mensagem completa e coerente.

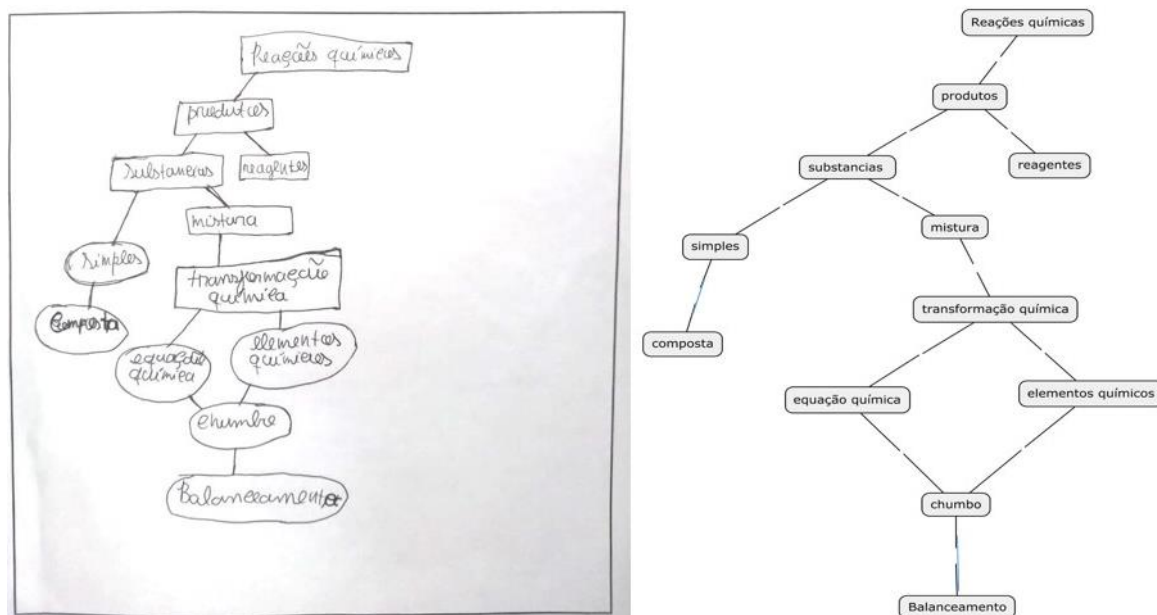
Figura 24 - Mapa elaborado pelo aluno E2 da TE.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados da pesquisa.

Como observado, os estudantes da TE apresentaram melhores resultados em relação às proposições válidas do que os da TC. Contudo, os MC qualificados como NS, da primeira turma, apresentaram em sua maioria a estruturação de um mapa mental (Figura 25). Pois de acordo com Novak (2002) o uso de um termo de ligação que expresse incerteza indica uma compreensão parcial sobre o conteúdo e a ausência do termo de ligação impede o entendimento da relação conceitual, originando um mapa mental.

Figura 25 - Mapa elaborado pelo aluno E21 da TE.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados da pesquisa.

A ausência de frases de ligação leva a hipótese inicial de que estes aprendizes não compreenderam a organização de um MC. Entretanto, ao analisar o MC construído pelo aluno E21, o qual tem uma estruturação semelhante aos demais da sua qualificação, observa-se que além da ausência de frases de ligação não houve também coerência nem hierarquia entre os conceitos interligados.

E de acordo com Ausubel (2003), a disposição para aprender é imprescindível para que a aprendizagem seja significativa. Assim, para os aprendizes desta qualificação, é possível afirmar que eles não tiveram uma aprendizagem significativa acerca da temática.

Portanto, foi constatada no geral da avaliação para a categoria proposições, uma melhor aprendizagem dos alunos da TE em comparação a TC, devido a um maior número de proposições válidas em seus mapas.

4.3.1.3. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Segundo Moreira (2012) a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são dois processos relacionados que ocorrem no decurso da aprendizagem significativa. Toda aprendizagem que resulta em reconciliação integrativa também indica que houve diferenciação progressiva adicional de conceitos e proposições. Ou seja, para o autor, a reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva.

Assim, para especificar a qualificação segundo a categoria em questão, foi analisado se os discentes estabeleceram ideias mais gerais e inclusivas no topo do mapa, bem como se foi explorada alguma relação entre as ideias (ligações cruzadas), a fim de mostrar as semelhanças e as diferenças significativas encontradas nos conteúdos estudados. Foi considerado com qualificação BS, o MC que apresentou diferenciação entre os conceitos em toda a sua extensão e ao menos uma reconciliação integrativa. A classificação satisfatória foi atribuída quando o MC apresentou em toda a sua extensão a diferenciação progressiva entre os conceitos. E a NS quando a diferenciação entre os conceitos não aconteceu em toda a extensão do MC.

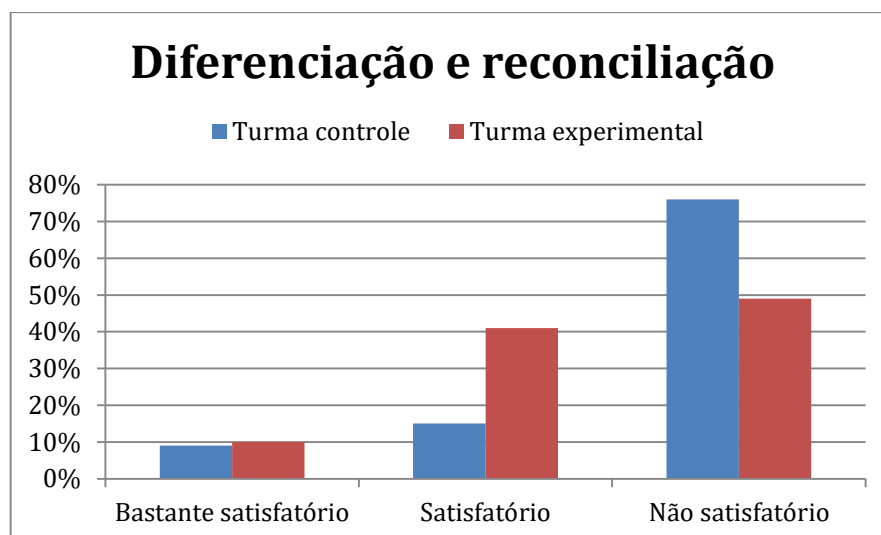
Essa categoria é fundamental para verificar a ocorrência da aprendizagem significativa do aprendiz, pois é a partir dela que se verifica como o aprendiz está relacionando um determinado conceito com outros da mesma ou de diferentes hierarquias. Dessa forma, de acordo com o gráfico a seguir (Figura 26), a maioria dos alunos de ambas as turmas precisa evoluir no quesito reconciliação integrativa.

Segundo Novak e Gowin (1984) a ocorrência de ligações cruzadas indica a relação entre ideias, em outras palavras, a reconciliação integrativa. A qual pode indicar capacidade criativa na percepção de um elo conceitual entre dois segmentos do mapa.

No MC apresentado a seguir (Figura 27), representando a qualificação BS, pode-se observar a diferenciação entre os conceitos bem estabelecida, com hierarquia em toda a sua extensão, bem como duas relações entre segmentos diferentes do mapa,

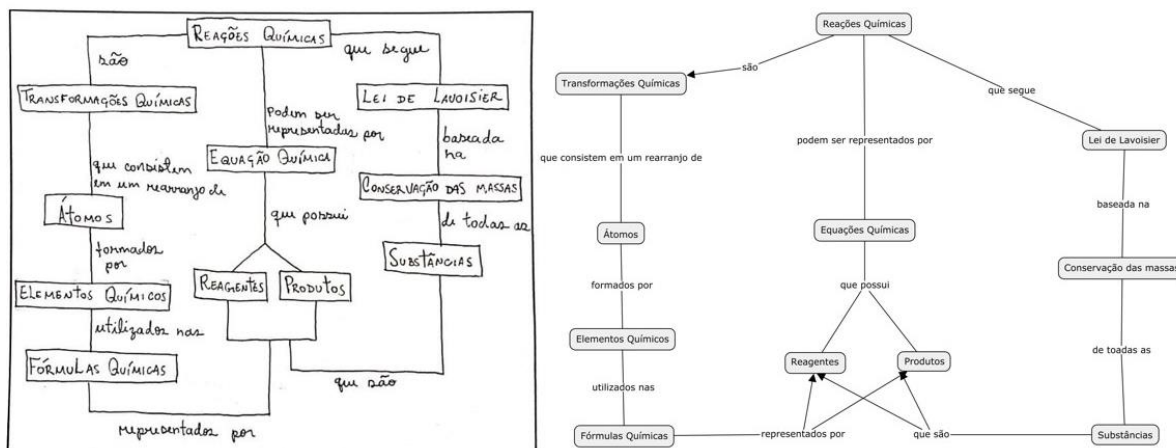
quando o estudante relacionou os conceitos de “Reagentes” e “Produtos” com “Substâncias” e “Fórmulas Químicas”.

Figura 26 - Gráfico comparativo para a categoria diferenciação e reconciliação da TC e da TE.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados obtidos na pesquisa (2022).

Figura 27 - Mapa elaborado pelo aluno E28 da TE.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados da pesquisa.

Este tipo de ligação com integração de significados conceituais favorece a retenção e o uso posterior de conceitos, que é um fator relevante para indicar a ocorrência de aprendizagem significativa e que não se percebe, quando a aprendizagem é mecânica (MOREIRA, 2010).

Desta forma, é possível observar que este aprendiz concretizou o processo de relação entre o saber novo com o já existente construindo seu conhecimento, tornando-o mais

Novak e Gowin (1984) afirmam que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são mais valorizadas quando se vai realizar a avaliação de um MC. Dessa forma, a utilização dos simuladores PhET, que atuaram como organizadores prévios, como ferramenta de apoio adicional na resolução das atividades funcionou positivamente para um pequeno grupo de alunos, ao considerar estes dois critérios juntos como prioritários.

4.4. Entrevista para avaliação do PhET como recurso de apoio adicional na resolução de atividades

Nesta seção, serão apresentados os resultados sobre as percepções dos estudantes da TE, em relação à utilização do simulador PhET como ferramenta de apoio adicional na resolução das atividades aplicadas. Estas informações foram coletadas por meio de uma entrevista semiestruturada realizada com três estudantes que aceitaram o convite realizado a todos os aprendizes da TE.

Vale ressaltar que as entrevistas foram realizadas individualmente e que as conversas iniciaram-se através da explicação aos estudantes que seria uma conversa informal acerca do uso do PhET e que eles poderiam ficar à vontade para ressaltar algum ponto que não estivesse contemplado nas perguntas iniciais.

4.4.1. Análise das percepções dos alunos acerca do uso do simulador PhET

Os três estudantes que participaram da entrevista afirmaram não conhecer o PhET simulações até a primeira aula desta abordagem metodológica, no laboratório de informática da escola. Bem como não tiveram dificuldade na manipulação do simulador. O estudante 03 relatou o seguinte:

“Não conhecia o PhET. Fiquei sabendo pela aula da professora, no laboratório. Tanto que depois eu entrei no site para ver o de matemática e física, foi legal também. A gente tava estudando gráfico em matemática dois, aí no PhET tinha uma simulação da matéria que me ajudou bastante também.”

“Não tive dificuldade pra mexer. O professor explicou bem como a gente poderia utilizar e foi uma maneira mais didática para a gente aprender.”

Após ser apresentado ao simulador, na segunda etapa desta pesquisa, o aluno mostrou iniciativa e curiosidade ao explorar as demais simulações do PhET. Assim

como outros estudantes da TE relataram em um momento informal, ao final do último encontro. Com isso, pode-se perceber que a ferramenta a qual funcionou como organizador prévio despertou a curiosidade dos estudantes e os incentivou a explorar mais ainda a plataforma, revelando que eles tinham disposição para aprender, condição indispensável para que a aprendizagem seja significativa (MOREIRA, 2011). Do ponto de vista da aplicação da tecnologia, o que foi observado até aqui está em concordância com Sousa (2019), o qual reforça que com o uso de *softwares*, o estudante poderá seguir seu próprio ritmo de estudos, permitindo uma maior autonomia no seu processo de aprendizagem.

Ao serem questionados acerca da experiência na utilização do PhET e sobre pontos positivos e negativos da sua utilização, o mesmo estudante (03) trouxe à discussão a falta de rotina na utilização de ferramentas tecnológicas e de aulas fora do espaço formal da sala de aula, como pontos negativos e que possivelmente podem ter atrapalhado não só a ele, como a outros estudantes. Corroborando com as percepções do pesquisador e da professora da turma.

“Como foi tipo, a nossa primeira atividade fora de sala, diferente, no laboratório de informática com um simulador, a galera ficou mais animada, fez muito barulho e eu não tava conseguindo nem entender o que era pra fazer, no começo. Mas depois que o professor foi na minha cadeira e me explicou eu entendi.”

As demais percepções colocadas pelos estudantes foram positivas. A estudante 01 afirmou que

“O PhET me ajudou a entender, de uma forma que eu pudesse não ver apenas um caderno, uma coisa assim parada, mas realmente uma simulação de como aquilo acontecia. E eu achei bem interessante”.

Conforme Rodrigues e Nascimento (2020), o uso de simuladores pode auxiliar na construção do conhecimento pelos alunos, pois eles tornam o modo submicroscópico menos abstrato. Isto foi observado nas conversas com os alunos 02 e 03, respectivamente, onde se percebeu que o PhET foi uma ferramenta complementar à utilização do livro didático.

“A gente tem essas mesmas imagens no livro né, de átomo, da molécula, mas no simulador você vê o movimento. No Phet a gente consegue ver a trajetória do átomo, já no livro não dá pra gente ver totalmente a percepção das coisas. Agora com o PhET eu acho que facilita muito a visualização.”

“Eu acho legal por causa desse negócio visual porque tinha uma função dele que você colocava quanto eu quero, tipo colocando quatro átomos de hidrogênio e um átomo de carbono. Aí ele forma uma molécula que você nem sabe que existe. Aí então a gente passou um tempão montando molécula para a gente saber que existia. E eu acho que representa muito melhor do que no livro, porque no livro tem as moléculas prontas, só que a gente pode montar no PhET.”

A utilização da tecnologia de forma planejada, com objetivos claros do que se quer alcançar, pode e deve ser aplicada em favor da aprendizagem. O que é corroborado por Silva, Cantanhede e Cantanhede (2020), quando relatam que o uso planejado das TDIC contribui para o envolvimento dos alunos durante as aulas bem como pode contribuir com o processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Adicionalmente ao seu primeiro comentário, a estudante 01 relatou o seguinte:

“O Phet é uma maneira mais interativa. A gente tem aquele contato, está ali com a coisa que também é voltada para a gente, que é a tecnologia, a internet. Então, para mim foi isso.”

Os alunos relataram que a turma ficou extasiada com as atividades diferenciadas que tiveram no laboratório de informática, que até os alunos com mais dificuldade na disciplina se envolveram e conseguiram melhorar os conceitos trabalhados em sala de aula. A interatividade proporcionada pela ferramenta aliada à colaboração proposta na realização das atividades em dupla proporcionou aos estudantes observações e discussões que não poderiam ser vivenciadas apenas com a abordagem metodológica tradicional para realização de atividades em sala de aula.

Com isso, é possível perceber a necessidade que os estudantes têm de que os professores habituem-se a inserir, em suas propostas metodológicas, a utilização de tecnologias, sejam simuladores, jogos ou afins. Pois, muitas vezes, é necessário entrar no mundo do estudante para conseguir alcançá-lo e chamar a sua atenção para a importância dos conteúdos trabalhados em sala de aula. É importante também que os aprendizes enxerguem a aplicação prática daquilo que é estudado, e para isso o professor precisa buscar meios de tornar o conhecimento significativo e acessível aos alunos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi desenvolvida com a finalidade de analisar a utilização da plataforma PhET na promoção da aprendizagem significativa do conteúdo de Reações Químicas em uma turma do 1º ano do Ensino Médio. Isto foi realizado através da resolução de duas atividades e elaboração de um Mapa Conceitual pelos alunos desta turma, a experimental, e de outra, a controle, na qual não foram utilizadas ferramentas tecnológicas em adição ao uso do livro didático.

Constatou-se que os resultados da primeira atividade foram numericamente superiores para a TC em detrimento da TE, diferente do que se esperava. Pois se acreditava que, de imediato, a utilização do simulador como ferramenta adicional ao livro didático auxiliasse na compreensão dos conceitos químicos trabalhados.

Isso se deu em virtude de diversos fatores, sendo importante mencionar que os estudantes da TC estavam mais envolvidos na atividade do que os da TE. A professora fazia menos intervenções para atrair a atenção dos alunos da primeira turma e, consequentemente, os conteúdos para a resolução da Atividade 1 podem ter sido melhores compreendidos pelos estudantes. Outro fator que influenciou diretamente neste resultado foi a manutenção da rotina em sala de aula e à previsibilidade das ações, quando da realização da atividade.

Já na TE, a mesma ação aconteceu fora do ambiente formal da sala de aula, no laboratório de informática. Que segundo a professora, não é um espaço habitual na rotina escolar da disciplina de Química para estes estudantes, que naquele momento estavam tentando se divertir, conhecer e explorar a ferramenta tecnológica, que também era novidade para a maioria deles. A ação programada para a TE tinha um componente lúdico, o PhET, para auxiliar na resolução da atividade. Portanto, para a TE a função lúdica se sobressaiu à questão conceitual devido à euforia dos estudantes. E para que a utilização de ferramentas lúdicas, como PhET, seja eficiente e promova uma aprendizagem significativa, é necessário um equilíbrio entre duas funções: a lúdica e a educativa.

Com os resultados da aplicação da segunda atividade, foi observada uma inversão no rendimento dos estudantes das duas turmas, quando comparados com os da atividade anterior. De forma geral, a melhoria do rendimento dos estudantes da TE em relação à TC se deu em virtude do simulador PhET “Balanceamento de

equações químicas”, utilizado como ferramenta de apoio na aplicação da segunda atividade, ter atuado como um organizador prévio.

Dessa forma, ficou claro que o emprego do simulador PhET “Balanceamento de equações químicas” foi relevante acerca da aprendizagem da temática Reações Químicas para alunos do 1º ano do Ensino Médio. Pois, ao atuar como organizador prévio, ele fez uma ponte cognitiva entre a associação de novos conceitos e os subsunçores do aprendiz de forma a proporcionar uma concretização do aprendizado.

Além de que na segunda atividade, já não havia o componente “novidade” para os aprendizes da TE em relação ao simulador, e sim a expectativa de explorar a plataforma para criar novas formas de aprender o conteúdo sem apenas memorizar mecanicamente. Sem a euforia inicial, os estudantes da TE ficaram mais atentos à plataforma, e pelo fato do PhET ser uma ferramenta visual dinâmica, a relação entre os níveis representacional, referente aos símbolos, fórmulas e equações químicas, e submicroscópico, correspondente aos processos de abstração necessários para compreensão de muitos conceitos, foi mais eficiente, facilitando a compreensão dos conceitos antes abstratos, mais difíceis de serem compreendidos.

Por conseguinte, é importante ponderar a respeito da aplicação de tecnologias que possam auxiliar na compreensão do nível submicroscópico e sua relação com o representacional, com o intuito de colaborar com a compreensão da linguagem química e de suas representações.

Em virtude do grau de abstração envolvido na temática Reações Químicas, que pode dificultar o entendimento por parte dos aprendizes, muitas vezes sem maturidade cognitiva para compreender tais conceitos, pode-se afirmar que o simulador PhET atuou como uma ferramenta metodológica facilitadora da aprendizagem de conceitos químicos, assim como da relação com a representação formal utilizada pela ciência. Sendo constatado pela construção dos MC pelos discentes das duas turmas. Visto que na análise das três categorias dos mapas, a qualificação NS foi majoritária na TC. Mostrando que os estudantes da TE obtiveram resultados mais eficazes na avaliação das três categorias, revelando que o PhET foi um instrumento potencializador da aprendizagem significativa para a maioria dos estudantes deste grupo.

Portanto, vale ressaltar a importância da inclusão das tecnologias como aporte na compreensão de conteúdos químicos abstratos na rotina escolar dos estudantes. Visto que estes são cercados por tecnologias e a utilizam como uma extensão de si.

Nesse sentido, é válido e urgente que professores repensem e adequem sua prática pedagógica ao público-alvo em questão, no intuito de atraí-los e provocar apreço pelas ciências, tão desprezadas no contexto atual.

Contudo, mesmo com resultados mais positivos na TE, verificou-se pouca habilidade dos estudantes na construção de MC. Visto que a maior parte dos mapas considerados BS ou satisfatório nas três categorias, não continham conceitos diferentes dos elencados pela professora no início da atividade. Bem como, mais da metade dos estudantes não conseguiram realizar uma reconciliação integradora entre conceitos, revelando uma compreensão limitada acerca da temática trabalhada.

Assim sendo, a finalidade desta pesquisa foi alcançada quanto ao recurso tecnológico investigado. É possível afirmar, portanto, que a inserção rotineira de simuladores PhET no planejamento docente da disciplina de Química, no trato de conceitos abstratos, favorece a aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Glaylton Batista de; BORGES, Ronaldo da Silva; SÁ, Ézio Raul Alves de. Simulações computacionais: uma proposta de transposição didática no ensino de Química. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 7, 2021.
- ANDRADE, Luiz Gustavo da Silva Bispo; AGUIAR, Niliane Cunha; FERRETE, Rodrigo Bozi; SANTOS, Juliane dos. Geração Z e as metodologias ativas de aprendizagem: desafios na Educação Profissional e Tecnológica. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 1, n. 18, p. 1-18. 2020.
- ARAÚJO, Francisco Oliveira; PAULO NETO, Jonas Guimarães; OLIVEIRA, Francisco Leandro de. Uso do software de simulação PhET como recurso metodológico no ensino de óptica. **Revista Docentes**, v. 6, n. 14, p. 52-66, 2021.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. Plátano edições técnicas: Lisboa, 2003.
- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Ed. Interamericana Ltda: Rio de Janeiro, 1980.
- BARROS, Camila Ellert Dal Castel. **O uso instrucionista e construcionista das tecnologias digitais na contextualização dos conceitos químicos de substâncias puras e misturas no ensino médio**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Base nacional comum curricular (BNCC)**: educação é a base. Brasília: MEC, 2018.
- CASELLAS, Octavi; MAS, Fina Guitart. Simulaciones: herramientas para la enseñanza y el aprendizaje en Física y Química. In: CAAMAÑO, Aureli Caamaño. (Org.). **Física y Química**: Investigación innovación y buenas prácticas. Barcelona: Ed. Graó. 2011, p. 153-169.
- CASTRO, Adilson Valezin. **Utilização de mapas conceituais como um recurso de avaliação de conhecimentos prévios**. 2019. Dissertação (Mestrado profissional em educação nas profissões de saúde) – Faculdade de ciências médicas e da saúde, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2019.
- CORREIA, Ana Caroline Vieira; CAMARGO, Cléber Di Tano; FURLANI, Juliana Maria Sampaio. Relato de experiência de uma regência sobre estequiometria desenvolvida no ensino médio utilizando diferentes recursos: aprendizados e dificuldades. **Com a Palavra, o Professor**, v. 6, n. 15, p. 173-185, 2021.
- COSTA, Mônica Teixeira; TAVARES, Tatiane Teixeira. O uso de simuladores de internet para o ensino de Química. **Revista Mediação**, n. 9, p. 50-57, 2019.
- DANTAS, Jorismildo da Silva; FILGUEIRAS, Luanna Maria Beserra; CAVALCANTE,

Sergio Morais. TDIC na Educação Básica: Simulações PhET como proposta metodológica na disciplina de Matemática. *In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 4, 2017, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Editora Realize. 2017, p. 1-9.

DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, Cleci Werner da; GHIGGI, Caroline Maria. Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de física. **Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre**, v. 5, n. 1, p. 70-85, 2015.

ESPINOZA, A. **Ciências na escola**: novas perspectivas para a formação dos alunos. Tradução de Camila Boguea. São Paulo: Ática, 2010.

FAUSTINO, Lucas Allan Portes; LOBO, Midiely da Silva Vieira; BOGADO, Lais Vanessa da Silva. TIDC'S no ensino de Química, uma proposta dos discentes da Licenciatura em Química Campus Coxim utilizando REA. *In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO (EIGEDIN). Anais...* Naviraí: Eignedin, 2019. p. 1-5.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química**: ensino médio. 2. ed. Ática: São Paulo, 2016.

GUERRA, Marcelo Henrique Freitas Saraiva. **Uso de objetos de aprendizagem como instrumentos potencialmente significativos no estudo de ácidosbases: uma aplicação da aprendizagem significativa no ensino médio**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, CE, 2020.

GUERREIRO, Jackeline Rodrigues Gonçalves; BATTINI, Okçana. Novas Tecnologias na Educação Básica: desafios ou possibilidades. *In: III JORNADA DE DIDÁTICA*. Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2014. p. 1-11.

JOHNSTONE, Alex H. **Macro and micro-chemistry**. The school science review, p. 64-377, 1982.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. O jogo e a educação infantil. **Pro-posições**, v. 6, n. 2, p. 46-63, 1995.

LEITE, Joici de Carvalho; CARMO, Tânia do. Metodologia Mista. *In: MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira; BATISTA, Michel Corci. (Org.). Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências*. Maringá: Gráfica e Editora Massoni, 2021. p 35-47.

LIMA, Josiel Albino, SAMPAIO, Caroline de Goes, BARROSO, Maria Cleide da Silva, VASCONCELOS, Ana Karine da Silva, SARAIVA, Francisco Alberto. Avaliação da aprendizagem em química com uso de mapas conceituais. **Revista Thema**, v. 14, n. 2, p. 37-49, 2017.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. E. P. U: São Paulo, 1986.

MACEDO, Mariel dos Santos; PANTOJA, Glauco; MOREIRA, Marco Antônio. Modelos atômicos no ensino médio: uma unidade de ensino potencialmente significativa com ênfase em uma descrição epistemológica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 235-258, 2020.

MARTINS, Elcimar Simão; ARAÚJO, Damião Júnior Gonçalves; OLIVEIRA, Rodolfo Ferreira de. Ensino e aprendizagem de cálculo I em cursos de licenciatura: limites e possibilidades. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática**, v. 3, n. 9, p. 18–32, 2018.

MARTINS, Sabrina Oliveira; SERRÃO, Caio Renan Goes; SILVA, Maria Dulcimar de Brito; REIS, André Silva dos. O uso de simuladores virtuais na educação básica: uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de química. **Revista Ciência & Ideias**, v. 11, n.1, p. 216-233, 2020.

MASTRANTONIO, Tiago Maciel. **Uma proposta de utilização de mapas conceituais no processo de ensino e de aprendizagem de história no sétimo ano do ensino fundamental**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Tecnologia) – Instituto Federal Sul-rio-grandense, Pelotas, RS, 2019.

MELO, João Ricardo Freire de. **A formação inicial do professor de química e o uso das novas tecnologias para o ensino: um olhar através de suas necessidades formativas**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2007.

MENDES, Abinadabis Parente; SANTANA, Genilson Pereira; PESSOA JÚNIOR, Erasmo Sérgio Ferreira. O uso do software PhET como ferramenta para o ensino de balanceamento de reação química. **Revista Areté-Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 8, n. 16, p. 52-60, 2017.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, Marco Antônio. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. 2.ed. São Paulo: E.P.U., 2011.

MOREIRA, Marcos Antônio. O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem. **Educação e Seleção**. n.10, p.17-34, 1984.

MOREIRA, Marco Antônio. O que é a final aprendizagem significativa? **Revista Currículum**, v. 25, p. 29-56, mar. 2012.

MOREIRA, Marco Antônio; MANSINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano.

Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2001.

NAAH, Basil Mugaga; SANGER, Michael J. Student misconceptions in writing balanced equations for dissolving ionic compounds in water. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 3, p. 186-194, 2012.

NOVAK, Joseph Donald; CAÑAS, Alberto J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.

NOVAK, Joseph Donald; GOWIN, Dixie Bob. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano, 1984.

NOVAK, Joseph Donald. Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, n. 4, p.548-571, 2002.

NUNES, Amisson dos Santos; ADORNI, Dulcinéia da Silva. O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos. *In*: ENCONTRO DIALÓGICO TRANSDISCIPLINAR-ENDITRANS, 2010. Vitória da Conquista. **Anais...** Vitória da Conquista: Educação e conhecimento científico, 2010. p. 21-32.

OLIVEIRA, Cristiano Lessa de. Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características. **Travessias**, v. 2, n. 3, p. 1-16, 2008.

PARANHOS, Ranulfo; FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; ROCHA, Enivaldo Carvalho da; SILVA JÚNIOR, José Alexandre; FREITAS, Diego. Uma introdução aos métodos mistos. **Sociologias**, n. 42, p. 384-411, 2016.

PASSOS, Ionara Nayana Gomes; SOUSA, José Luis dos Santos; SOUSA, Sandro Ferreira; LEAL, Romário Cardoso. Utilização do software PhET no ensino de química em uma escola pública de Grajaú, Maranhão. **Revista Observatório**, v. 5, n. 3, p. 335-365, 2019.

PEREIRA JÚNIOR, Messias Dantas; SILVA, Flávio Urbano; BORGES, Jacques Cousteau da Silva. Uso dos mapas conceituais como ferramenta de avaliação qualitativa, com ênfase no ensino de Física. **HOLOS**, v. 3, p. 186-200, 2018.

PIEIDADE, Claudenor; GUIMARÃES, José Waldemar Negrão; MACEDO, Valdir B.; SANTANA, Genilson Pereira. Abordagem de reações químicas: uso do simulador PhET. **Scientia Amazonia**, v. 5, n. 2, p. 72-76, 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico:** métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIBEIRO, Naira Aparecida; Moraes, Hevyllyn de Assis; DAMIN, Willian; LUCCAS, Simone. Mapas conceituais na compreensão da aprendizagem significativa do conteúdo de probabilidade. **REnCiMA**, v.9, n.2, 2018, p. 167-181.

RODRIGUES, Giseli Capaci; NASCIMENTO, Elizabeth Quelle. Sequências didáticas como apoio ao Ensino de Densidade, Polaridade e pH por meio dos Simuladores Virtuais PhET. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 10, n. 1, p. 188-197, jan./abr. 2020.

SANTOS, Rayner Silva de Oliveira dos. **Estratégias didáticas para o ensino de cinética química visando a aprendizagem significativa**. 2021. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2021.

SANTOS JUNIOR, Verissimo Barros; MONTEIRO, Jean Carlos da Silva. Educação e covid-19: as tecnologias digitais mediando a aprendizagem em tempos de pandemia. **Revista Encantar-Educação, Cultura e Sociedade**, v. 2, p. 1-15, 2020.

SANTOS, Paola Aquino dos; ROSA, Anderson da Silva; BULEGON, Ana Marli. As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação para o ensino e a aprendizagem de Ciências da Natureza e Matemática na perspectiva da BNCC. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. 1-17, 2021.

SEPÚLVEDA, Cláudia; EL-HANI, Charbel Niño.; REIS, Vanessa Perpétua Garcia Santana. Análise de uma sequência didática para o ensino de evolução sob uma perspectiva sócio-histórica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.p. 1-12.

SILVA, Leydiane Viana da Cunha; CANTANHEDE, Leonardo Baltazar CANTANHEDE, Severina Coelho da Silva. Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) como estratégia no ensino de Química: Blog, uma ferramenta para potencializar o conhecimento químico. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 10, n. 3, p. 57-72, set./dez. 2020.

SILVEIRA, Felipe Alves; VASCONCELOS, Ana Karine Portela; SAMPAIO, Caroline de Goes. Análise do jogo MixQuímico no ensino de química segundo o contexto da teoria da aprendizagem significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 2, 2019.

SILVEIRA, Felipe Alves; VASCONCELOS, Ana Karine Portela; SAMPAIO, Caroline de Goes; SANTOS, Manuel Bandeira dos. Uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação segundo o contexto da aprendizagem significativa. **Caminhos da Educação Matemática em Revista (Online)**, v. 8, n. 2, 2018.

SOUSA, Allandeiverson Santos de. **Utilização de aplicativos móveis para melhor compreensão dos assuntos de geometria molecular, polaridade e forças intermoleculares, no contexto de aprendizagem significativa**. 2019. Trabalho de

Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2019.

SOUZA, Nadia Aparecida de; BORUCHOVITCH, Evely. Mapa conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo. **Pro-Posições**, v. 21, p. 173-192, 2010.

STAKE, Robert E. **Handbook of qualitative research**. London: Sage, 1994.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa. **Revista conceitos**, v. 55, n. 10, 2004.

TAVARES, Laís Conceição, MÜLLER, Regina Celi Sarkis; FERNANDES, Adriano Caldeira. O uso de mapas conceituais como ferramenta metacognitiva no ensino de Química. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática*, Belém, v. 14, n. 29, p. 63-78, jan./jun. 2018, Especial Metacognição.

VASCONCELOS, Flávia Cristina Gomes Catunda. Levantamento e análise das simulações do PhET para o ensino e aprendizagem de Química. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 10, 2015, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: ABRAPEC, 2015, p.1-8.

APÊNDICE A – Termo de Anuência



ESCOLA DE ENSINO MÉDIO GOVERNADOR ADAUTO BEZERRA
EDUCAÇÃO PÚBLICA SE FAZ COM RESPEITO, COMPROMISSO
CORAGEM!

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

Eu, Otacilio de Sá Pereira Bessa, diretor da Escola de Ensino Médio Governador Adauto Bezerra, autorizo a realização do projeto intitulado "A utilização do simulador PhET na compreensão de Reações Químicas: Uma abordagem sob a ótica da Teoria da Aprendizagem significativa" pelos pesquisadores James de Melo Mesquita e Maria Cleide da Silva Barroso. O qual envolverá a aplicação do simulador PhET no laboratório de informática da instituição para realização de duas atividades, bem como o preenchimento de um formulário de avaliação da estratégia metodológica proposta, construir um Mapa Conceitual acerca da temática estabelecida. Vale salientar que os estudantes poderão ter o áudio de suas falas gravadas durante as aulas que irão compor tal estratégia, para fins de análise dos resultados e será iniciado após a aprovação pelo Sistema CEP-CONEP.

A Escola de Ensino Médio Governador Adauto Bezerra está ciente de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos participantes da pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para desenvolvê-la em conformidade às diretrizes e normas éticas. Ademais, ratifico que não haverá quaisquer implicações negativas aos alunos matriculados nas turmas do segundo ano de Química que não desejarem ou desistirem de participar do projeto.

Declaro, outrossim, na condição de representante desta organização, conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas nas Resoluções nº 468, de 12 de dezembro de 2012, e 510, de 07 de abril de 2016, e Norma Operacional nº 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), e disponíveis no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE.

Fortaleza, 07 de março de 2022.

Otacilio de Sá Pereira Bessa

APÊNDICE B – Termo de Assentimento



TERMO DE ASSENTIMENTO

A utilização do simulador PhET na compreensão de reações químicas: uma abordagem sob a ótica da teoria da aprendizagem significativa

Pesquisador: James de Melo Mesquita
Orientadora: Maria Cleide da Silva Barroso

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “A utilização do simulador PhET na compreensão de Reações Químicas: uma abordagem sob a ótica da teoria da aprendizagem significativa”. Seus pais permitiram que você participe. Queremos saber se a utilização da plataforma PhET no ensino do conteúdo Reações Químicas é mais eficaz do que uma abordagem sem o uso desta ferramenta para o mesmo assunto, ou seja, da forma tradicional. Você só precisa participar da pesquisa se quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir. Os adolescentes que irão participar desta pesquisa têm de 13 a 16 anos de idade. A pesquisa será feita na E.E.M. Governador Adauto Bezerra, onde os adolescentes participarão de seis encontros, sendo o primeiro para apresentação da proposta, os três seguintes destinados à exposição do conteúdo, um para uma avaliação que irá verificar a eficácia do método e o último para uma avaliação de todos os momentos. Para isso, a depender da sua turma serão usados materiais tradicionais como livro didático e materiais impressos ou os computadores do laboratório de informática para a exploração da ferramenta PhET. Todos os recursos que serão utilizados são seguros. Entretanto, por conta da pandemia da Covid-19 é necessário que vocês mantenham distanciamento de pelo menos 1,5 metros e utilizam máscaras e álcool gel. Todos os equipamentos que vocês forem utilizar, serão higienizados antes. Caso aconteça algo errado, você pode nos procurar pelos telefones que tem no começo do texto. Mas há coisas boas que podem acontecer como conhecer novas formas de aprender Química, o que pode ser divertido e muito interessante. Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados para que outros professores possam melhorar a forma como ensinam o assunto Reações Químicas, mas sem identificar as pessoas que participaram.



CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Eu _____ aceito participar da pesquisa "A utilização do simulador PhET na compreensão de reações químicas:

uma abordagem sob a ótica da teoria da aprendizagem significativa", que tem como objetivo principal analisar a utilização da plataforma PhET no ensino de Química por meio de duas abordagens metodológicas distintas, com e sem o uso desta ferramenta, a fim de identificar a estratégia que promoverá uma aprendizagem significativa aos estudantes acerca da temática Reações Químicas.

Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que ninguém vai ficar furioso. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Fortaleza, _____ de _____ de _____.

Assinatura do estudante

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Ceará

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

A utilização do simulador PhET na compreensão de reações químicas: uma abordagem sob a ótica da teoria da aprendizagem significativa

Pesquisador: James de Melo Mesquita
Orientadora: Maria Cleide da Silva Barroso

Seu filho (a) está sendo convidado (a) a participar como voluntário (a) de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar os direitos dele (a) como participante, sendo elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Justifica-se em termos do uso de simuladores no ensino de química, por considerar que tais recursos têm sido apontados na literatura como favorecedores da aprendizagem em Química.

Objetivo Geral da pesquisa:

Analisar a utilização da plataforma PhET no ensino de Química por meio de duas abordagens metodológicas distintas, com e sem o uso desta ferramenta, a fim de identificar a estratégia que promoverá uma aprendizagem significativa aos estudantes acerca da temática Reações Químicas.

Objetivos específicos:

- Investigar as contribuições da Teoria da Aprendizagem Significativa e uso do mapa conceitual, como forma avaliativa, aplicado à temática em estudo para os alunos do 1º ano do ensino médio.
- Realizar um breve estudo sobre as tecnologias digitais como potencializadoras do processo de aprendizagem;
- Apresentar a plataforma PhET com vistas à aprendizagem de Química e suas simulações relacionadas a temática Reações Químicas;
- Verificar a relevância da utilização da plataforma PhET para aprendizagem de alunos do 1º ano do ensino médio sobre a temática Reações Químicas;

Procedimentos:

Participando do estudo, seu filho (a) está sendo convidado (a) a fazer o preenchimento do formulário de avaliação da estratégia metodológica proposta, construir um Mapa Conceitual acerca da temática estabelecida, bem como poderá ter o áudio de suas falas gravadas durante as aulas que irão compor tal estratégia, para fins de análise dos resultados. Estes procedimentos irão ocorrer nas dependências da E.E.M Governador Adauto Bezerra, durante as aulas de química no período de cinco semanas. Somente o pesquisador e a orientadora terão acesso ao material coletado e a identidade dos participantes será mantida em absoluto sigilo. A aplicação do formulário de avaliação ocorrerá durante o último encontro da estratégia metodológica, que terá duração de 50 minutos. Ao final da pesquisa, o material coletado ficará de posse dos pesquisadores por um período máximo de 12 meses e posteriormente será descartado.

Desconfortos e riscos:

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do responsável: _____



Seu filho (a) **não** deve participar deste estudo caso sinta algum tipo de desconforto dentro das dependências do laboratório de informática ou da sala de aula, que são os espaços em que as atividades irão ocorrer. Ou ainda se possuir impossibilidade de seguir as orientações do pesquisador.

- Risco de acidente

Este risco coloca em perigo a integridade e o bem-estar físico e moral do profissional que trabalha dentro do local. Os maiores riscos estão associados a máquinas e equipamentos que podem causar incêndios e explosões. Acidentes mais comuns: queimaduras, cortes e perfurações. Esse risco é classificado como mínimo, pois não será manuseado diretamente nenhum equipamento dessa natureza.

- Riscos ergonômicos

Acontecem devido aos esforços repetitivos que prejudicam a postura do profissional, causando lesões graves e que podem afetar a realização de suas atividades laboratoriais. São considerados riscos ergonômicos todas as ações que podem interferir nas características psicofisiológicas do profissional. Os melhores exemplos desses riscos são: levantamento de peso, execução de movimentos repetitivos, trabalho em turnos muito longos e postura incorreta do trabalhador durante a execução de suas funções. Esse risco é classificado como mínimo, pois as etapas de duração da estratégia metodológica não ultrapassarão 50 minutos, cada.

- Riscos físicos

O risco físico pode ser gerado por máquinas e condições físicas inadequadas, tais como: pressões anormais, temperaturas extremas de frio ou calor, ruídos e vibrações, umidade, radiações ionizantes e não ionizantes. Esse risco é classificado como mínimo, pois os sujeitos não serão expostos diretamente a tais condições citadas anteriormente.

- Riscos químicos

Estão relacionados com a exposição do profissional a agentes ou substâncias químicas na forma líquida, gasosa ou em forma de partículas encontradas no (poeira, mineral e vegetal), podendo penetradas vias respiratórias, pele ou ser ingeridas. Esse risco é classificado como mínimo, visto que não haverá manipulação de materiais dessa natureza.

- Riscos biológicos

Está relacionado ao manuseio ou contato com materiais biológicos e/ou animais infectados com agente biológicos nocivos como: bactérias, fungos, vírus e protozoários. Este tipo de risco é responsável por uma série de doenças que podem prejudicar a saúde do profissional. Esse risco é identificado como grave, visto que ainda há circulação significativa do coronavírus, causador da COVID-19. Para evitar os riscos existentes dentro desse ambiente, todos os sujeitos da pesquisa devem usar máscaras e manter o distanciamento de 2 metros.

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa, seu filho (a) não terá nenhum benefício direto. Contudo, esperamos que este estudo traga informações importantes acerca das diferentes abordagens metodológicas que serão utilizadas na pesquisa, com e sem o uso de ferramentas tecnológicas. De modo que o conhecimento fruto deste estudo, o qual é compromisso dos pesquisadores promover a divulgação, irá subsidiar futuras adesões a mesma metodologia.

Acompanhamento e assistência:

Seu filho (a) poderá solicitar, aos pesquisadores, acompanhamento ou assistência caso necessite. Se assim o desejar, poderá solicitar a interrupção da

participação na pesquisa, se a mesma estiver lhe causando algum desconforto. No caso do seu filho (a) não conseguir ou quiser permanecer no ambiente da pesquisa, por qualquer tipo de desconforto, será encaminhado à coordenação escolar, e a depender da avaliação realizada, os senhores responsáveis e o SAMU serão acionados.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do responsável: _____



Sigilo e privacidade:

Seu filho (a) tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, o nome do (a) seu filho (a) não será citado. Qualquer gravação (áudio e/ou vídeo) e/ou questionário aplicados durante a pesquisa será(ão) mantido(s) em posse do pesquisador responsável por um período máximo de 12 meses. Após passado esse tempo todo o material será descartado.

Ressarcimento e indenização:

Seu filho (a) terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, o (a) senhor (a) poderá entrar em contato com os pesquisadores James de Melo Mesquita ou Maria Cleide da Silva Barroso, Av. Treze de Maio, 2081 – Benfica, Fortaleza – CE, 60040-531, Coordenação do Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciência e Matemática (PGCEM, sala 141, fone (85) 98702-5576, e-mail: jjames_mesquita@gmail.com.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, o (a) senhor (a) poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito que meu filho (a) participe e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante: _____

Contato telefônico (opcional): _____

Assinatura pai ou responsável legal pelo menor

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao pai/responsável legal pelo menor. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do pesquisador: James de Melo Mesquita

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Data: ____/____/____.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do responsável: _____

APÊNDICE D – Atividade 1 (TE – PhET “Monte uma Molécula”)



A utilização do simulador PhET na compreensão de reações químicas: uma abordagem sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa

James de Melo Mesquita (Mestrando)
Maria Cleide da Silva Barroso (Orientadora)

Objetivos:

- Descrever diferenças entre átomo e molécula;
- Construir moléculas simples a partir de átomos;
- Reconhecer que o índice numa fórmula molecular indica o número de átomos na molécula;
- Reconhecer que o coeficiente indica o número total de moléculas;
- Reconhecer a diferença entre substâncias simples e composta.

Ferramenta: Livro didático e PhET “Monte uma Molécula”.

Acesse o link: https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_pt_BR.html



Este simulador possui três abas: sozinha, várias e diversão. Nesta atividade usaremos as abas sozinha e várias.

Atividade guiada

1° Abra a aba **Sozinha**. Utilizando os átomos das bandejas do Conjunto 1, monte as moléculas. Quando você conseguir montar todas, corretamente, vá para o conjunto 2 e construa as moléculas designadas no PhET. À medida que for fazendo as moléculas, vá preenchendo a tabela.

Suas Moléculas

Conjunto 1

H₂O (água)

O₂ (oxigênio molecular)

H₂ (hidrogênio molecular)

CO₂ (gás carbônico)

N₂ (nitrogênio molecular)

Você completou o conjunto!

Próximo Conjunto

Suas Moléculas

Conjunto 2

C₂H₂ (acetileno)

Cl₂ (cloro molecular)

O₂ (oxigênio molecular)

NO (óxido nítrico)

CH₂Cl (clorometano)

	(a) Classificação das substâncias	(b) Símbolos x Nomes dos elementos	(c) Número de átomos
H ₂ O			
O ₂			
CO ₂			
N ₂			
C ₂ H ₂			
Cl ₂			
NO			
CH ₃ Cl			

2° Abra a aba **Várias**. Monte os conjuntos de moléculas do Conjunto 1. Lembre-se de observar os detalhes da fórmula molecular.

Suas Moléculas

Conjunto 1

Meta: 2CO₂

Você tem: (nada)

Meta: 2O₂

Você tem: (nada)

Meta: 4H₂

Você tem: (nada)

Meta: 2NH₃

Você tem: (nada)



Você completou o conjunto!

Próximo Conjunto

Suas Moléculas

Conjunto 2

Meta: 1N₂O

Você tem: (nada)

Meta: 2BF₃

Você tem: (nada)

Meta: 1CO

Você tem: (nada)

Meta: 1BH₃

Você tem: (nada)

	(a) Classificação da substância	(b) Número de moléculas	(c) Número de átomos/Elemento	(d) Número total de átomos/Elemento
2CO ₂				
2O ₂				
4H ₂				
2NH ₃				
1N ₂ O				
2BF ₃				
1CO				

APÊNDICE E – Atividade 1 (TC)



A utilização do simulador PhET na compreensão de reações químicas: uma abordagem sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa

James de Melo Mesquita (Mestrando)
Maria Cleide da Silva Barroso (Orientadora)

Objetivos:

- Descrever diferenças entre átomo e molécula;
- Construir moléculas simples a partir de átomos;
- Reconhecer que o índice numa fórmula molecular indica o número de átomos na molécula;
- Reconhecer que o coeficiente indica o número total de moléculas;
- Reconhecer a diferença entre substâncias simples e composta.

Ferramenta: Livro didático

Atividade guiada

1º Observando as fórmulas moleculares, preencha as informações da tabela.

	(a) Classificação das substâncias	(b) Símbolos x Nomes dos elementos	(c) Número de átomos
H ₂ O			
O ₂			
CO ₂			
N ₂			
C ₂ H ₂			
Cl ₂			
NO			
CH ₃ Cl			

2º Observando as fórmulas moleculares, preencha as informações da tabela.

	(a) Classificação da substância	(b) Número de moléculas	(c) Número de átomos/Elemento	(d) Número total de átomos/Elemento
2CO_2				
2O_2				
4H_2				
2NH_3				
$1\text{N}_2\text{O}$				
2BF_3				
1CO				

APÊNDICE F – Atividade 2 (TE – PhET “Balanceamento de Equações Químicas”)



A utilização do simulador PhET na compreensão de reações químicas: uma abordagem sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa

James de Melo Mesquita (Mestrando)
Maria Cleide da Silva Barroso (Orientadora)

Objetivos:

- Reconhecer reagentes e produtos em uma equação química;
- Reconhecer que o número de átomos de cada elemento é conservado em uma reação química;
- Descrever a diferença entre os coeficientes e os índices em uma equação química;
- Balancear uma equação química;
- Traduzir representações da matéria simbólicas para moleculares.

Para iniciar essa atividade, abrir a simulação de Balanceamento de Equações Químicas no link abaixo:

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/balancing-chemical-equations>



1. Para esta questão, você vai abrir a aba **INTRODUÇÃO**.

De acordo com a Lei de Lavoisier, em uma reação química, os átomos não são criados e nem destruídos, eles apenas se reorganizam para formar novas moléculas.

As equações abaixo, apresentam: a formação da amônia, a hidrólise e a combustão do metano. Escreva o número de moléculas dos reagentes e produtos, utilizando os coeficientes

que você encontrou na simulação.

Síntese da Amônia: $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$

Hidrólise: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$

Queima do Metano: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2. Após realizado o balanceamento das equações da questão anterior, identifique e anote na tabela abaixo o número total de átomos de cada elemento no reagente e no produto.

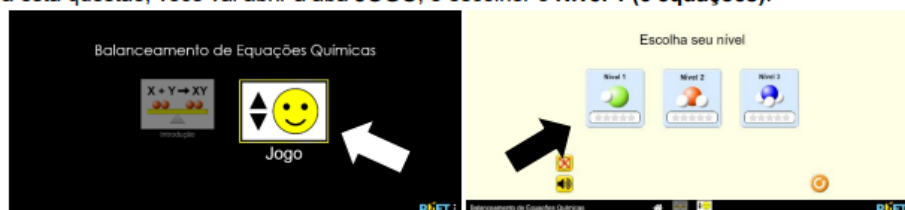
	Reagentes	Produtos
Síntese da Amônia		
Hidrólise		
Queima do Metano		

3. O biogás é resultado da ação de bactérias fermentadoras em matéria orgânica, como excrementos de animais. O Metano (CH_4) é um dos componentes do biogás, que é usado como combustível para fogões. A seguir, temos a reação da queima do Metano (CH_4), já balanceada na questão 1. Descubra os valores de x, y e z com o auxílio da Lei de Lavoisier (Lei de Conservação das Massas).

CH_4	+	O_2	$\rightarrow$	CO_2	+	H_2O
8 g	+	32 g	$\rightarrow$	x	+	18 g
y	+	16 g	$\rightarrow$	11 g	+	9 g
16 g	+	64 g	$\rightarrow$	44 g	+	z



4. Para esta questão, você vai abrir a aba **JOGO**, e escolher o **Nível 1 (5 equações)**.



No espaço reservado, escreva a equação que aparece no simulador, faça o balanceamento ajustando corretamente os coeficientes e identifique os reagentes e produtos.

Equação balanceada:	
Reagentes:	Produtos:

Equação balanceada:	
Reagentes:	Produtos:

Equação balanceada:	
Reagentes:	Produtos:

Equação balanceada:	
Reagentes:	Produtos:

Equação balanceada:	
Reagentes:	Produtos:

APÊNDICE G – Atividade 2 (TC)



A utilização do simulador PhET na compreensão de reações químicas: uma abordagem sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa

James de Melo Mesquita (Mestrando)
Maria Cleide da Silva Barroso (Orientadora)

Objetivos:

- Reconhecer reagentes e produtos em uma equação química;
- Reconhecer que o número de átomos de cada elemento é conservado em uma reação química;
- Descrever a diferença entre os coeficientes e os índices em uma equação química;
- Balancear uma equação química;
- Traduzir representações da matéria simbólicas para moleculares.

1. De acordo com a Lei de Lavoisier, em uma reação química, os átomos não são criados e nem destruídos, eles apenas se reorganizam para formar novas moléculas.

As equações abaixo, apresentam: a formação da amônia, a hidrólise e a combustão do metano. Escreva o número de moléculas dos reagentes e produtos, utilizando os coeficientes.

Síntese da Amônia: $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$

Hidrólise: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$

Queima do Metano: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2. Após realizado o balanceamento das equações da questão anterior, identifique e anote na tabela abaixo o número total de átomos de cada elemento no reagente e no produto.

	Reagentes	Produtos
Síntese da Amônia		
Hidrólise		
Queima do Metano		

3. O biogás é resultado da ação de bactérias fermentadoras em matéria orgânica, como excrementos de animais. O Metano (CH_4) é um dos componentes do biogás, que é usado como combustível para fogões. A seguir, temos a reação da queima do Metano (CH_4), já balanceada na questão 1. Descubra os valores de x, y e z com o auxílio da Lei de Lavoisier (Lei de Conservação das Massas).

CH_4	+	O_2	$\rightarrow$	CO_2	+	H_2O
8 g	+	32 g	$\rightarrow$	x	+	18 g
y	+	16 g	$\rightarrow$	11 g	+	9 g
16 g	+	64 g	$\rightarrow$	44 g	+	z

4. Identifique as substâncias que são reagentes e produtos para as equações abaixo e em seguida faça o balanceamento, ajustando corretamente os coeficientes.

Reagentes:	Produtos:
Equação balanceada: $\text{___ C} + \text{___ O}_2 \rightarrow \text{___ CO}_2$	

Reagentes:	Produtos:
Equação balanceada: $\text{___ P}_4 + \text{___ F}_2 \rightarrow \text{___ PF}_3$	

Reagentes:	Produtos:
Equação balanceada: $\text{___ C}_2\text{H}_2 + \text{___ H}_2 \rightarrow \text{___ C}_2\text{H}_6$	

Reagentes:	Produtos:
Equação balanceada: $\text{___ NO}_2 \rightarrow \text{___ NO} + \text{___ O}_2$	

Reagentes:	Produtos:
Equação balanceada: $\text{___ NH}_3 \rightarrow \text{___ N}_2 + \text{___ H}_2$	

APÊNDICE H – Instruções para elaboração do Mapa Conceitual



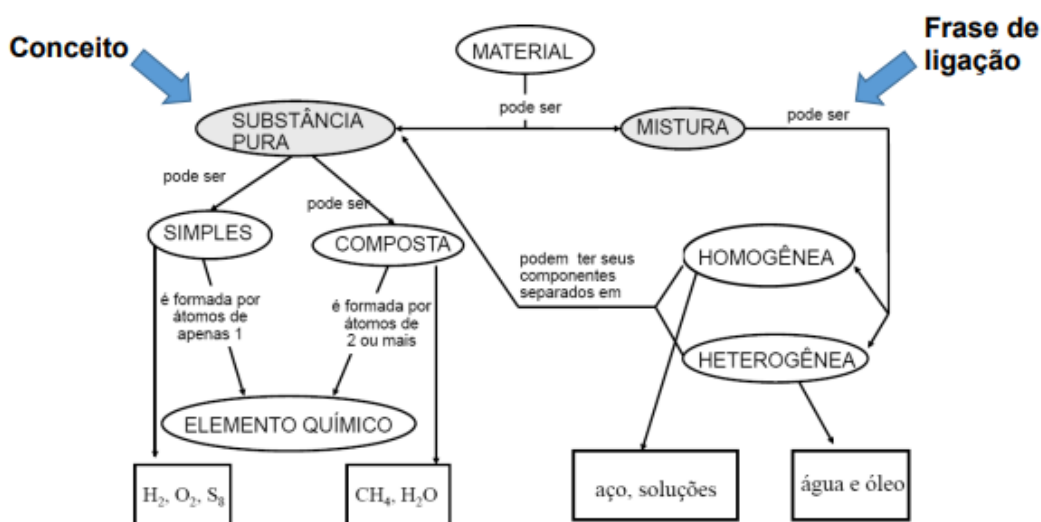
A utilização do simulador PhET na compreensão de reações químicas: uma abordagem sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa

James de Melo Mesquita (Mestrando)
Maria Cleide da Silva Barroso (Orientadora)

Olá estudantes,

Estamos chegando ao final da nossa jornada em sala de aula. Agradeço pela sua participação e colaboração com minha pesquisa. Neste momento, você e sua dupla irão criar um **Mapa Conceitual** acerca do conteúdo **Reações Químicas**. Não se preocupem, vocês serão orientados sobre a construção do instrumento!

A seguir, temos um exemplo de um Mapa Conceitual sobre Substâncias e Misturas:



1. Conceitos: São palavras-chave essenciais à compreensão do tema central. Se o seu conceito central for o filme Harry Potter, por exemplo, Rony e Hermione serão alguns dos conceitos.

2. Frases de ligação: Como o próprio nome já diz, as frases de ligação servem para ligar conceitos e dar sentido o que está sendo trabalhado no mapa(proposições). Elas são elementos intermediários, que se encontram nas linhas que conectam as diferentes palavras-chave. Para melhor compreensão, as frases de ligação devem ser curtas e utilizar verbos.

3. Hierarquia: Um mapa conceitual deve seguir uma hierarquia. A proposta é que a análise do mapa seja feita "de cima para baixo". Isso é, partindo do conceito geral para os conceitos específicos e suas definições. Esses elementos devem ser conectados por setas, linhas, descrições – qualquer coisa que esclareça a relação entre eles e facilite o entendimento da relação entre as informações.

Etapas para a Construção do Mapa Conceitual:

1. Liste os conceitos de acordo com uma hierarquia;
2. Escolha pares de conceitos para estabelecimento da(s) relação(ões) entre eles;
3. Tentando escrever a melhor frase de ligação para esse par de conceitos escolhidos.

Nos espaços abaixo, escreva as palavras- chave definidas em conjunto com a professora:

No espaço abaixo, construa o Mapa Conceitual acerca do conteúdo Reações Químicas:

--

Obrigado!