



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

THAIS MARTINS OLIVEIRA MESQUITA

UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM O USO DO MÉTODO POE NO
ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE AS MOLÉCULAS E A LUZ

FORTALEZA

2022

THAIS MARTINS OLIVEIRA MESQUITA

UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM O USO DO MÉTODO POE NO
ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE AS MOLÉCULAS E A LUZ

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de Concentração: Métodos pedagógicos no ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M546 Mesquita, Thaís Martins Oliveira.

Uma abordagem investigativa com o uso do método poe no estudo da interação entre as moléculas e a luz / Thaís Martins Oliveira Mesquita. – 2022.

96 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho.

1. Metodologia ativa. 2. Física moderna e contemporânea. 3. Método poe. 4. Mudança conceitual. I. Título.

CDD 530.07

THAIS MARTINS OLIVEIRA MESQUITA

UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM O USO DO MÉTODO POE NO
ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE AS MOLÉCULAS E A LUZ

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de Concentração: Métodos pedagógicos no ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho.

Aprovada em: 20 / 10 / 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Maria José Costa dos Santos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus primeiramente, e
aos meus pais, Telma e César.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por criar o universo e nos permitir vê-lo e estudá-lo. Por estar aqui, me ajudando em minhas aflições e sempre ouvindo minhas orações.

Agradeço à minha mãe, Telma Martins de Lima, que me deu alicerce, me auxiliando a perseverar, permanecendo sempre ao meu lado, bons e nos maus momentos, sempre acreditando em mim e tributando seu amor a mim.

Agradeço ao meu pai, César Weyder Oliveira Mesquita, que sempre se dispôs a me ajudar. Por seu amparo e apreço por minhas decisões pessoais.

Ao Professor Afrânio de Araújo Coelho, meu orientador, pela paciência durante este período de instrução. Agradeço suas diretrizes, sugestões e correções que me orientaram durante este projeto que foram imprescindíveis para a realização e aplicação deste trabalho, sem as quais a realização do mesmo não seria possível.

Aos meus entes queridos que me deram auxílio, nos momentos necessários.

Aos meus amigos da pós-graduação, pela convivência sadia semanalmente, participando comigo de muitos momentos durante todo o curso.

Agradeço especialmente àqueles amigos que foram alento, participando de bons momentos fora do convívio universitário, que foram suporte e celebraram comigo muitas conquistas nesse tempo.

Agradeço ao Colégio Nossa Senhora Auxiliadora, que disponibilizou o ambiente escolar para a aplicação deste trabalho. À cada um que se voluntariou a participar, e à Priscila Sobreira, professora de Matemática e coordenadora, que me auxiliou, dando-me amparo de modo a permitir a aplicação do trabalho.

Agradeço à Universidade Federal do Ceará e aos professores do Departamento de Física por sempre nos incentivarem a contribuir, estudar e pesquisar sobre a educação e o ensino de Física, bem como pelo ambiente e recursos necessários ao aprendizado que a Universidade nos ofertou.

Agradeço por fim à Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por seu esforço e investimento neste Mestrado Profissional de Ensino de Física viabilizando a realização do presente trabalho.

"Portanto, quer comais quer bebais, ou
fazeis outra qualquer coisa, fazei tudo para
glória de Deus"(1Co 10.31).

RESUMO

Neste trabalho, disserta-se sobre um produto educacional desenvolvido que utiliza uma metodologia ativa, o método POE (predizer, observar e explicar) atrelado a um experimento computacional do portal de simulações do PHET. Verificou-se por meio de um estudo de caso, a adequação desse método a essa ferramenta no contexto do ensino remoto no ensino da Física Moderna e Contemporânea. O produto foi elaborado devido a observação das dificuldades relatadas por alunos e professores em relação à complexidade do conteúdo de Física Moderna e Contemporânea (FMC), considerando questões como motivação e concentração no processo de aprendizagem. Buscou-se, atender a objetivos pedagógicos pré-estabelecidos, tais como estimular e propiciar uma aprendizagem mais significativa, por meio de uma abordagem investigativa. E ainda facilitar uma mudança conceitual efetiva nos alunos por meio de simulações que oportunizam uma visualização de conceitos complexos da FMC, notadamente a interação entre radiação luminosa e a matéria. Na aula ministrada foram aplicados os três passos do método de modo a construir uma sequência de crescente, de complexidade, com tópicos relacionados à interação dos fótons de luz de diferentes características da luz e a matéria. Avaliou-se a fixação dos conteúdos através de um formulário com etapas a serem preenchidas previamente, durante e posteriormente ao uso do experimento virtual. Como resultado, considerou-se viável a aplicação do método POE, neste contexto do ensino de FMC, bem como o alcance dos objetivos quanto ao desenvolvimento do pensamento crítico, da ocorrência de mudanças conceituais e a apropriação da linguagem científica por parte dos participantes.

Palavras-chave: metodologia ativa; Física moderna e contemporânea; método POE; mudança conceitual.

ABSTRACT

In this work, we discuss an educational product developed that uses an active methodology, the POE method (predict, observe and explain) linked to a computational experiment of the PHET simulations portal. It was verified through a case study, the suitability of this method to this tool in the context of remote teaching in the teaching of Modern and Contemporary Physics. The product was developed based on the observation of difficulties reported by students and teachers in relation to the complexity of the content of Modern and Contemporary Physics (FMC), considers issues such as motivation and concentration in the learning process. It was sought to meet pre-established pedagogical objectives, such as stimulating and providing more meaningful learning, through an investigative approach. And also facilitating an effective conceptual change in students through simulations that provide an opportunity to visualize complex concepts of the FMC, notably the interaction between light radiation and matter. In the taught class, the three steps of the method were applied in order to build a sequence of increasing complexity, with topics related to the interaction of light photons of different characteristics of light and matter. Content fixation was evaluated through a form with steps to be completed before, during and after the use of the virtual experiment. It was considered feasibility to apply the POE method, in this context of FMC teaching, as well as the achievement of objectives regarding the development of critical thinking, the occurrence of conceptual changes and the appropriation of scientific language by the participants.

Keywords: active methodology; modern and contemporary physics; POE method; conceptual change.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Onda eletromagnética	37
Figura 2 - Uma parte do espectro de ondas eletromagnéticas	38
Figura 3 - Simulação Moléculas e luz do PhET	48
Figura 4 - Formulário de resposta	53
Figura 5 - Questionamento inicial na etapa da Predição	57
Figura 6 - Parte do formulário relativo à Primeira observação e o respectivo questionamento	61
Figura 7 - Respostas da primeira observação	61
Figura 8 - Tabela de respostas da segunda observação	62
Figura 9 - Frequência das respostas à segunda Observação.	63
Figura 10 - Terceiro questionamento da etapa de Observação.	64
Figura 11 - Perguntas colocadas na quarta Observação.	65
Figura 12 - Questionamentos seis e sete da quinta Observação.	67
Figura 13 – Pergunta final (formulário)	67
Figura 14 - Ilustração das funcionalidades a serem alteradas na simulação virtual do PhET.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de transição de energia em cada região do espectro eletromagnético.....	40
Tabela 2 - Comparação das respostas das etapas de Predição e Explicação. ...	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REFERENCIAL DIDÁTICO.....	17
2.1	A concepção da educação, a construção do conhecimento e do método de ensino na sala de aula do ensino de Física.....	17
2.2	Simulação e modelagem computacional: compreensão dos fenômenos.....	20
2.3	Mudança Conceitual: uma visão panorâmica sobre o conceito.....	22
2.4	Métodos ativos: estudos da sala de aula.....	26
2.5	Método POE: origens e discussões sobre o ensino de Ciências.....	27
2.5.1	<i>POE como instrumento avaliativo.....</i>	31
2.6	O ensino de FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA (FMC).....	32
3	REFERENCIAL FÍSICO.....	36
3.1	Interação das moléculas com a luz.....	36
3.2	Luz.....	36
3.3	Fóton.....	38
3.4	Interação do fóton com a matéria.....	39
3.4.1	<i>Infravermelho.....</i>	42
3.4.2	<i>Ultravioleta.....</i>	43
3.4.3	<i>Micro-ondas.....</i>	44
4	METODOLOGIA.....	45
4.1	Abordagem metodológica e público alvo.....	45
4.2	Competências e habilidades da BNCC.....	45
4.3	Ambiente e recursos didáticos.....	47

4.4		
	Interação em sala de aula.....	48
5		
	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
6		
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
	REFERÊNCIAS.....	76
	APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL.....	81

1 INTRODUÇÃO

Como melhorar as práticas pedagógicas? Pensar sobre a forma de aprender/ensinar, sobre didática, sobre internalizar algo novo ou passar conhecimento não é algo recente. Entretanto, parece ser difícil avaliar aquele modo de aprender e ensinar que foi realmente eficaz para si, que conseguiu alcançar os mais diversos perfis de alunos e produzir algo que seja efetivamente duradouro, e seja ainda aplicável a outras realidades. Principalmente, porque cada sala de aula é única, pela multiplicidade de pessoas com realidades e características diversas que a compõem.

Embora seja difícil construir a “receita desse bolo”, que é o processo educacional, espera-se do professor a solução para essa questão tão antiga, uma vez que este comumente é visto como a figura do ser questionador, que interroga, indaga, propõe questões que ele mesmo trará as respostas, ainda que não seja sempre assim. Mas, este parece ser o seu perfil, o professor investigador, pesquisador da sala de aula, detentor de todas as respostas independente de qual seja a pergunta.

Parece que todos esperam por esse professor, que trará a metodologia capaz de fazer o “João” ser mais presente na aula, a “Maria” ficar mais quieta e aprender melhor, aquela metodologia que se torna aplicável a uma realidade de poucos ou nenhum recurso, ou ainda aquela que não trará muito trabalho ao planejar e executar. O próprio professor espera essas respostas, anseia-se pela receita do bolo, mas quem será capaz de construí-la? Isto demanda tempo, esforço e empenho particular de cada docente, e recursos que nem competem a ele fornecer. Por isso é necessário encarar a sua realidade e planejar, fazer o possível para tornar o aluno um ser autônomo e presente em todo o processo educacional com o que se tem.

Tem-se à disposição diversas metodologias já utilizadas e trabalhos publicados, precisa-se conhecer, compartilhar e desafiar-se a inovar, estudar cada caso adaptando-o ao que é seu; precisa-se do professor pesquisador que compartilhe com outros as suas experiências e propicia a formação de alunos investigadores, questionadores, do Universo e das suas vidas. A didática, segundo Libâneo (1994), investiga o processo de ensino e de aprendizagem, considerando os fatores e componentes que interferem na relação entre docentes e discentes. Objetiva o desenvolvimento cognitivo do aluno ao formar assim um ser crítico; orienta de tal modo que, através do estudo do processo de ensino, possa-se proporcionar meios para que o aluno possa assimilar ativamente os conhecimentos.

Um dos primeiros modelos educacionais estruturados foi a utilização da dialética como ferramenta de construção do conhecimento, investigar o desconhecido e argumentar sobre ele: não é algo recente. Gadotti (1995) cita que na Grécia antiga já se utilizava a dialética como expressão de um modo específico de analisar e averiguar as contradições contidas no raciocínio daqueles com quem se argumentava, na busca de novas sínteses. Onde o mestre instiga o discípulo através de questionamentos, conduzindo-o à busca pela veracidade das respostas de questões lançadas. Seria uma atividade crítica de busca pelo conhecimento. E entre as diversas discussões que se procederam ao longo dos séculos sobre o que a dialética seria de fato, se um método, ferramenta ou parte desse processo de construção, a conclusão que se chega é que se trata de algo crítico, um meio de analisar. A dialética parece ser a forma de fazer ciência, seja qualquer ciência a qual se queira referir (GADOTTI, 1995).

Diante disso percebe-se que o modo de ensinar e de aprender vem se modificando ao longo dos séculos. A escola sofreu metamorfoses, segundo Nóvoa (2022), sempre passou por desafios, estes cada vez mais crescentes, antes lutava-se contra a falta de motivação, quanto às questões estruturais escolares, familiares e socioeconômicas, a escassez de investimentos e dentre outros (NÓVOA, 2022).

Porém, analisando o contexto social que a sociedade atual se encontra, considerando a circulação de informações falsas e infundadas, torna-se cada vez mais evidente que a principal dificuldade deste século vem a ser a perda da avidez no processo de busca do conhecimento, a perda da criticidade, a falta de motivação quanto à análise dos fatos sem parcialidade, e o desinteresse na busca pela veracidade que pode ser comprovada. Desprezando inclusive a confiabilidade em fontes científicas comprometidas com a verdade, substituindo-as por dogmatismo que caminha a passos largos do que, de fato, é ciência; menosprezando anos de produção e voltando-se a discussões infundadas e totalmente falíveis quanto ao básico. Sendo, portanto, necessário buscar meios de mitigar tal cenário (OLIVEIRA, 2020).

Diante disto, um processo metodológico educacional que venha a primar por essa busca do conhecimento, por estimular o indivíduo a analisar, criticar, construir e participar do processo educacional, mostra-se como uma alternativa necessária e possível às dificuldades que já se enfrenta. São esses ideais os construtivistas, que remetem à uma aprendizagem que ocorre de fato através de um processo de construção, feita através da relação aluno-aluno, aluno-professor e aluno-

sociedade tornando-se ainda mais valiosos no cenário social atual. São ideais que conduzem a uma nova metodologia de ensino, metodologias ativas, que tem esse caráter do aluno como participante ativo do processo de aprendizagem, tendo por base dessa construção dialética, a interação e a construção do conhecimento considerando os diversos estágios, modos e habilidades desenvolvidas, onde destacam-se grandes autores, como Piaget e Vygotsky (VYGOTSKY, L. S., 1987, PIAGET, J. A, 1972;1973).

Em 1999, Tao e Gunstone já discutiam sobre métodos de ensino diversos, o foco da pesquisa desses autores se baseava no construtivismo e na mudança conceitual. Em suas pesquisas conseguiram perceber, com maior propriedade, a dificuldade em promover uma mudança conceitual com um método dogmático, em que o aluno assimila de forma passiva o conhecimento. Ressaltaram ainda a necessidade da interação entre os indivíduos, por propiciar a construção de outras faculdades, como a argumentação, conforme proposto por Vygotsky (1987) anos antes. Em um estudo de caso feito por Roschelle, em 1992, o autor acrescenta que a interação propicia uma resposta mais sofisticada aos problemas, até mesmo um melhor desenvolvimento da linguagem, que pode ficar comprometida quando o discente não é instigado a argumentar.

Neste trabalho não se teve por objetivo testificar ou afirmar aquilo que já se crê sobre a eficácia e eficiência das metodologias ativas, tão pouco analisar o seu poder de propiciar o processo de construção do conhecimento, pois todos esses objetivos levariam anos de instrução e observação. Objetiva-se, contudo, propor um material de auxílio ao professor, elaborando um material que utiliza uma metodologia capaz de produzir um conflito cognitivo no aluno, tornando-o com isso um ser atuante no processo de aprendizagem e que permita ao docente trabalhar conceitos complexos sobre Física Moderna e Contemporânea (FMC).

Utiliza-se uma metodologia baseada na investigação, aliada a um método POE composto por três etapas predizer, observar e explicar, ambos necessitam da atuação do aluno. Utilizou-se ainda uma ferramenta que permita executar aquilo que dificilmente teria condições de ser feito em um laboratório real, de forma acessível aos discentes, principalmente no contexto de aulas remotas.

Este produto visa contribuir com a prática docente no ensino de física, facilitando e tornando acessível aquilo que é complexo, buscando motivar e dar autonomia àqueles que por vezes se permitem ficar inerte no processo educacional.

Estimulando-os a formação de linguagens e conceitos que tenham significado para aquele que o busca, convidando-os a uma construção ativa e fornecendo a outros um suporte didático através de uma atividade e roteiro procedimental. Também pretende fornecer material para que o professor o utilize com responsabilidade, coerência, conforme as necessidades e potencialidades suas e dos seus no processo pedagógico. O que justifica e conduz toda a execução, elaboração e análise do presente produto. A seguir discorrer-se-á concepções educacionais utilizadas como base didática na elaboração deste material.

2 REFERENCIAL DIDÁTICO

2.1 A concepção da educação, a construção do conhecimento e do método de ensino na sala de aula do ensino de Física

A concepção da educação, construção do conhecimento, método de ensino ou até mesmo sobre a sala de aula, aluno e professor nem sempre tiveram essa forma que há atualmente. Há alguns anos atrás, a concepção dos pensadores que constituem a base do modelo educacional vigente destoava muito do que se ambicionava: a escolarização em massa. A escola, segundo Nòvoa (2022), sofreu um processo de transformação desde seus primeiros passos na segunda metade do século XIX até o modelo atual e deverá sofrer ainda mais outras, considerando as múltiplas realidades e experiências de cada indivíduo e de cada era.

Mas assim como as ideias de pensadores como Vygotsky foram rejeitadas por seus contemporâneos e até no ocidente, onde hoje essas ideias estão tão difundidas, existem entraves quanto a transformação da sala de aula, mesmo com a renovação da mentalidade do pensamento educacional do último século (LEONTIEV, 1988). Nòvoa (2022) atribui isso a uma estrutura de um modelo escolar que não permite tal autonomia para a mudança (NÒVOA, 2022).

Atualmente tem-se passando por uma nova mudança na educação de base: a fase de implementação do “Novo Ensino Médio”, onde a estrutura escolar conhecida da escola regular será modificada. Tem-se como objetivo de, a partir dessa nova estrutura, conferir ao aluno uma maior autonomia na sua formação, pois o mesmo optará entre as áreas de conhecimento em que dará uma maior ênfase, escolherá algumas disciplinas, projetos a serem desenvolvidos, oficinas, núcleos de estudo, clubes e outros pontos que o preparem e o capacitem tanto para a formação profissional almejada quanto para a atuação na sociedade como indivíduo.

E todo esse pensamento que permeia a escola hoje, nasce no século XX e, desde lá, vem a luta por sua implementação, na figura de pensadores que atuam no chão da sala de aula e que compreendem que a educação é o principal meio de modificação da sociedade. Documentos como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) evidenciam essas mudanças (BRASIL, 2018, 1996). A BNCC, documento que define quais são as competências e habilidades necessárias para a escola quanto ao desenvolvimento do

aluno, sendo este documento um instrumento normativo para o currículo escolar, tem entre suas competências gerais alguns pontos dentre os quais destaque-se abaixo:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções [...] comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, [...] (BRASIL, 2018, p.9).

Percebe-se a grande influência que a teoria construtivista tem nas competências e habilidades direcionadas ao discente. Destaca-se ainda uma citação quanto às diretrizes para a educação especial e educação básica: "...mais do que a memorização de nomes e datas, o objetivo prioritário desta área de estudo deverá ser o desenvolvimento do espírito investigativo e do interesse pelo debate de ideias" (BRASIL, 2001). A partir de então, analise-se em seguida o pensamento e o entendimento dos principais psicólogos que atuaram na educação e fomentam as bases do atual modelo educacional. Inicia-se com o pensamento de Vygotsky sobre o desenvolvimento e a aprendizagem.

Vygotsky foi um estudioso soviético importante no ramo da psicologia. Seus trabalhos realizados ao longo do século XX marcaram profundamente diversos estudiosos de sua época e ainda têm enorme relevância nos trabalhos desenvolvidos atualmente. Em um artigo autobiográfico sobre Vygotsky, fica claro que um dos pontos-chaves da sua pesquisa foi a origem e o desenvolvimento das faculdades superiores complexas e a estreita relação que as mesmas têm com as relações sociais, onde o ser não é somente um produto do meio, mas um agente de criação que trabalha de forma ativa na produção desse meio (VYGOTSKY, 1987).

Cada indivíduo tem vivências culturais, históricas e instrumentais, essas vivências são chamadas por ele de mecanismos gerais sob o qual a sociedade e a história reestruturam as atividades que distinguem os homens dos animais, a partir de suas vivências o ser desenvolve suas faculdades superiores, a exemplo a linguagem,

estas são superiores por serem exclusivas do ser humano. Esses mecanismos gerais evidenciam que o desenvolvimento de tais faculdades está entrelaçado aos reflexos do indivíduo, suas respostas às diversas situações vivenciadas. Para Vygotsky, muito do desenvolvimento e da aprendizagem é reflexo das vivências na infância, pois aqueles que inicialmente eram mediados por outros a partir de certo momento serão mediados pelas estruturas internas deles próprios (LEONTIEV, 1988).

O instrumental refere-se a como as faculdades complexas, suas funções psicológicas superiores, mediam as respostas aos estímulos de forma diferente dos estímulos básicos. É uma mediação feita a fim de reestruturar como o ser reflete aos estímulos, sendo ainda capaz de modificar essa sua reação através do uso de suas faculdades superiores para aprimorar essas respostas. O cultural refere-se sobre como a sociedade estrutura as tarefas, as formas de fazer, os instrumentos fisicamente e mentalmente adequados para que as crianças executem as suas atividades, tendo a linguagem um papel importantíssimo nesse desenvolvimento do pensamento.

Já o histórico refere-se à maneira como o homem domina seu ambiente e o seu próprio comportamento, através da linguagem e dos conhecimentos que o mesmo adquire por meio das suas relações com outros, que foram desenvolvidas e vão se desenvolvendo o pensamento ao longo da história. E todos esses processos são mediados e partilhados por pessoas, os agentes externos, inicialmente, e em seguida pelas faculdades superiores internas. De modo que faculdades como a fala, a memória, a percepção, a atenção, as atividades motoras, a solução de problemas, e o proceder do indivíduo modificam-se conjuntamente.

O principal ponto que o difere do posicionamento de Piaget, segundo Leontiev (1988), é a importância da linguagem para o desenvolvimento. Que é compreendida como o meio de fundamental importância na formação do pensamento: a linguagem, pois desde a infância, é o principal meio pelo qual a criança se comunica e se relaciona com outros indivíduos; e sem ela não se desenvolveria com as mesmas potencialidades em comparação quando esta é bem trabalhada. Assim, a fala, com o passar do tempo, modifica a sua relação com o outro e consigo mesmo, modificando até mesmo a forma como o indivíduo planeja as suas ações e as executa, pois crê-se que a fala transforma o comportamento (LEONTIEV, 1988).

Na visão de Vygotsky, a educação é resultado de uma soma que engloba processos de diferentes esferas, processos históricos, culturais, econômicos e

políticos (VYGOTSKY, 1987). A educação tem nessa perspectiva dois objetivos primários: identificar os elementos culturais a serem assimilados para que o indivíduo se torne humano, e descobrir formas que permitam atingir esse objetivo (BOIKO E ZAMBERLAN, 2001). Sendo a educação escolar responsável por formar um ser crítico, um ser social, isso coloca o professor na postura de um agente de grandes responsabilidades sociais, pois o mesmo seria aquele mediador desse processo de construção (NÓVOA, 1995; SAVIANI, 1985).

2.2 Simulação e modelagem computacional: compreensão dos fenômenos

A dificuldade de fazer-se compreendido ao ensinar o que não é visível, esse poderia ser considerado um problema importantíssimo quando se julga ser relevante ou não o uso de simulações e modelos computacionais. Com efeito, essa questão é relatada pelos cientistas como uma das grandes dificuldades do estudo de fenômenos físicos e químicos, em especial aqueles que não são de uma escala macroscópica, aqueles que venham a ser considerados simbólicos ou de uma escala microscópica (LIN, CHEN, LAWRENZ, 2000; BALLEEN, NETZ, 2005).

Compreender o “invisível” é o desafio, em muitos casos, de estudar Ciências, principalmente ao levar-se em consideração a complexidade de compreender tais fenômenos, que muitas vezes nem se assemelham a algo conhecido por parte do aluno. E analisando-se o papel do professor frente a essa questão, vê-se quão grande é o desafio de tornar concreto um conhecimento daquilo que não se vê, especialmente a olho nu (POZO, 1999). Lin e colaboradores (2000) apontam essa necessidade: o uso de representações quando se trata de conhecimentos simbólicos ou microscópicos. Segundo estes autores existe uma grande dificuldade por parte dos estudantes em adquirir tal compreensão devido à abstração de tais conhecimentos aliados à necessidade da experiência sensorial por parte dos mesmos.

Ballen e Netz (2005) comentam sobre essa questão ao argumentar que a utilização de ferramentas de modelagem e simulação computacional facilitam um detalhamento de modelos microscópico e simbólicos, bem como melhoram a potencial compreensão do conhecimento conceitual envolvido em um fenômeno. Como bem pontuado pelos autores, existe, quanto ao ensino de modelos teóricos da Física ou da

Química, a necessidade de um ensino que estimule e permita a aprendizagem capaz de conduzir a uma compreensão conceitual daquilo que se estuda.

Quanto ao uso de simulações e modelos computacionais a grande questão seria a disparidade existente entre os mesmos e um experimento real. Destaca-se aqui um ponto levantado por Medeiros e Medeiros (2002) anteriormente, que afirmam que, por mais espetacular que seja um modelo virtual, ele não é uma alternativa com o mesmo “status epistemológico e educacional” do experimento real. Mas, o uso de uma simulação ou um modelo computacional traduz o indizível, reproduz aquilo que é difícil de reproduzir na realidade escolar e torna visível a Física representada no experimento virtual (PIETROCOLA e BROCKINTON, 2003), conferindo a experiência sensorial pontuada por Lin, e colaboradores(2000); isso não pode ser desconsiderado. Ainda que a simulação não reproduza com a mesma fidelidade o experimento real, ela permite uma visualização que produz aprendizado.

Aliada relacionado aos aspectos citados acima, destaca-se outra situação relevante: a nova modalidade de ensino que surgiu durante esse período pandêmico, (do surgimento do Coronavírus) que trouxe a necessidade urgente da migração da sala de aula presencial para a sala de aula remota. Isso ocorreu devido ao isolamento social requerido mundialmente entre as pessoas, a fim de evitar a transmissão de tal vírus, que ocorre através do ar, da troca de salivas, muco e entre outros tipos de fluidos corporais. A escola então teve toda a sua rotina alterada, pois a escola não pôde ficar alheia às mudanças do período em que se encontrava. Neste contexto, veio a necessidade do uso de diferentes recursos tecnológicos, devido à mudança do meio de ensinar e aprender, da forma de comunicar, e do ambiente de aprendizagem

Aquilo que antes era recurso didático opcional, tornou-se obrigatório, o que causou mudanças no processo de aprendizagem dadas às novas circunstâncias. Esta nova realidade incentivou diversos professores a buscar novas ferramentas que estimulam a aprendizagem nesse novo ambiente de ensino-aprendizagem, dentre elas o laboratório virtual. Certamente, estavam à frente do seu tempo aqueles que já utilizavam as ferramentas digitais como objetos de aprendizagem (OA) em suas aulas. E para aqueles que não tinham nenhuma ou pouco vivência nessa forma de ensinar, tiveram à sua disposição diversos trabalhos elaborados, aplicados e testados, publicados em revistas, dicas e sugestões para o uso de diversas plataformas digitais e aplicativos, e passaram por treinamentos diversos para adaptar-se à nova realidade.

A inserção das tecnologias no ambiente escolar há tempos é uma mudança necessária nesta sociedade digital, e agora tornou-se um desafio obrigatório ao professor que compreende o quanto as tecnologias enriquecem e favorecem o processo educacional quando bem aplicadas, além de despertar o interesse dos alunos (VILELA, FERRAZ, ARAÚJO, 2021). Um dos pontos apontados na pesquisa de Vilela e colaboradores (2021), quanto a esse período pandêmico, foi a dificuldade de aprendizagem dos conteúdos e a falta da presença física do professor para ensinar. Porém, a utilização de recursos tecnológicos nas aulas foi um dos pontos mais positivos apresentados em sua pesquisa, o que se crê irá ecoar por muitos anos na prática docente.

Como ainda apresentado no trabalho dos pesquisadores citados acima, compreender o conteúdo abordado foi uma das principais dificuldades dos alunos nesse período. De fato, existem temáticas que mesmo presencialmente, com mínimas distrações, são complexas. ainda, como pontuado por Pietrocola e Brockinton (2003), boa parte dos experimentos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) são inviáveis em laboratórios escolares e o uso de um recurso computacional interativo facilita essa aprendizagem ao permitir que o aluno levante e teste suas hipóteses, altere os parâmetros desejados e formule conclusões a partir de suas próprias observações. Estes aspectos ressaltam a beleza e riqueza do ambiente virtual.

2.3 Mudança Conceitual: uma visão panorâmica sobre o conceito

O construtivismo tem características basilares que estruturam sua compreensão de como ocorrem os processos de ensino-aprendizagem; primeiramente, a visão de que o aluno deve ser um ser ativo no processo, visto que a educação é um processo de construção do indivíduo; em segundo lugar, que as concepções alternativas que os estudantes possuem acerca de um assunto têm grande relevância nesse processo, ainda que não sejam suficientes para o conduzir a uma explicação completa sobre os fatos. Moreira (2003), ao fazer um levantamento sobre a quantidade de trabalhos publicados entre os anos de 1970 e 2000 referentes às concepções alternativas, constatou a existência de aproximadamente 5.000 trabalhos. Todos estes estudos ressaltam um fato que os autores da época

perceberam: a relação existente entre essas concepções e a construção de um conhecimento científico.

Essas concepções são definidas, por Pozo et al. (1992), como a forma de alguém, que não tem conhecimento suficiente ou habilidade sobre alguma área, interpretar o que ocorre em sua volta. Nessa perspectiva, a mudança conceitual é um modelo que deve ser capaz de pegar a matéria bruta, conhecimentos prévios e concepções alternativas, e transformá-la em uma pedra lapidada, o conhecimento científico, uma vez que mudança implica em discriminar os significados, desenvolver e enriquecer conceitos ou evoluir conceitualmente. Mas nem sempre essa abordagem, de mudança conceitual, foi bem aceita e nem muito menos a definição de seu significado. Ainda, não há um consenso em como aplicá-la, apesar de várias propostas de sequências didáticas neste sentido (MORTIMER, 1996; MOREIRA, 2003).

Existiram inúmeras críticas no século XX, quando surgiu esse modelo de mudança conceitual, a essa abordagem, pois não se compreendia bem o verdadeiro significado dessa “mudança”, originando com isso críticas tanto ao modelo quanto ao próprio construtivismo. Uma das principais diz respeito à incapacidade da concepção construtivista em promover a mudança conceitual, dada a dificuldade de desvincular as concepções prévias ou alternativas do conhecimento científico. Com efeito, uma das características destas concepções é que elas são extremamente resistentes, ou seja, difíceis de serem “retiradas” do modo de pensar do indivíduo (MORTIMER, 1996; MOREIRA, 2003).

Neste sentido, muitas das críticas incorreram sobre a ineficiência em promover uma aprendizagem significativa, o que levou muitos a concluir que a mudança conceitual nunca poderia ocorrer. Os autores argumentavam que tais conceitos prévios eram resistentes a mudanças; assim, o conflito cognitivo não seria forte ou significativo o suficiente para proporcionar a mudança conceitual. Como pressuposto básico para que houvesse a mudança conceitual era a necessidade de um conflito cognitivo, como meio quase que infalível para promover essa mudança, surgiram inúmeras novas interpretações que tanto atacavam como defendiam esse modelo. (MORTIMER, 1996; MOREIRA, 2003).

Por surgir na chamada “Era de Piaget”, os conceitos de acomodação, equilíbrio/desequilíbrio e assimilação eram amplamente discutidos, considerados como fundamentos teóricos por seus autores ao formular o modelo de

mudança conceitual. No entanto, a visão Piagetiana dos primeiros autores desse modelo estava equivocada. Com efeito, eles sugeriam que a mudança conceitual se daria a partir de um conflito cognitivo (processo de desequilíbrio) que provocaria um estado de desequilíbrio/dissonância de conceitos de intensidade suficiente para conduzir a uma acomodação capaz de gerar uma mudança imediata de conceitos. Acontece que, para Piaget, esse processo é estrutural e não conceitual (MORTIMER, 1996; MOREIRA, 2003). Citamos Moreira (2003):

Estamos nos referindo a concepções alternativas "resistentes à mudança" como, por exemplo, a "proporcionalidade entre força e velocidade" em vez de força e aceleração, calor como "calórico" não como energia em trânsito, ou as estações do ano como "resultado da variação da distância Sol-Terra", não de suas posições relativas. Sendo que esses significados são produtos de aprendizagens significativas, eles não são "apagáveis". É uma ilusão pensar que um conflito cognitivo e/ou uma nova concepção plausível, inteligível e frutífera conduzirá à substituição de uma concepção alternativa significativa (MOREIRA, 2003).

Portanto, os primeiros modelos possuíam algumas incompatibilidades com a proposta construtivista de Piaget. No modelo de Piaget existem as lacunas entre os processos de acomodação, equilíbrio e assimilação, que são necessárias e inerentes aos processos, e a visão de que um conflito cognitivo gera, de imediato, uma mudança não é cabível, pois desconsidera as lacunas que fazem parte da estrutura do modelo Piagetiano (POZO et al., 1992; NUSSBAUM, 1989; MORTIMER 1996).

Ao longo desses anos, surgiram inúmeros modelos que propõem estratégias didáticas para promover a mudança conceitual. Como por exemplo, uma em que o professor inicia sua aula traz as concepções alternativas dos alunos como corretas e explica, a partir delas, alguns fenômenos físicos. No entanto, ao fazê-lo, indo até o limite do razoável, ao fim percebe-se que as concepções não são suficientes para explicar todos os aspectos dos fenômenos, e que apresentam falhas (MOREIRA, 2003).

Uma outra estratégia, posta por Moreira (2003), seria o modelo de Posner que consiste em provocar a insatisfação nos alunos por suas concepções quando essas não darem respostas plausíveis a determinadas perguntas. Essa insatisfação

os ajudaria a aceitar outra concepção ao deparar-se com uma concepção científica que seria inteligível, plausível e capaz de oportunizar uma pesquisa frutífera, capaz de conduzi-los ao crescimento dentro de um assunto, e o entendimento de outros que possuíam alguma relação. Assim como essas, existiram ainda outras, cada uma com uma percepção diferente sobre o que é e como ocorre essa mudança conceitual.

O que salta à vista ao deparar-se com esses autores são as diferentes compreensões que eles apresentam de um mesmo conceito. Por vezes parece que o entendimento é que a mudança conceitual consiste em substituir o velho pelo novo, aquilo que sabia e o que devo saber agora, o conhecimento de fora e o de dentro da escola, o que se aplica às ciências e o que é da vida comum, ou seja, que o segundo deve prevalecer em detrimento do primeiro. Desprezam, conseqüentemente, um conhecimento inerente ao aluno que o ajudaria potencialmente, como âncora, no processo de construção do conhecimento científico, de forma lenta e gradual na direção de uma aprendizagem significativa (MILLAR, 1989; MATTHEUS, 1992).

A mudança conceitual, necessariamente, não significa substituir o velho pelo novo. Pode referir-se a atribuir significado e características científicas ao saber popular, a encontrar as bases racionais que estruturam o pensamento científico e ressignificar suas crenças, dentre outros aspectos. Mas, se nesse processo de confronto e acomodação de ideias, algum entendimento prévio mostrar-se incoerente, então será necessário descartá-lo, sem que esse processo se resuma ao descarte de seus conhecimentos prévios, mas que se torne um processo de fortalecimento, reestruturação ou criação de bases científicas a partir da percepção empírica do indivíduo (MORTIMER, 1996).

Moreira (2003) cita que essa visão de mudança como substituição é incoerente por fugir do próprio significado de mudança. Para o autor, modelos que sugerem mais uma substituição de concepções, em vez de uma mudança, não alcançarão seus objetivos, uma vez que as concepções aprendidas foram adquiridas de forma significativa. A mudança conceitual é aquela que adiciona novo significado àquilo que já existe, enriquecendo de significados e dando robustez ao que já está lá. Trata-se do conceito de aprendizagem significativa de Ausubel e Novak, uma vez que cada indivíduo possui uma história cognitiva pessoal e não-apagável, carregada de significados. Substituir um conhecimento por outro não é mudança; o que muda continua mantendo a sua identidade ainda que se torne algo distinto e oposto ao que

era. Entretanto, ao mudar algo deve permanecer idêntico a si mesmo (POPPER, 1982; MOREIRA, 2003).

2.4 Métodos ativos: estudos da sala de aula

A palavra método tem origem etimológica grega do termo *methodos: meta*, por meio de; e *hodos*, caminho. Sua origem atribui o sentido de um meio para se alcançar um fim. Descartes aponta em *Discurso do método e as Regras* os principais atributos como sendo a segurança que o método confere ao pensamento; o descarte de esforços inúteis; via que oportuniza o alcance dos conhecimentos possíveis ao intelecto humano; em suma: conclusões certas, fáceis e abrangentes. Francis Bacon, indo além, define como um meio que resguarda e direciona de modo coerente a aplicação da razão ao que pode ser experimentado (BARBOSA, 2006).

Quanto à elaboração de um método, Barbosa (2006) julga que é inconcebível alcançar um método sem a vivência plural de métodos, a fim de reconhecer aquele que, antes de tudo, se adequa ao que se visa alcançar. Desse modo, é complexa a tarefa de busca de ferramentas e metodologias que oportunizem uma boa motivação do aluno à aprendizagem, sem que haja danos aos objetivos e conteúdos previamente idealizados. Assim, é necessário um ajuste do todo, das ferramentas, dos objetivos, dos objetos, do plano, da realidade em sala para que se defina aquilo que é mais coerente e, assim, se aplique a razão à experiência, pois todos esses são fragmentos que somente serão coerentes quando bem alinhados ao todo, o método: “O método é antes uma maneira, uma escolha, uma maneira de escolha por entre possíveis técnicas do que sua utilização pura e simples” (BARBOSA, 2006, p.15).

Munari (2010) menciona a aparente dificuldade que boa parte dos professores relatam possuir, as suas barreiras quanto à aplicação de métodos ativos, onde o aluno é um agente ativo no processo de ensino-aprendizagem. Destaca-se entre os pontos enunciados a complexidade intrínseca ao planejamento de uma aula com esse caráter, pontua também a percepção psicológica que o professor não possui, pois trata-se de um novo modo de enxergar como ocorrem as conexões que levam a uma aprendizagem efetiva. Como essa didática tem raízes do método socrático, o autor pontua: “... não se pode utilizar o método socrático sem ter adquirido, previamente, algumas das qualidades de Sócrates.” (MUNARI, 2010, p.91).

Com isso Munari (2010) impulsiona a posição difícil que os docentes se encontram logo que cogitam aplicar tais métodos. Contudo, não deixa de lado os incalculáveis esforços que são feitos na tentativa de reestruturar o ensino de matemática e física, tendo em vista as necessidades sociais que já foram apresentadas desde a antiga Conferência Internacional de Instrução Pública, nos Estados Unidos, em 1959. O pensar ativo, o ser ativo tem como premissa a reflexão que pode ser uma atividade externa. Entretanto, nem sempre o será, e por isso há uma forte ligação entre o construtivismo e os métodos ativos, e este último não pode ser posto de lado frente às dificuldades.

Quando Munari (2010) cita o pensamento de Piaget, o autor deixa evidente a sua posição, onde crê que a assimilação no adulto ocorre quando o conhecimento exterior se torna interior, onde a cognição resulta da adaptação. Para isso é necessário que, de forma indireta, o aluno sinta-se impelido a realizar um trabalho mental, que favoreça o trabalho ativo do intelecto a fim de produzir um conhecimento sólido que para Piaget apud Munari (2010) não poderia ocorrer de outro modo.

2.5 Método POE: origens e discussões sobre o ensino de Ciências

White e Gunstone (1989) foram os idealizadores do método POE. Este consiste em um modelo que utiliza concepções alternativas dos alunos e suas observações a fim de propiciar uma mudança conceitual, sendo composto por três etapas principais, quais sejam: *Predição*, *Observação* e *Explicação*, que serão descritas adiante (LIANG, 2011; WHITE & GUNSTONE, 1989; SEARLE & GUNSTONE 1992; TAO & GUNSTONE, 1999).

Segundo Nedelsky (1961), foi concebido na Universidade de Pittsburgh, Estados Unidos, sendo denominado a princípio de DOE (Demonstrar, Observar e Explicar). Seguindo conforme as suas origens, o método é utilizado de modo profuso no ensino das Ciências, sendo utilizado ainda para esquadrihar as ideias dos discentes em seus processos de estudo, foi aplicado ainda ao ensino e avaliação em laboratórios de física. Liang (2011) reitera o potencial que o método POE tem no ensino de física, na sua capacidade de propiciar um consenso entre crianças sobre um entendimento de um fenômeno (WHITE & GUNSTONE, 1992; TAO E GUNSTONE, 1999; LIANG, 2011; CARVALHO, 2013; SCHAWM, MARTINS E SILVA, 2007; GIBIN E FILHO, 2016, KEARNEY, TREAGUST, YEO E ZADNIK, 2001).

O método possibilita a instrução por meio de conflitos cognitivos. Searle e Gunstone (1990) destacam a importância de tais conflitos ao pontuar que esse é o meio que conduz o aluno à mudança. Os alunos são levados na primeira etapa a *predizer* a explicação para um fenômeno, questionamento, leitura, notícia ou entre outros. Uma vez que suas previsões e explicações não condizem com o observado ou possuem consequências incoerentes com a realidade, que é vista na etapa posterior de *observação*, os alunos são levados a uma nova explicação, fator que é muito importante para os conduzir à mudança conceitual (SEARLE E GUNSTONE, 1990; ARAÚJO E VELT, 2009).

O ponto de partida do método POE é a motivação. Assim, de princípio deve ser lançado um motivador, que como dito anteriormente, pode ser uma pergunta baseada na observação de um fenômeno, um vídeo, uma imagem, uma música, uma simulação ou um texto enfim, alguma coisa que seja atraente o suficiente para despertar o interesse do aluno, incentivando-o a aplicar conceitos fundamentais a problemas do mundo real. Segundo os autores, poderia incluir questões de texto de livros, algo que cativa a sua atenção, que não seja complexo a ponto de desmotivá-lo nem simples o suficiente a ponto de não despertar interesse quanto à busca de solução.

Os alunos devem ser divididos em grupos a fim de buscar respostas. Faz-se necessário, segundo seus idealizadores, a formação de grupos, pois possui uma concepção socioconstrutivista, que tem como pilar para o desenvolvimento da aprendizagem e a construção de conceitos, as interações sociais (TAO E GUNSTONE, 1999). Weinstein e Novodvorky (2015), ao verificar as diferenças entre atividades realizadas de forma individual e aquelas que são feitas em grupo, pontua uma melhora quanto à motivação, engajamento, desenvolvimento intelectual e, conseqüentemente, um melhor desempenho da turma nas atividades em grupo, pois as interações entre eles tornam-se mais produtivas; nessa metodologia, a ociosidade perde espaço para a discussão em busca de conclusões.

Minutos antes de implementar o método, é válido ainda que o professor faça uma revisão de conceitos prévios dos alunos, caso perceba a necessidade. Adequa-se bem a este método o uso de ferramentas diversas, tais como objetos de aprendizagem e experimentos reais ou virtuais. Estes, inclusive, são propostos por White, Gunstone (1992) e Tao e Gunstone (1999). Descreve-se a seguir suas etapas.

Etapa 1: corresponde à etapa da *previsão*; é a primeira etapa do método após a motivação, questionamento inicial sob o qual desenvolve-se todo o processo. O aluno será inicialmente desafiado com uma questão motivadora. Logo em seguida, antes de observar qualquer coisa da qual possa tirar conclusões, o aluno irá responder previamente a questão. O aluno irá predizer juntamente com seu grupo uma explicação possível, a causa de tal fenômeno, uma justificativa com base nas concepções que o mesmo possui sobre o assunto, sua perspectiva sobre uma resposta que lhe parece coerente à indagação feita.

Segundo os autores White e Gunstone (1992), as concepções alternativas que surgirão nesse momento serão o primeiro passo rumo à mudança conceitual, pois os alunos irão explicar e debater dentro do seu grupo as suas percepções quanto à realidade que foi questionada. Logo após, cada grupo deverá indicar um representante que irá apresentar aquilo que seu grupo pontuou e concluiu na predição, com a finalidade de convencer quanto à plausibilidade de seus argumentos aos demais da classe (WHITE E GUNSTONE, 1991; TAO E GUNSTONE, 1999; SEARLE E GUNSTONE, 1990).

Etapa 2: a etapa consiste na *observação*. Essa não pode ser uma idealização ou a imaginação de algo. De fato, deve ocorrer uma observação (visualização) de um fenômeno físico, seja por meio de experimentos reais ou virtuais, vídeos, imagens, textos, notícias, dentre outros. Essa etapa tem o objetivo principal de fornecer um suporte às predições, podendo estas validar ou invalidar as explicações obtidas na etapa anterior. Nessa etapa, o professor pode nortear a observação sem interferir de modo a comprometer a autonomia de suas conclusões. Essas orientações podem ser por meio de perguntas mais simples que orientem ou gerem motivação, ou instruções básicas seguindo uma linha de raciocínio que os conduza às conclusões objetivadas.

Quando os grupos expõem as suas predições a um grupo maior, eles confrontam entre si aquilo que é absurdo e aquilo que é coerente. No entanto, quando expostos à observação, as dúvidas que permaneceram durante a etapa da predição irão levar a outras conclusões que, dentro de uma nova discussão interna e externa ao grupo, produzirá conclusões melhores elaboradas. A validade de suas proposições é posta à prova na observação. Um aluno dentro do seu grupo fica responsável por anotar as observações feitas.

Etapa 3: última etapa, a *explicação*. Os alunos, após a observação e anotação dos pontos observados, deverão elaborar suas explicações finais. Os mesmos deverão justificar o questionamento motivador com base naquilo que foi observado. Após a elaboração da explicação, um aluno responsável irá apresentar à turma as conclusões de seu grupo e, por fim, comparar suas observações com suas predições. Esse é o momento final de confronto, onde a pergunta motivadora, que antes parecia não ter resposta, fica com uma explicação clara ao discente e suas concepções prévias são mais explicitamente confrontadas com a observação.

Segundo os autores, essa discussão proposta oportuniza uma melhor construção das ideias. Com efeito, quando a pergunta motivadora é colocada ao grupo com o objetivo de ser solucionada, não por meio de suas concepções pessoais, muitas vezes sem fundamentação científica, mas por meio daquilo que é constatado na observação, a explicação será exposta e discutida em grupo com um maior embasamento, produzindo um debate mais rico em que se promove o desenvolvimento da linguagem científica. Ao final das três etapas o professor fará uma conclusão geral daquilo que os alunos obtiveram, ressaltando os aspectos verdadeiros e corrigindo os falsos que ainda tenham permanecido.

Nesse método, as conclusões obtidas pelos alunos devem ter um papel de grande importância para que os conceitos possam ter um significado para os mesmos, uma vez que produzir uma reformulação/transformação de conceitos de modo profundo é algo desafiador. Por fim, cabe ainda algumas aplicações desses conceitos (transferência), caso sejam observáveis em circunstâncias diferentes das apresentadas. O método oportuniza o desenvolvimento de conceitos, a introdução de assuntos novos ao aluno, e pode ainda ser utilizado como avaliação ou como revisão de conteúdos já vistos. Enfim, o método se adequa a diferentes realidades e públicos diversos (PAIM, 2016).

Se o objetivo é trazer significado ao que se está a ensinar e aprender, a memorização nem sempre será o meio mais viável. Para Rogers (1982), as vivências do dia a dia são muito mais viáveis para isso do que a mera exposição ou o acúmulo exacerbado de conhecimentos sobre fatos. A investigação, por sua vez, distancia-se do método científico comum, e o POE ainda mais por utilizar as próprias experiências dos alunos a fim de promover a mudança conceitual:

(...) quer seja no comportamento da pessoa, na orientação de sua ação futura ou em suas atitudes. É uma aprendizagem penetrante, que não se limita a um aumento de conhecimento, mas que penetra profundamente todas as parcelas de sua existência (ROGERS, 1982, p.167).

Em resumo, o método POE consiste em três etapas: predizer, observar e explicar, que procedem a partir de uma questão motivacional. Pode-se resumir a primeira etapa a partir da motivação como sendo o momento de exposição das suas concepções espontâneas. Seguido da observação de fatos, onde o discente reflete por meio da observação sobre aquilo que ele predisse: os fatos são sugeridos e orientados pelo professor. Por fim, ele explica a questão motivadora a partir das conclusões dos fatos observados, depois de analisar de forma minuciosa as informações pontuadas na etapa anterior, de verificar as concordâncias e dissonâncias existentes entre a predição e a observação, ao apresentar sua explanação conclusiva (WHITE E GUNSTONE, 1989; 1992; TAO E GUNSTONE, 1999).

2.5.1 POE como instrumento avaliativo

A Fim de alinhar a visão que se têm sobre avaliação é necessário pontuar princípios que se considera relevantes para tal crença de que o POE pode ser utilizado como ferramenta avaliativa, uma vez que o mesmo pouco se assemelha aos métodos convencionais de exames aos quais costumeiramente são utilizados nos ambientes escolares.

Um dos objetivos educacionais é o desenvolvimento de competências e habilidades dentro de uma área, de forma que permita ao aluno analisar e construir de forma crítica um pensamento acerca de algo e por vezes trabalha-se com o uso de recursos pedagógicos que auxiliam os docentes e discentes nesse processo construtivo, a avaliação é um desses recursos que nas palavras de Luckesi (2000) é por natureza “*amorosa, inclusiva, dinâmica e construtiva*”, a avaliação nem sempre será um exame e por isso qualquer recurso que permita aos discentes ou docentes analisar, diagnosticar e ponderar como estão o desenvolvimento dessas competências e habilidades pode vir a ser um recurso avaliativo.

A avaliação deve ter por objetivo, a obtenção do melhor resultado possível e por isso estando alinhada às teorias pedagógicas e aos objetivos educacionais

traçados deverá ser satisfatória e não por sempre permitir a obtenção de bons resultados, mas por permitir uma verdadeira análise do perfil do aluno, de seus pontos fortes e fracos direcionando o mesmo a uma mudança, a uma tomada de decisão quanto ao que fazer a partir daí, pois a avaliação é uma constante busca do diagnóstico e a tomada de decisão.

Diagnóstico porque recolhe dados, constata uma realidade a partir de um instrumento adequado para tal constatação, seguido de uma qualificação, e a tomada de decisão porque uma vez constatado uma realidade deve-se a partir de então decidir o que fazer com tais resultados, pois a mesma possibilita um alinhamento com o objetivo final. Entretanto, somente diagnosticar de forma amorosa e acolhedora sem verificar a forma e os instrumentos de avaliação, podem fadá-la ao fracasso. Luckesi (2000) coloca que essa coleta e análise de dados somente serão relevantes se estiverem alinhados com o planejamento de ensino, com a teoria pedagógica que o fundamenta e que partindo daí serão colocados em prática na sala de aula.

Tendo em vista isso já pontuado acima pode-se pontuar o método POE como possível recurso avaliativo, desde que estejam alinhados ao planejamento idealizado pelo professor, adequados a linguagem, a necessidade do aluno na aprendizagem, pois os permite reforçar ou até mesmo aprofundar aquilo que ele já aprendeu.

Muitas vezes, nossos educandos são competentes em suas habilidades, mas nossos instrumentos de coleta de dados são inadequados e, por isso, os julgamos, incorretamente, como incompetentes. Na verdade, o defeito está em nossos instrumentos, e não no seu desempenho (LUCKESI, 2000, p. 7).

2.6 O ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC)

A BNCC organizou a integralização curricular escolar em grandes áreas do conhecimento, sendo elas: Linguagens e suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Em cada uma dessas áreas do conhecimento há um conjunto de habilidades e competências específicas a serem desenvolvidas pelo aluno ao longo de sua vida acadêmica na Educação Básica. O documento discorre sobre a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias ressaltando a vasta aplicabilidade e

importância de tal área para o desenvolvimento da sociedade, conforme está posto abaixo (BRASIL, 2018):

Nas sociedades contemporâneas, muitos são os exemplos da presença da Ciência e da Tecnologia, e de sua influência no modo como vivemos, pensamos e agimos: do transporte aos eletrodomésticos; da telefonia celular à internet; dos sensores óticos aos equipamentos médicos; da biotecnologia aos programas de conservação ambiental; dos modelos submicroscópicos aos cosmológicos; do movimento das estrelas e galáxias às propriedades e transformações dos materiais (BRASIL, 2018).

As temáticas citadas referentes à ciência e tecnologia, seus fenômenos e recursos, que permeiam o cotidiano da nossa sociedade pertencem a uma gama de assuntos da FMC. Fica evidenciado a “presença” dessa área da Física no estudo das Ciências da Natureza nos pontos citados acima e também em suas tecnologias, quando o documento cita eletrodomésticos, recursos de telefonia, biotecnologia, entre outros. Estes conhecimentos são necessários não somente para a solução de problemas, mas ainda como meio para a expansão do modo de enxergar o ambiente em que o indivíduo está inserido, onde o mesmo pode modificar o seu contexto através do conhecimento (BRASIL, 2018).

A partir de tal premissa, questiona-se o porquê de não haver um maior destaque ao estudo da FMC na educação básica, uma vez que a aplicabilidade de tais assuntos é vasta e está inserida em diversos contextos do cotidiano do aluno, além de ser orientada em documentos normativos como a BNCC; não é concebível a razão de tal negligência, a ponto de resumir seu estudo, inclusive nos livros didáticos (DOMINGUINI, 2012), a alguns poucos capítulos no final do livro do último semestre, do último ano do Ensino Médio, uma vez que os assuntos relacionados à FMC perpassam todos os conteúdos desde os conceitos inicialmente abordado no Primeiro Ano do Ensino Médio ao último ano do discente na escola.

A FMC é hoje um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico moderno, em diversas áreas como na saúde e indústria, chegando inclusive às residências através do uso de equipamentos diversos como placas solares, celulares, televisores, diversos aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos. Estes equipamentos são utilizados pelos estudantes em larga escala. Entretanto, estes ainda não possuem uma mínima compreensão dos princípios de funcionamento

destes aparelhos e da importância da FMC para o desenvolvimento tecnológico. Segundo alguns autores (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005; DE OLIVEIRA, VIANA E GERBASSI, 2007), o ensino da FMC constitui-se como um dos grandes desafios para os professores da educação básica, especialmente do Ensino Médio, devido a fatores como a má estruturação curricular, a insegurança quanto à formação acadêmica, a complexidade dos assuntos propostos por tal área de ensino da Física. Apontam ainda a carga horária reduzida da disciplina e a necessidade de apoio didático e pedagógico dados os fatores citados acima.

Entretanto, alguns pesquisadores (OLIVEIRA, VIANA, GERBASI, 2007; SILVA, ARENGHI, LINO, 2013; MARQUES, MARTINS, NOVAIS, GOMES, PASCHOAL, FERNANDES, FERREIRA 2019) que se propuseram a analisar os subsídios, quanto ao apoio didático, presentes em diversos trabalhos publicados em periódicos, artigos, revistas, monografias e dissertações nas últimas décadas, além daqueles em livros didáticos, ainda que de forma resumida, relatam não ser possível pontuar a falta de amparo didático como justificativa dos professores à negligência de inserir a FMC em suas aulas.

Segundo estes autores, os fatores supracitados não permitem que o desamparo pedagógico seja uma motivação válida para a escusa quanto ao ensino de tais assuntos no currículo escolar, sem se referir ao currículo formal, mas currículo “vivo” na sala de aula. Todavia, o amparo intelectual não subestima a complexidade do assunto, que é um dos fatores capazes de produzir o maior nível de insegurança quanto ao ensino da FMC. Embora o conhecimento a ser aprendido na educação básica sobre FMC deva ser mais acessível à realidade do aluno, entende-se que não se trata de uma simplificação desconexa e empobrecida de um conteúdo bem mais complexo e abrangente, ou de fácil abstração, existe uma rica relação que é direta e laboriosa com a realidade, sintetizar e tornar compreensível o abstrato não é fácil.

Apesar de ocultar-se muitas variáveis e detalhes envolvidos em um fenômeno a fim de criar um modelo acessível ao estudante da educação básica, ao resumir muitos anos de pesquisa e produção de conhecimento em poucas aulas por semana em um período de três anos, a profundidade dos assuntos pertinentes à FMC permanece. Ainda, não é possível restringir o aporte dado a esse campo de estudo ao que consta nos livros didáticos, uma vez que existe uma grande distância entre a ciência produzida nas universidades daquela que é vista em uma sala de aula da educação básica (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005).

Marques e colaboradores (2019) analisam a literatura produzida na última década referente ao ensino da FMC. Neste estudo, apenas 39% dos artigos consultados apresentam os resultados de propostas de intervenção didática; e como bem pontuado pelos autores, faz-se necessário o conhecimento de como ocorreu, na prática, a implementação daquilo que foi pensado, planejado e articulado, pois a sala de aula é um ambiente onde o inesperado frequentemente acontece e as dificuldades necessitam ser analisadas para que possam ser minoradas.

No capítulo seguinte discorre-se sobre os conceitos físicos abordados no produto elaborado, temas como a luz, a interação entre a luz e a matéria. Abordando temas referentes ao ensino de Física Moderna e Contemporânea que são considerados no currículo dos alunos de nível médio.

3 REFERENCIAL FÍSICO

3.1 Interação das moléculas com a luz

Quando se descreve o comportamento da matéria e da luz em escala atômica adentra-se ao campo de estudo da Mecânica Quântica, uma área de estudo da FMC. E quanto ao seu ensino para o aluno de ensino médio, uma dificuldade que surge é como facilitar ou mediar essa visualização simbólica de conceitos que não se assemelham a nada que o mesmo conhece. Analogias nesse caso não serão suficientes para descrever a riqueza existente no estudo desse campo da Física, pois quando se trata de coisas em escalas muito pequenas o comportamento é totalmente diferente de qualquer coisa que se possa imaginar ou descrever.

O comentário de Feynman (2008) sobre as coisas em uma escala muito pequena nos dá essa perspectiva de que “Elas não se comportam como ondas, elas não se comportam como partículas, não se comportam como nuvens, bolas de bilhar, pesos em molas, ou como qualquer coisa que você já tenha visto. “(FEYNMAN, 2008, p.14).

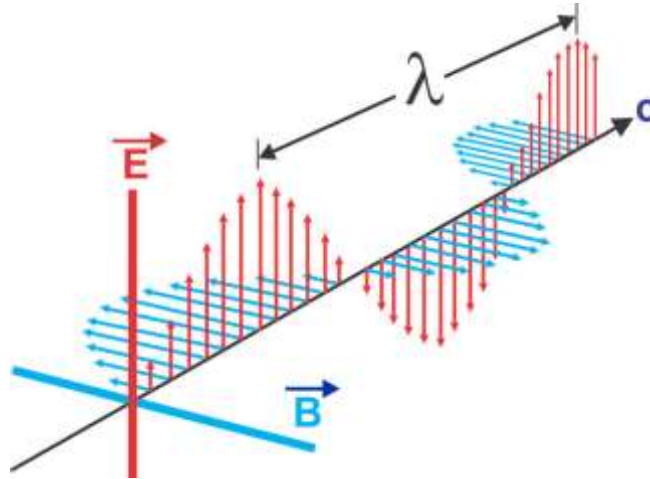
Assim utilizar ferramentas que minimizem a abstração de estudar tais assuntos é um diferencial que potencializa a aprendizagem, pois facilita a visualização daquilo que é abstrato, ainda que venha a ser analisado de um modo simples e não tão robusto uma vez que não é possível analisar profundamente os conteúdos referentes a esse campo de estudo no segmento do Ensino Médio. O que também não é objetivado nas competências e habilidades que regulamentam e orientam esse segmento de ensino. Quando quer-se analisar a interação da luz com a matéria entra-se no campo das coisas muito pequenas (FEYNMAN, 2008)

3.2 Luz

A luz que se consegue enxergar é apenas uma pequena parte de um grande espectro a qual pertence, a saber o espectro das ondas eletromagnéticas. Feynman faz uma analogia que facilita muito a compreensão da relação entre o campo eletromagnético e as ondas luminosas. Em sua descrição o campo assemelha-se a água onde qualquer perturbação influenciará tudo que estiver ao seu redor, esse campo pode transportar ondas que naturalmente estarão em vibração, algumas

dessas ondas são luz visível, outras são usadas em transmissões de rádio, mas no geral todas são ondas eletromagnéticas, ou seja perturbações de natureza eletromagnética. A Figura 1 representa uma onda eletromagnética.

Figura 1: onda eletromagnética.



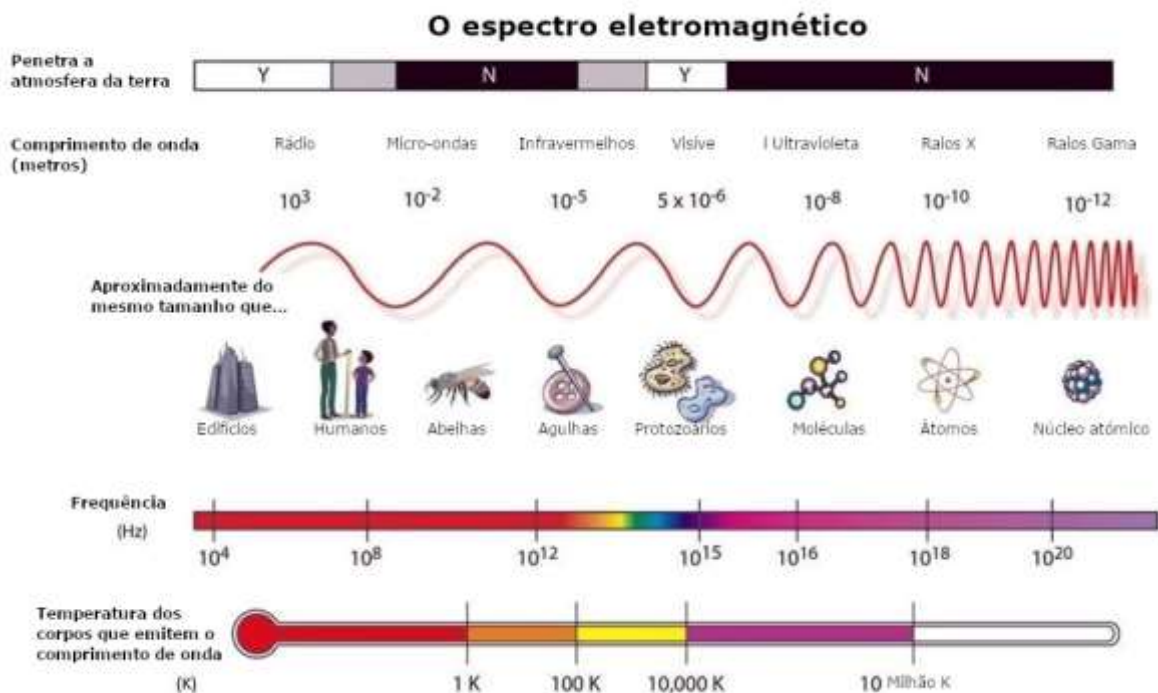
Fonte: IMA ¹.

Cada onda oscila em uma frequência característica e possui um comprimento de onda específico, existindo ondas de várias frequências e comprimentos distintos. Podendo ir desde as ondas de rádio até as ultravioletas e os raios gama, diferenciando-se apenas pela frequência de vibração e seu comprimento; essas de alta frequência, aquelas de frequências menores. Assim tem-se ondas mais curtas com frequências de oscilação maiores e ondas mais compridas com frequências de oscilações menores. Formando um amplo espectro luminoso, onde cada pacote de luz que compõem o espectro apresenta diferentes características ondulatórias e corpusculares (FEYNMAN, 2008).

Assim as ondas de raios X podem ser consideradas ondas de luz a uma frequência maior, as ondas de rádio a baixas frequências, onde toda essa luz é uma agitação do campo eletromagnético existente, cujo tipo de onda depende da fonte primária que possibilita o surgimento desse campo. A figura 2 representa uma parte do espectro de ondas eletromagnéticas.

Figura 2: Espectro de ondas eletromagnéticas.

¹ Disponível em: <https://imamagnets.com/pt-pt/blog/o-que-sao-as-ondas-eletromagneticas/>. Acesso em: 24 ago. 2022.



Fonte: IMA ².

3.3 Fóton

No campo de estudo da mecânica quântica uma das grandes descobertas é que coisas que antes eram consideradas ondas podem se comportar também como partículas e vice-versa, na verdade, tudo se comporta de modo semelhante, ou seja não sendo unicamente nem onda e nem partícula, segundo Feynman (2008). Não existe distinção se é uma onda ou uma partícula. A luz que antes parecia comportar-se como onda agora pode ser analisada como unidades, como partículas, essas unidades são chamadas de fóton de luz.

Esse caráter corpuscular e ondulatório tornou-se perceptível devido a descobertas feitas quanto às características que esse fóton possui, a saber momento e energia definidos que estão diretamente relacionados a sua frequência de oscilação e inversamente proporcionais ao seu comprimento de onda. Tendo relação direta com uma constante definida, em 14 de dezembro de 1900, por Max Planck em uma reunião da Sociedade Alemã de Física (NUSSENZVEIG, 2014). Desse modo, a energia de

² Disponível em: <https://imamagnets.com/pt-pt/blog/o-espectro-eletromagnetico/> Acesso em: 22 nov. 2022.

um fóton é determinada pelo produto de uma certa constante, chamada constante de Planck (h), e a frequência do fóton (ν), conforme a equação abaixo:

$$E = h\nu \quad (1.1)$$

e o momento que esse fóton carrega é definido pela divisão da constante de Planck h e o comprimento de onda λ :

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (1.2)$$

E isso foi uma das grandes descobertas do século XX, pois apesar de se crer que cada fóton poderia possuir energia, se cria ainda anteriormente que essa energia poderia assumir qualquer valor, e então Planck conclui que na verdade é um múltiplo de uma constante, a constante de Planck e esse fóton pode interagir com qualquer partícula trocando com ela energia e momento.

Planck chega a essa conclusão analisando os resultados de um experimento da radiação emitida por um corpo aquecido, o experimento do corpo negro; cujos resultados variavam, segundo o experimento, de uma coloração avermelhada, de baixa frequência, a uma tendendo a azulada, de alta frequência, emitindo ou absorvendo energia em múltiplos inteiros, de um “quantum de energia”, relacionados a constante de Planck cujos valores estão definidos abaixo.

$$h \cong 4,136 \times 10^{-15} \cong 6,6261 \times 10^{-34} \text{ joule.segundo} \quad (1.3)$$

3.4 Interação do fóton com a matéria

Os fótons podem interagir com a matéria, gerando quebra de moléculas, vibração, absorção, excitação, e entre outros. Por possuir energia e momento ao interagirem com a matéria, dependendo das características do fóton, considerando seu caráter ondulatório e corpuscular, a perturbação gerada será diferente, pois cada fóton possui momento e energias definidos que variam de acordo com suas frequências e comprimento de onda, bem como cada átomo e isso irá produzir diferentes respostas quando os dois interagem.

Assim, dependendo da frequência e comprimento de onda observa-se que o resultado da interação do fóton com os átomos das moléculas será diferente. Por exemplo, cada átomo pode absorver um fóton e ir para um estado excitado ou emitir um fóton e ir para um estado fundamental, entretanto, analisando essas excitações concluiu-se que para excitar um elétron dentro de um átomo é necessário que a energia envolvida seja relativamente alta, ou seja na região do ultravioleta, e esse

seria um tipo de interação. Se quiser provocar vibrações precisa-se de fótons na faixa do infravermelho, para rotacionar fótons na região de micro-ondas. Assim a energia e o momento de cada fóton definem em parte o resultado esperado da interação (PAVIA, 2008).

Abaixo segue a Tabela 1, elaborada por Pavia (2008), nela o autor faz um resumo das regiões do espectro eletromagnético e dos tipos de interação de energia observáveis esperadas.

Tabela 1: Tipos de transição de energia em cada região do espectro eletromagnético

Região do espectro eletromagnético	Tipo de interação
Raios X	Quebra de ligações
Ultravioleta visível	Eletrônica
Infravermelha	Vibracional
Micro-ondas	Rotacionar
Ondas de rádio	Spin nuclear (ressonância magnética nuclear) Spin eletrônico (ressonância de spin eletrônico)

Fonte: Tabela de Pavia, 2008, Introdução à espectroscopia, p.16.

A seguir discorre-se um pouco mais sobre essas interações, mas uma característica muito interessante a ser observada quando visto essa tabela a seguir, é a relação entre o tipo de frequência que cada radiação dessa possui e o tipo de interação esperada, onde as mais energéticas tem potencial para quebrar ligações moleculares permitindo a formação de novos compostos. Considerando desde as ondas de raio x, mais energéticas, às ondas de ressonância magnética nuclear (RMN), menor energia, dentro do espectro considerado no material do Pavia (PAVIA, 2008).

Essas de frequências menores e aquelas de frequências maiores, assim cada radiação pode ter energia suficiente para modificar o spin, rotacionar uma molécula, fazê-la vibrar, causar uma mudança de posição do elétron entre as camadas eletrônicas, e até mesmo quebrar ligações, conforme pode ser observado na tabela 1 (PAVIA, 2008).

Pode-se analisar agora as características de cada fóton e verificar o tipo de interação. Analisando as equações definidas anteriormente e aquilo que é possível observar no espectro eletromagnético, a radiação de maior energia correspondente aos raios X e a radiação ultravioleta (UV) são ondas mais curtas de maiores

frequências, essas possuem energia suficiente para quebrar as ligações das moléculas, o que conseguiu-se observar com os alunos com o uso da simulação. Enquanto no outro extremo do espectro tem-se as radiofrequências cujas energias são baixas, suficiente somente para causar transições de spin, nucleares ou eletrônicos, dentro das moléculas, isto é, RMN ou ressonância de spin eletrônico (ESR), respectivamente (PAVIA, 2008).

Far-se-á mais adiante algumas considerações acerca das principais frequências utilizadas e debatidas no produto educacional deste trabalho, a saber são elas, infravermelho, micro-ondas e ultravioleta. Enfatizou-se a relação entre o tipo de interação e as características do fóton, como a energia, seu comprimento de onda, sua frequência, porém existem ainda as características de cada molécula que como dito também variam, influenciando no tipo de interação esperado.

Saber a potencialidade de interação do fóton considerando somente suas características portanto não será suficiente, sendo necessário então conhecer as características de cada molécula, pois isso influenciará diretamente na quantidade de energia, frequência, comprimentos de ondas e momento necessários para produzir a interação prevista. O resultado depende, por exemplo, do tipo de ligação que o composto apresenta, pois, cada ligação confere propriedades físico-químicas diferentes aos compostos, por isso descreve-se resumidamente algumas delas a seguir.

Resumindo alguns tipos de ligações que foram consideradas:

- Ligações covalentes: são aquelas onde há o compartilhamento entre os átomos de elétrons da sua última camada de valência seja, por um elemento ou mais, a fim de adquirir uma estabilidade eletrônica no átomo, podendo formar ligações polares ou apolares a depender dos átomos que estão compartilhando esse par de elétrons. Essa ligação ocorre geralmente entre ametais e hidrogênio ou ametais entre si.
- Ligações iônicas: ocorre uma transferência dos elétrons dos átomos, formando íons, é o resultado de uma interação eletrostática entre os átomos da molécula, geralmente ocorrem entre metais e ametais. É um tipo de ligação que ocorre entre elementos que possuem uma diferença quanto a sua eletronegatividade e por isso transferem elétrons.
- Ligações metálicas: são aquelas que ocorrem entre metais. Nesse tipo de ligação todos os átomos envolvidos perdem elétrons das suas camadas mais

externas, podendo estes se deslocar de forma mais ou menos livre, onde se crê que este tipo de ligação é resultado de uma interação entre os íons do elemento e assim os elétrons teriam uma maior liberdade para se movimentar.

Existem outros fatores envolvidos ainda nas ligações como a eletronegatividade de cada elemento, a sua energia de ligação, o momento de dipolo, a configuração eletrônica e dos orbitais moleculares que possuem, entre outros e cada um desses irá influenciar a força da ligação, e as propriedades do composto. (MORTIMER, 1996; MILARÉ, 2007).

3.4.1 Infravermelho

A maioria dos compostos de ligações covalentes, orgânicos e inorgânicos absorvem várias frequências na faixa do infravermelho. Essa é uma faixa de comprimento de onda que vai de 400 nm a 800 nm, aproximadamente. Quando interagem com a luz nesta frequência os compostos são excitados e atingem um estado de maior energia, fazendo com que as ligações vibrem em maior intensidade ao causar dobramentos e estiramentos das ligações desses compostos. Isso ocorre quando a frequência de vibração absorvida é equivalente à frequência natural de vibração da ligação da molécula, onde a energia absorvida permite uma ampliação do movimento vibracional natural da mesma, para isso é necessário que o dipolo elétrico interaja com o campo da radiação incidente (PAVIA, 2008).

Assim, não são todas as ligações de uma molécula que serão capazes de absorver essa energia, porque, para absorver a radiação infravermelha é necessário que a ligação tenha um momento de dipolo elétrico variável que mude na mesma frequência do fóton absorvido. Com isso, conclui-se que ligações simétricas, apolares, com grupos moleculares bem parecidos não serão capazes de absorver esse tipo de radiação de baixa frequência, como exemplo o H_2 , bem como moléculas polares terão melhor facilidade de absorção da radiação infravermelho, como a água (DE CARVALHO, 2005).

Por apresentarem modos vibracionais distintos quando absorvem a radiação infravermelha, esses modos de vibração de cada ligação são únicos, pois cada uma apresenta a sua própria frequência natural de oscilação e está em um ambiente diferente, mesmo próximas. Com isso é possível utilizar esse tipo de radiação para mapear os elementos químicos de uma molécula de acordo com a faixa

de absorção de cada ligação, além de obter informações fundamentais sobre a estrutura das moléculas. Compostos cujas moléculas possuem ligações iônicas são utilizados na composição de materiais para fabricação de recipientes ou celas dos equipamentos de medição nas técnicas de espectroscopia infravermelha, uma vez que esses não interagem tanto com radiação quando comparados as moléculas de ligação covalente (DIEGUEZ, 2017).

3.4.2 Ultravioleta

Como mencionado anteriormente, uma das principais funcionalidades da radiação no meio científico é utilizar a radiação em suas diferentes frequências para descrever e mapear todos os aspectos estruturais possíveis das moléculas e átomos, por meio dos seus modos vibracionais, da sua absorção e outras interações possíveis. Para a UV existe uma necessidade de combinar esse tipo de radiação com outras técnicas de Infravermelho e RMN, pois, a maior parte das moléculas orgânicas não podem ser mapeadas pela radiação UV e visível (VIS). Entretanto, quando esses materiais são atravessados por esse tipo de radiação eles absorvem energia e a radiação residual que atravessa o composto produzirá um espectro de absorção (DIEGUEZ, 2017).

Esse processo de absorção é quantizado, pois a energia absorvida é exatamente igual a energia necessária para fazer uma molécula sair de um estado fundamental para um excitado, onde os elétrons saem de um orbital para outro, de menor energia para um de maior energia geralmente. Produzindo espectros com picos de absorção característicos. Quanto maior for a eficiência que uma molécula tem de absorver luz de um certo comprimento de onda, maior será a extensão dessa absorção (PAVIA, 2008, p.367).

Esse espectro UV-VIS é útil quando há insaturação em uma molécula. Na atmosfera existe uma situação que foi visualizada no experimento do PHET, quando a energia fornecida pela radiação UV for alta suficiente, algumas moléculas podem ter suas ligações quebradas, formando outros compostos, como exemplo a molécula de ozônio que pode ser decomposta em oxigênio livre, o que contribui para a formação de outras moléculas de ozônio (PAVIA, 2008).

O uso desse tipo de radiação vem sendo utilizado de modo diverso como: a desinfecção de materiais, fotopolimerização, tratamento de infecções,

equipamentos espaciais, bronzamento e entre outros. Entretanto, a exposição frequente a esse tipo de radiação é prejudicial à saúde, pois por modificar a estrutura molecular pode causar ao ser humano uma série de efeitos patológicos, podendo causar até mesmo o câncer de pele a longo prazo (JUCHEM, 1998)

3.4.3 Micro-ondas

As micro-ondas por sua vez tem uma energia não ionizante, causando apenas a rotação dos dipolos e a condução iônica, não alterando a estrutura molecular. Esses dois mecanismos citados anteriormente são resultados da absorção dessa radiação, que depende ainda das características dielétricas e magnéticas do material. Essas ondas são obtidas por campos eletromagnéticos ressonantes apropriados para produzir ondas com frequências mais elevadas da ordem de Gigahertz (PAVIA, 2008; DE CARVALHO, 2005).

Esse fenômeno de ressonância resultante da interação de algumas moléculas com as micro-ondas é utilizado em técnicas de ressonância de spin eletrônico (ESR) e ocorre quando o momento de dipolo dos elétrons alinha-se com um campo magnético aplicado, absorvendo energia e mudando de orientação em relação ao campo aplicado pelo torque que é produzido, alterando a orientação do seu momento magnético (PAVIA, 2008; DE CARVALHO, 2005).

A água é um dos compostos que melhor reage com esse tipo de radiação, por ser uma molécula polar, e como o campo elétrico é variável as moléculas polares ficam continuamente se alinhando a esse campo e com isso produzindo um aumento na energia cinética e conseqüentemente da temperatura. Moléculas de água, gordura e açúcar são as mais propensas a entrar nesse fenômeno de ressonância quando submetidos a essa radiação, sendo o aquecimento o tipo de interação mais evidente de forma perceptível a olho nu quando algum material é atravessado por esse tipo de luz, além da rotação a nível molecular (DE CARVALHO, 2005).

Com isso, além da vasta aplicação já conhecidas na área das telecomunicações e dos fornos de micro-ondas, essas ondas têm sido utilizadas na descoberta de tumores cancerígenos, inflamações e diversas outras alterações no organismo, pois quando a luz interage com células que possuem esses elementos eles aquecem podendo ser detectados e identificados através da combinação de outras técnicas (DE CARVALHO, 2005).

4 METODOLOGIA

4.1 Abordagem metodológica e público alvo

Utilizou-se como abordagem metodológica o método investigativo denominado POE, sendo este aplicado de modo distinto e claro em cada uma de suas etapas, a saber: predizer (primeira etapa); observar (segunda etapa); explicar (terceira etapa). Essas serão melhor descritas na seção 4.4, onde será relatada a intervenção em sala de aula.

Cada uma destas etapas foi marcada por questionamentos a serem respondidos pelos alunos. Esses questionamentos tinham o objetivo de direcionar o aluno a uma aprendizagem sobre a interação das moléculas com a luz e sua principal consequência para a Terra. Analisou-se qualitativamente os relatos dos alunos, os documentos salvos no Google Formulário e as demais informações disponíveis que foram observadas durante a aula (ANDRÉ E LÜDKE, 1986, p.45).

O Produto Educacional foi aplicado em uma turma básica regular de 3º série do Ensino Médio, com alunos na faixa etária de 16 a 18 anos. Através de uma pesquisa exploratória, verificou-se a aplicabilidade deste Produto Educacional. Os discentes participantes deste trabalho eram alunos regularmente matriculados em um Colégio localizado em Fortaleza, capital Estado do Ceará. Ressalta-se que se teve a autorização dos gestores da escola, responsáveis dos próprios alunos para a utilização e publicação deste estudo.

Na ocasião, contava-se com a participação de seis (6) alunos ao total, onde cinco (5) eram mulheres e apenas um (1) era homem, os quais realizaram as observações de forma individual e as conclusões foram discutidas com todo o grupo presente, o que se tornou possível devido ao pequeno número de participantes.

4.2 Competências e habilidades da BNCC

Tendo em vista as modificações ocorridas no currículo escolar e a crescente necessidade e exigências requeridas, quanto às competências e habilidades da BNCC, a serem desenvolvidas por parte dos alunos na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio, selecionou-se aquelas que foram exploradas neste Produto. O objetivo é facilitar a identificação por parte do

docente que deseja aplicá-lo, norteando-o quanto ao período ideal do ano escolar, conforme as competências e habilidades trabalhadas. A seguir expõe-se os princípios norteadores para a produção e aplicação do produto, de acordo com a BNCC. Uma das orientações iniciais da BNCC para todos os segmentos é:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2018, p.11).

Além dessa orientação, tomou-se por diretriz as competências e habilidades destinadas a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio. A competência específica 1 refere-se diretamente ao tema estudado em nosso produto, pois orienta a análise de fenômenos naturais relacionados a interação e relação entre a matéria e a luz, bem como aos processos tecnológicos relacionados a esta interação e relação entre a matéria e a luz. Em suas habilidades EM13CNT101, EM13CNT103, EM13CNT104, EM13CNT106 seguem as orientações relacionadas a essa análise, de modo a prever situações, utilizar os conhecimentos sobre o tema para intervir na sociedade, avaliar os riscos a saúde, suas aplicações tecnológicas e perceber seus impactos socioambientais e culturais (BRASIL, 2018).

Na competência específica 3 o documento continua a orientar à investigar, avaliar situações e suas aplicações, orientando ainda o desenvolvimento de uma linguagem científica onde o discente deve propor soluções e divulga-las, o que poderia ser algo a ser proposto em aulas posteriores a essa. As habilidades dessa competência enfatizam a necessidade de um caráter investigativo e questionador, que elabora hipóteses, previsões, estimativas, apresentando modelos e resultados que justifiquem suas soluções para o enfrentamento da problemática considerada em questão. Esses pontos percebem-se que são oportunizados através da aplicação do método POE (BRASIL, 2018).

A BNCC destaca nas suas competências a importância da utilização de objetos de aprendizagem digitais diversos a fim de facilitar a aprendizagem, potencializar as análises de informações, compreender e representar situações referentes às habilidades e competências da área de Ciências da Natureza, seja por meio de simulações, protótipos, ou outros recursos (BRASIL, 2018).

4.3 Ambiente e recursos didáticos

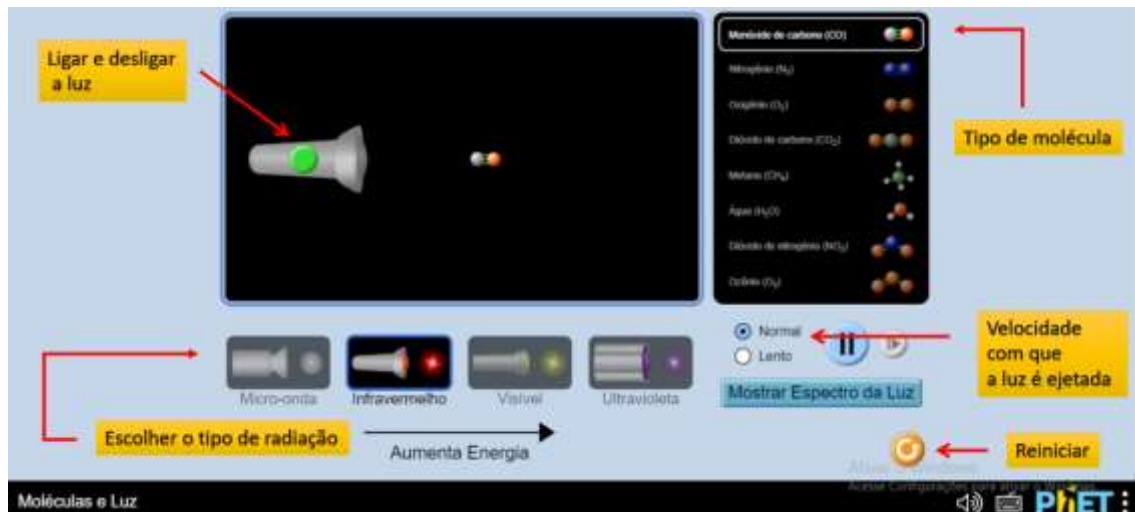
Por tratar-se de um assunto introdutório da FMC, que na maioria das vezes não é bem explorado na realidade curricular da sala de aula, executou-se esta aplicação em período regular, sem prejuízo por parte dos alunos quanto ao atraso de outros conteúdos. A aplicação ocorreu no turno da manhã e demorou cerca de 70 (setenta) minutos (duas aulas de 35 minutos, pois estava-se em regime de horário reduzido). Essa turma realizava suas atividades de forma remota devido ao período pandêmico; as aulas e atividades estavam ocorrendo por meio das funcionalidades e recursos da plataforma Google (Google Meet, Google Forms e Google Classroom).

O Google Meet é um serviço de videoconferências desenvolvido pela Google que possibilita qualquer pessoa com uma conta vinculada à Google poder criar uma reunião online com transmissão de áudio e vídeo, permitindo ainda a entrada de outros usuários. Para as escolas foram disponibilizadas algumas funcionalidades avançadas e, assim, as aulas poderiam ser realizadas de forma remota neste período de pandemia, cabendo à escola administrar os usuários na plataforma. Esse recurso poderia ser utilizado em um computador ou em um dispositivo móvel, como *smartphone* ou *tablet*. Esta atividade foi realizada em uma sala de reuniões do Google Meet, com interação dos alunos em tempo real, utilizando seus dispositivos smartphones.

Utilizou-se um simulador objeto de aprendizagem para o laboratório virtual, permitindo a possibilidade de experimentar, ainda que com limitações, fenômenos da FMC sem equipamentos caríssimos e, por isto, escassos em laboratórios didáticos de Física: laboratório real. O simulador computacional escolhido para a atividade experimental intitula-se "Moléculas e luz", disponível no site do PhET que possui simulações interativas de diversas áreas e foi desenvolvido pela Universidade do Colorado, EUA.

O PhET é um projeto fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, que contém simulações de áreas como Física, Química e Biologia e está disponível em diversos idiomas. Essa simulação está disponível em Java e html no link https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html, podendo ser utilizada em modo *offline*, se baixado no dispositivo. A imagem abaixo apresenta o simulador do PhET utilizado (Fig. 3).

Figura 3: Simulação Moléculas e luz do PhET.



Fonte: Imagem produzida pelo autor (2022)

O simulador aborda a interação de moléculas com a luz. Por tratar-se de um conteúdo um pouco mais abstrato para o aluno, a visualização torna-se um fator importante. Portanto, tomou-se o devido cuidado de permitir essa observação com a utilização de elementos virtuais facilmente disponíveis e de boa qualidade. Destaca-se que os discentes, em sua maioria, utilizavam o smartphone e, por isso, a tela da simulação foi compartilhada, de modo que as variáveis eram alteradas conforme os alunos solicitavam, para fazer suas observações e responder aos questionamentos norteadores dessa parte do método.

Para registrar as respostas aos questionamentos, utilizou-se ainda o Google Forms, um recurso da plataforma Google que possibilita a criação de formulários e questionários *online* para pesquisas e enquetes, agrupando os dados coletados em gráficos e planilhas. O mesmo pode ser compartilhado com outros usuários através de um link de compartilhamento ou e-mail. Como outros formulários estavam sendo empregados para avaliações, os alunos já estavam habituados quanto a sua utilização. O formulário aplicado encontra-se disponível em: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScYfN6tOX1ZPcJRSodz2_Dlaktdec-H1pBUENXz-LDGY-dmDA/viewform?usp=sf_link;

4.4 Interação em sala de aula

Conhecimentos básicos foram abordados previamente em aulas anteriores de forma tradicional, ou seja, por aulas expositivas sem uso do método POE

(termologia, ondas, campos elétricos e magnéticos, ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético, condutores e suas aplicações tecnológicas). Nessas aulas, à medida que estes assuntos eram explorados, ia-se frisando aqueles mais importantes para o entendimento do tema que seria abordado (a interação entre matéria e luz), revisando-os durante as aulas subsequentes.

No mesmo dia, quando se aplicou o Produto, houve dois momentos de aula de Física. Assim, fez-se a seguinte divisão: no primeiro momento, relembrou-se o conteúdo que vinha sendo abordado nas aulas anteriores; no outro, aplicou-se a sequência POE. Fez-se neste primeiro algumas considerações acerca da radiação ultravioleta, infravermelha e visível, de forma bem sucinta, para só então introduzir, no momento seguinte, o primeiro questionamento de acordo com a sequência do método (predição, observação e explicação).

Na primeira etapa (*Predição*), iniciou-se apresentando os tipos de radiações e suas características ondulatórias. Comentou-se ainda sobre as moléculas que compõem a atmosfera da Terra e que são constantemente expostas a esse tipo de radiação proveniente do Sol. Em seguida, aplicaram-se os questionamentos. A princípio, pediu-se que os alunos fizessem suas predições sobre uma possível resposta e as expusessem rapidamente ao grupo. O primeiro questionamento foi o seguinte:

Os raios UV, infravermelho e radiação visível são provenientes do Sol. Sendo assim, as moléculas que reagem com a luz solar estão constantemente expostas a esses raios. Como ocorre e qual o resultado dessa interação? Em que esses resultados podem contribuir para a Terra?

Os alunos, embora ainda não soubessem ao certo como responder, deveriam predizer com suas palavras uma resposta a esses questionamentos. Essas mesmas indagações seriam respondidas ao final do processo de observação para verificar se houve alguma mudança conceitual e conflito cognitivo. Após cada aluno anotar no formulário suas respostas e apresentá-las ao grupo, fez-se uma síntese das considerações apresentadas.

Em seguida, partiu-se para o momento da *Observação*, deixando bem claro que esse momento os auxiliaria a responder o questionamento inicial. Assim, apresentou-se a simulação e todas suas funcionalidades, que poderiam ser alteradas e visualizadas, quais sejam: velocidade com que os fótons de luz são ejetados; tipo de molécula; tipo de radiação; botão ligar e desligar; a representação do espectro

eletromagnético, para demonstrar a relação entre frequência e energia. Esse momento foi conduzido por meio de perguntas norteadoras que foram elaboradas pelo professor, onde realizaram-se experimentos muito simples preparados com base em uma previsão das respostas às perguntas, objetivando observar a situação e chegar a uma conclusão. Ao responder as perguntas norteadoras, os alunos anotaram no formulário toda observação pertinente e necessária para responder à questão inicial.

Neste segundo momento, os discentes estariam em contato com a simulação virtual objeto de aprendizagem utilizado). Neste ponto, salienta-se que, como uma parte dos alunos não possuía à sua disposição um computador ou notebook (ferramenta necessária para a utilização do simulador), a simulação virtual foi compartilhada na tela para todos. Considerando os questionamentos feitos nesta etapa de observação, os alunos deveriam comunicar ao professor, que manuseava a simulação, quais variáveis do aplicativo deveriam ser alteradas. Essa é uma alternativa viável para o caso de aplicação em locais com poucos computadores disponíveis, seja em um ambiente físico (presencial) ou virtual (remoto). Os questionamentos na Observação foram os seguintes:

1. Quais os tipos de interações observadas entre as moléculas e a radiação?
2. Todas as moléculas reagem a todas as radiações? Liste para qual tipo de radiação cada molécula reage.
3. Que tipo de radiação consegue quebrar as ligações das moléculas? Todas as moléculas têm suas ligações rompidas ao interagir com essa radiação?
4. Qual o tipo de radiação que apresenta maior energia, na sua percepção?
5. Existe alguma relação entre a quantidade de energia e o comprimento de onda?
6. Você considera que, ao vibrarem as moléculas, estas irão apresentar uma maior ou menor temperatura?
7. A interação das moléculas com a luz solar, nesta perspectiva, e o acúmulo de gases resultantes dessa interação podem alterar o aquecimento natural da Terra?

Ao avançar-se com os comentários sobre o que foi observado, e dando tempo para que os alunos formassem suas conclusões, seguiu-se com a apresentação das conclusões obtidas. Neste momento, os grupos apresentaram os pontos em que suas observações confirmam ou discordam das suas previsões iniciais. Ao final das observações, buscou-se orienta-los a um entendimento comum,

mostrando aspectos contraditórios e coerentes nas considerações feitas. Por fim, apresentou-se o mesmo questionamento inicial, a pergunta motivadora, e fez-se uma conclusão geral sobre as questões levantadas, conduzindo-os ao entendimento esperado que englobasse todas as explicações relativas aos questionamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente Produto Educacional serviu-se do método POE, que por meio da investigação, busca promover uma mudança conceitual, através do conflito cognitivo. Neste sentido, as etapas componentes desse método (Predição, Observação e Explicação) foram aplicadas e analisadas durante uma intervenção em sala de aula, diligenciando para que fossem mínimas as distrações na realização das etapas do método.

Como dito, esse método é marcado pelo conflito cognitivo gerado e a consequente mudança conceitual que visa promover. Assim, o professor motiva o aluno por meio de algum recurso, onde este deverá ser responsável por explicar o que foi posto em questão. Para isso, deverá responder antes (Predizer) e após (Explicar) ao deparar-se com uma observação minuciosa do que foi proposto, colocando-o em conflito com o que crê e o que de fato observa. A motivação inicial visa buscar alcançar a promoção dos objetivos pedagógicos desse método (WHITE E GUNSTONE, 1992; TAO E GUNSTONE, 1999).

Quando bem motivado, o aluno alcançará o que Werner (1984) coloca ser o papel do professor no processo educacional: o agente que busca fazer brotar ideias. A fim de motivar o debate inicial, o professor pode utilizar como ferramenta um texto motivador, uma música, uma notícia, um vídeo, um fenômeno, uma tirinha, um questionamento, dentre outros recursos (WHITE E GUNSTONE, 1992; TAO E GUNSTONE, 1999; LIANG, 2011; CARVALHO, 2013; SCHAUN, MARTINS E SILVA, 2007; GIBIN E FILHO, 2016; PAIM, 2016).

Essa foi uma aula introdutória ao ensino da FMC, onde se abriu espaço para, posteriormente, serem explorados o caráter dual da luz, as aplicações tecnológicas de cada tipo de radiação e dessas interações, a relação da energia dessas fontes luminosas e suas propriedades ondulatórias, como comprimento de onda e frequência, que foram comentados de forma bem sucinta e questionados aos mesmos em alguns pontos durante a observação, gerando curiosidades para outros momentos de debate.

Nesta intervenção, colocou-se um questionamento que aborda um fenômeno em clara evidência na região Nordeste: a alta luminosidade solar. *Qual o papel da interação da luz solar com as moléculas componentes dos gases da*

atmosfera? Para responder, cada aluno teve à sua disposição um formulário, conforme a figura abaixo (Fig. 4), e uma simulação virtual.

Figura 4: Formulário de resposta

Moléculas e luz

Neste trabalho iremos estudar um pouco sobre a interação das moléculas com a luz e seremos conduzidos a observar como essas interações ocorrem por meio de alguns questionamentos. Ao participar deste trabalho você ainda estará contribuindo com uma pesquisa científica que tem por objetivo analisar esta metodologia educacional. Enviando este formulário você concorda com a utilização de suas respostas para tal análise. Desde já agradeço a sua participação !!!

Para acessar a simulação copie e cole no seu navegador o link a seguir:

https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html

*Obrigatório

1. Nome: *

Fonte: Imagem produzida pelo autor (2022)

É interessante, em caso de turmas maiores, que os alunos sejam divididos em grupos pequenos formando equipes, para que ninguém fique sem participar da atividade. Porém, como havia um número reduzido de alunos e eles estavam fazendo a atividade de modo remoto, não houve a necessidade de tal divisão. Esses agrupamentos dentro de um grupo maior visa a construção de conceitos com argumentos diversificados e o enriquecimento dos debates, uma vez que em cada uma das etapas do POE deve haver uma discussão dentro do próprio grupo e com a turma como um todo.

Apesar de considerar-se muito interessante a interação entre os grupos durante a atividade, pois crê-se que seja enriquecedora a discussão articulada e pensada de forma múltipla, como esta intervenção foi realizada de forma remota e com uma turma muito pequena, não havia a possibilidade da formação e discussão interna dos grupos, de modo separado dos demais da classe, com a supervisão e orientação do professor. O que se tornou positivo em parte, pois toda a turma interagiu, formando um grupo único. Deste modo, foi possível considerar as formulações e percepções individuais de cada aluno, uma vez que a valorização das concepções do indivíduo, segundo Silva (2012), é um ponto importantíssimo para uma

mudança conceitual. Assim, nenhum daqueles que utilizou os objetos de aprendizagem da aula teve sua colocação negligenciada ou participou das atividades de forma passiva. Mesmo aqueles que inicialmente não conseguiam nem esboçar alguma predição sobre o questionamento, ao final da atividade contribuíram com alguma conclusão quanto à pergunta inicial.

Como exemplo apresenta-se abaixo as respostas -se do Aluno 3 à pergunta: Como ocorre e qual o resultado dessa interação? Em que esses resultados podem contribuir para a Terra?

Predição do Aluno 3: não sei, mas quero e preciso aprender (informação verbal)³.

Explicação do Aluno 3: A temperatura vai aumentar por causa das reações das moléculas (informação verbal)⁴.

Com isso, considera-se que algum tipo de aprendizagem foi construída, ainda que bem rudimentar, por este discente que, aliás, tem o perfil de um aluno que fala pouco e que relata ter dificuldades na disciplina de Física. Então, foi muito positiva sua participação e sua contribuição, principalmente por observar como esse método os torna ativos no processo educacional, inclusive nesta modalidade de ensino remoto.

Um outro ponto positivo foi a percepção de vê-los motivados a aprender e discutir essa temática. Isto ficou evidente no discurso do aluno supracitado. Eles realizaram a atividade de forma voluntária e livre de estímulos externos que pudessem interferir positivamente ou negativamente na sua realização, uma vez que essa atividade não iria influir em suas notas (trabalho, participação ou avaliação) e não iria ser cobrada a obtenção de uma determinada habilidade, nem mesmo seria acrescida nem subtraída qualquer pontuação extra aos discentes.

Portanto, todos os alunos que participaram desta atividade estavam dispostos a participar e cientes de suas contribuições para esta pesquisa e da possibilidade de adquirir algum aprendizado, sem quaisquer ônus ou bônus por suas participações, ressalta-se que existiam participantes com características bem distintas quanto ao empenho nas aulas, a participação, motivação e compreensão de

³ Informação verbal fornecida por aluno 3, no momento de predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021.

⁴ Informação verbal fornecida por aluno 3, no momento de explicação da pergunta inicial, em 17 jun. 2021.

conceitos. Essas características distintas contribuíram para a percepção do grau de motivação dos alunos ao participar da atividade, pois a maioria demonstrava certa timidez quanto à interação com o professor e com os demais alunos durante as aulas realizadas remotamente, e todos conseguiram superar a timidez.

Ainda, quanto às habilidades e competências trabalhadas, destaca-se a possibilidade de professores do ensino de Ciências da Natureza, e até de outras áreas, realizarem a aplicação deste produto de forma interdisciplinar como, por exemplo, nos seguintes temas: a intervenção humana nos ciclos biogeoquímicos; as ligações moleculares; as reações químicas presentes e resultantes da interação da matéria com a luz; questões que envolvem aquecimento global e agravamento do efeito estufa; a polaridade das moléculas e como isso interfere na interação com a luz; os riscos dos produtos desta interação para o meio ambiente; o desequilíbrio ambiental e diversas outras questões relacionadas aplicações tecnológicas.

Como pontuado acima, na Metodologia, a BNCC (BRASIL, 2018) destaca a importância da utilização de objetos de aprendizagem digitais diversos no ensino de Ciências da Natureza, por considerar capaz de potencializar as análises, compreensões e representar por meio de simulações, protótipos ou outros recursos. O uso do objeto de aprendizagem neste trabalho teve esse objetivo: a simulação facilitou tanto a motivação, quanto a observação. O fenômeno da interação luz-matéria, caso fosse abordado apenas por meio de textos, não produziria o mesmo efeito motivador realizado pela simulação e, mais ainda, o de interação entre os alunos, como foi possível constatar na intervenção, efeitos estes que vão além daqueles produzidos pela mera apresentação de imagens, desenhos ou vídeos.

Nessa intervenção, todos os alunos relataram sentir-se motivados a participar das atividades, e isso ficou evidente nos comentários ao longo e nos momentos finais da aula quando, inclusive, os alunos pediram por mais aulas desse modo e comentaram sobre a curiosidade despertada em cada etapa da Observação, por exemplo, o que iria acontecer e como as moléculas iriam interagir. Assim, a utilização da simulação cumpriu o seu objetivo e com isso, acredita-se que foi possível cumprir também uma orientação da BNCC, que versa sobre: “Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas...” (BRASIL, 2018).

Em algumas escolas, o ensino da FMC é negligenciado, porém cada vez mais as diretrizes curriculares preconizam a abordagem de assuntos multidisciplinares, onde as disciplinas conversam e contribuem para uma maior compreensão de fenômenos naturais, sociais e/ou recursos tecnológicos. Isto fica evidente nas habilidades aqui desenvolvidas. Portanto, acredita-se que haverá de tornar-se cada vez mais necessário abordar assuntos dessa natureza sem negligenciar a necessidade e importância da utilização de recursos didáticos digitais para tais abordagens.

Entende-se que uma simulação é limitada. Com efeito a própria plataforma PhET, em um de seus documentos disponíveis, deixa claro que essas não são todas as interações luz-matéria possíveis, pois algumas podem ocorrer em menor escala, nem todas as moléculas poderiam ser representadas, sem a possibilidade de alterar os elementos químicos componentes e os tipos de ligações das tais. Porém, para uma aula introdutória a nível de Ensino Médio, considera-se um recurso satisfatório e bem útil para os propósitos elencados, em especial para retratar as interações existentes dos fótons de luz e a matéria.

A simulação foi utilizada em conjunto com um formulário. Com isso surgiram dificuldades ao manusear os dois recursos ao mesmo tempo. Os alunos, inicialmente, relataram estar confusos quanto ao modo de responder o formulário de registros de respostas e utilizar a simulação. Essa dificuldade surgiu porque não possuíam notebooks ou computadores a sua disposição, portanto, participaram das aulas com o uso de seus smartphones, isso dificultou o manuseio da simulação e anotação de respostas no formulário simultaneamente. Novamente, ressalta-se que a dificuldade não era sobre como responder o formulário, pois o recurso utilizado para captar as respostas já vinha sendo utilizado pelos alunos em outros momentos.

Portanto, não foi possível deixá-los livres para manusear o objeto de aprendizagem como em uma aula convencional presencial. Porém, contornou-se essa dificuldade com o compartilhamento de tela da simulação. Desta forma os alunos comentavam o que deveria ser alterado a ponto de, em uma das perguntas da Observação, eles já estarem tão familiarizados que já sabiam o que deveria ser feito sem qualquer orientação do professor, como para observar um fato e propor obter uma resposta, de forma muito rápida,

Tendo em mente que o assunto era desconhecido para os alunos, como esperado, procurou-se se precaver e aplicar algumas aulas de introdução com o

grupo, de modo que todas as premissas conceituais do que seria tratado mais à frente tivessem sido abordadas.; o que facilitou bastante a compreensão dos alunos. Por duas semanas, trabalhou-se de modo sucinto temas como temperatura, característica das ondas, campo eletromagnético, ondas eletromagnéticas, espectro visível, materiais condutores e suas aplicações tecnológicas. As aulas ainda estavam sendo realizadas em tempo reduzido de 35 (trinta e cinco) minutos. Como já dito, no dia em que houve a intervenção, ocorreram dois momentos: um introdutório, de forma explicativa, e outro utilizando o método POE.

Sobre a aplicação do método, desencadeou-se cada momento lançando um questionamento; esse seria o fator motivador que impulsiona as discussões. Elaborou-se um questionamento inicial de conclusões aparentemente complexas, mas, uma vez que se enfatizou que todo o conhecimento seria concebido em grupo, e não haveria razão de temores ao expor suas opiniões, ainda que depois fosse constatado que estavam equivocadas, foi possível deixar os alunos à vontade para opinar e responderem a seu modo.

Recomenda-se que o professor atente para intervenções em momentos oportunos, pois a pretendida motivação, situação ou problematização didáticas, não devem ser lançadas de modo a desmotivar o aluno. Com efeito, segundo as vivências relatadas pelo autor, o aluno poderá sentir-se incapaz e, ao invés de motivado, desmotivado a buscar predições, observações ou explicações. Abaixo encontra-se o questionamento inicial, conforme exibido no formulário (Fig. 5).

Figura 5: Questionamento inicial na etapa da Predição.

Série: *

1°

2°

3°

Os raios UV, infravermelho e radiação visível são provenientes do sol, sendo assim as moléculas que reagem com a luz solar estão constantemente sendo exposta a esses raios. Como ocorre e qual o resultado dessa interação? Em que esses resultados podem contribuir para o globo terrestre? *

Sua resposta

A Predição é a primeira etapa de todo o processo: lança-se uma pergunta (que é a mesma pergunta da Explicação) e o aluno prediz uma resposta. Essas predições foram colocadas para o grupo que respondia e comentava entre si. Percebe-se que, quando os alunos se veem entre pares, quanto ao nível de conhecimento, eles apresentam um menor temor quanto a argumentar, questionar e contribuir para as conclusões (INAGAKI E HATANO, 1983).

Os alunos têm naturalmente o desejo de indagar o professor em busca das respostas. Diante disto, o professor deve ser muito cuidadoso ao intervir nas formulações dos discentes em cada etapa. Cabendo a interferência do professor, este deve buscar intervenções a fim de dirigir o aluno a um caminho que o leve ao encontro das respostas. Porém, sem que ultrapasse os limites desta interferência, ou seja, que não apresente as respostas explicitamente (INAGAKI E HATANO, 1983).

O questionamento da Predição, como já colocado, foi:

Os raios UV, infravermelho e radiação visível são provenientes do Sol. Sendo assim, as moléculas que reagem com a luz solar estão constantemente expostas a esses raios. Como ocorre e qual o resultado dessa interação? Em que esses resultados podem contribuir para a Terra??

As respostas dos alunos à Predição foram:

Aluno 1: Elas ocorrem com agitação das moléculas dos raios solares que chegam na Terra, ocasionando o que chamamos de espectro visível ou luz. Sendo assim, ela ajuda as plantas em sua fotossíntese, fora as inúmeras maneiras que o ser humano utiliza o infravermelho e os raios UV, como nos controles de televisão infravermelho, celulares, entre outros aparelhos (informação verbal)⁵.

Aluno 2: Creio que, sem os raios vindos do Sol, não existiria vida na Terra; eles fazem parte do equilíbrio da temperatura (informação verbal)⁶.

Aluno 3: Essa radiação é importante, pois é usada no mecanismo da visão (informação verbal)⁷.

Aluno 4: Não sei, mas quero e preciso aprender (informação verbal)⁸.

⁵ Informação verbal fornecida pelo Aluno 1, no momento da Predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

⁶ Informação verbal fornecida pelo Aluno 2, no momento da Predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

⁷ Informação verbal fornecida pelo Aluno 3, no momento da Predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

⁸ Informação verbal fornecida por aluno 4, no momento de predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

Aluno 5: Os raios estão presentes no nosso dia a dia; tudo que fazemos, precisamos deles (informação verbal)⁹.

Aluno 6: Resulta em energia em forma de calor, que auxilia o aquecimento global, para manter a temperatura da Terra, o de corpos e o de objetos, auxiliando na manutenção da vida terrestre, além de ser fonte de energia para os seres fotossintetizantes (informação verbal)¹⁰.

Percebe-se que os alunos fizeram associação entre a interação da luz solar com as moléculas e o equilíbrio da temperatura na Terra, apesar da confusão de alguns termos científicos e de uma explicação rasa sobre o fenômeno. Alguns mostraram-se perdidos em suas respostas, diante da pergunta, e outros associaram não somente ao equilíbrio da temperatura, mas também às outras reações químicas como as dos seres fotossintetizantes. Porém, nenhum deles explicou como ocorria e qual o resultado dessas interações, evidenciando o seu desconhecimento sobre o que ocorre de fato na interação da luz com a matéria.

Metade do grupo relatou não saber nem mesmo como pensar em responder, apesar de demonstrarem curiosidade quanto a resposta. Ressalta-se com isso, o quanto eles estavam à vontade para expressar as suas opiniões a ponto de escrever que não sabiam o que responder; isso dificilmente é colocado, pois é mais comum deixar uma resposta em branco ou dar respostas arbitrárias como alguns fizeram.

Quando bem elaborado, o método POE faz um convite agradável ao aluno para a percepção da realidade de forma experimental. Por isso, acredita-se tanto que isso mude essa percepção do aluno em vários aspectos. Essa construção reflexiva do saber faz-se extremamente importante e ressalta o valor da ciência verificável, factual (WHITE E GUNSTONE, 1989). Onde aquilo que se crê deve ser pautado na razão, e uma vez que a insatisfação surja, urja um novo conceito que deve ser inteligível, plausível e conceda potenciais possibilidades de desenvolvimento de pesquisas em áreas diversas (KUHN, 1998; LAKATOS, 1989; POSNER et al., 1982). Um conflito que produz mudança.

⁹ Informação verbal fornecida por aluno 5, no momento de predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

¹⁰ Informação verbal fornecida por aluno 6, no momento de predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

Em seguida, realizou-se a primeira Observação. Neste ponto, deixou-se bem claro aos alunos que o objetivo dessa nova etapa, e de todos os questionamentos que veriam ali, era auxiliá-los a responder ao questionamento inicial. Pois, ao levantar hipóteses e pensar em conjunto sobre uma resposta, eles teriam, por meio da simulação, uma possibilidade de verificar se aquilo que fora levantado seria verdadeiro e quais os limites de sua abrangência. Silveira (1989) coloca a importância de aplicar as concepções dos alunos até o ponto de levá-los a perceber situações em que elas não podem mais explicá-las e conduzi-los a conclusões errôneas, gerando assim um conflito cognitivo. É a visão de Popper (1987) na qual o experimento põe em xeque as teorias.

Os discentes tiveram a sua disposição a simulação da plataforma PhET e um formulário que foi elaborado com o objetivo de facilitar a coleta de respostas. A simulação estava disponível para os mesmos alterarem aquilo que desejassem, obtendo outras conclusões independentes que melhor explicassem e respondessem à pergunta motivadora. Ao final, fez-se a apresentação e discussão das conclusões obtidas por cada aluno.

Para cada tipo de radiação, eles deveriam observar como as diferentes moléculas iriam interagir. Para isso, deveriam escolher um tipo de fóton, modificar o tipo de molécula e observar a interação que iria acontecer entre a radiação e as moléculas. Neste sentido, foi feito o questionamento conforme representado na figura 6 e as respostas assinaladas pelos alunos estão disponíveis na figura 7.

Figura 6: Parte do formulário relativo à Primeira observação e o respectivo questionamento.

Primeira observação

Para cada tipo de radiação observe como as diferentes moléculas vão reagir e para isso escolha um tipo de radiação, modifique a molécula e observe a interação que vai acontecer entre elas.

Marque as alternativas que correspondem aos tipos de interações observados entre as moléculas e a radiação. *

vibração

absorção

rotação

quebra

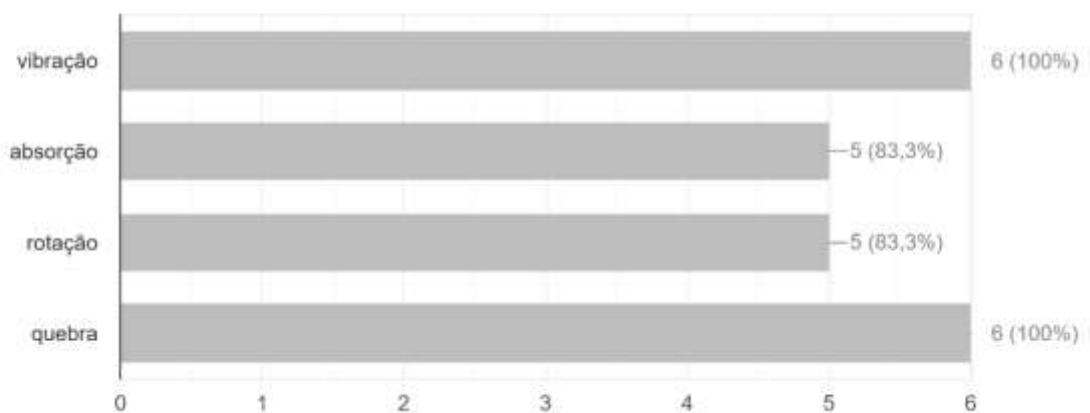
Voltar
Próxima
Limpar formulário

Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2022)

Figura 7: Respostas da primeira observação

Marque as alternativas que correspondem aos tipos de interações observados entre as moléculas e a radiação.

0 / 6 respostas corretas



Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2022)

Um aluno que não observou a absorção e rotação das moléculas relatou apresentar dificuldades para conciliar a observação da simulação com o formulário; essa dificuldade manteve-se até o final dessa atividade. Desta forma, foram adicionadas alternativas nas questões com o objetivo de agilizar o processo e nortear as observações, visando um melhor aproveitamento do tempo total de aula, que já era reduzido. Isso mostrou-se muito positivo, pois como as interações eram totalmente desconhecidas pelos alunos, estes conseguiram, com o auxílio das alternativas, identificar o que estavam observando.

Pode ocorrer de conteúdos extensos e/ou mais complexos requer um pouco mais de tempo. Assim, o professor deve precaver-se e planejar sua aula levando em conta o tempo de discussão, de resposta e de debates, para que não fujam do seu planejamento e a aula torne-se inconclusiva. O professor, além de facilitador, é o gestor da sala de aula (WEINSTEIN, NOVODVORSKY, 2015). Assim, disponibilizou-se 25 (quinze) minutos para a Predição, 20 (vinte) minutos para a Observação e também 25 (vinte) minutos para a Explicação,

Seguindo esse momento partiu-se para a segunda Observação, que fora norteadada pela pergunta:

2. Todas as moléculas reagem a todas as radiações? Liste a qual tipo de radiação cada molécula reage.

Figura 8: Tabela de respostas da segunda Observação.

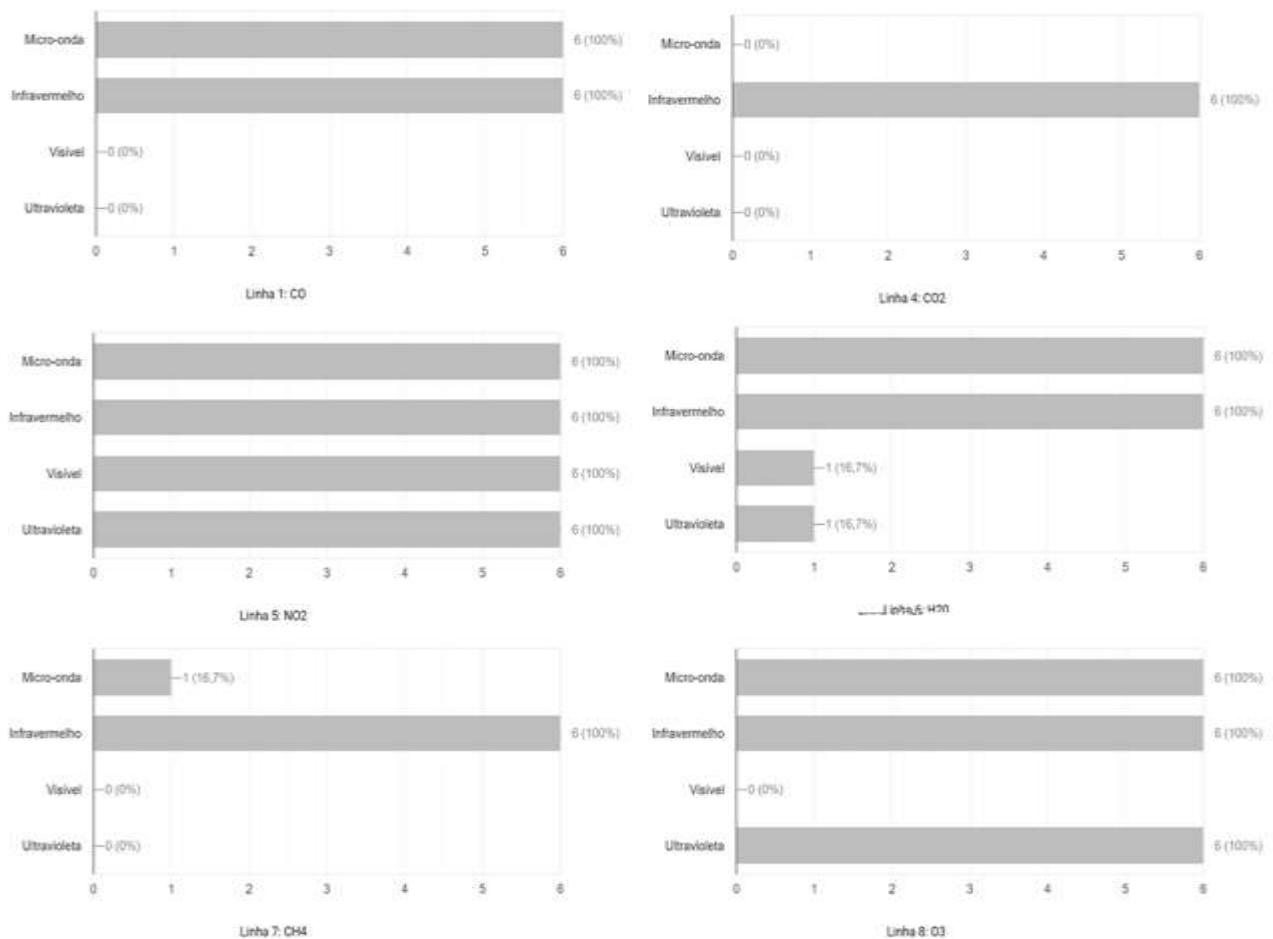
	Micro-onda	Infravermelho	Visível	Ultravioleta
CO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
N2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CO2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NO2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H2O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CH4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2022).

Para esta Observação, na simulação fixou-se cada molécula e observou-se como iria reagir a cada fóton emitido; assim, os alunos poderiam observar tanto o tipo de interação, se existisse, como também quais moléculas reagiriam com o quê. No formulário estava disponível uma tabela que relaciona cada molécula com cada tipo de fóton; assim, eles deveriam marcar a molécula caso ela reagisse com aquele fóton emitido (Fig. 8).

Abaixo (Fig. 9), seguem as frequências das respostas correspondentes (não houve interação com as moléculas de O_2 e N_2). Em alguns gráficos, aparece uma resposta que destoa das demais. Isso deve-se ao fato já citado, qual seja, do aluno que apresentou dificuldades em conciliar o formulário com a Observação.

Figura 9: Frequência das respostas à segunda Observação.



Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2022)

Os gráficos da Figura 9 mostram, na linha inferior a frequência de respostas, o tipo de molécula analisada em questão que estaria interagindo com os fótons. Todos os alunos observaram que, exceto aquelas moléculas que não reagem com nenhum tipo de radiação, todas interagem com o fóton Infravermelho, sendo

somente as moléculas de O_3 e NO_2 aquelas que reagem com os fótons ultravioletas. Estas compõem gases resultantes das reações de queima de combustíveis, gerando consequências tóxicas aos seres vivos quando em desequilíbrio, além da alteração de fatores climáticos. Este aspecto foi abordado na última pergunta. A fim de responder o questionamento seguinte, procedeu-se à terceira Observação:

3. Que tipo de radiação consegue quebrar as ligações das moléculas?

Todas as moléculas têm suas ligações rompidas ao interagir com essa radiação?

Como planejado, os alunos já haviam observado que existe um tipo específico de fóton que é capaz de quebrar as moléculas. Assim, para responder a esse questionamento não seriam necessárias novas observações. No entanto, para verificar se suas respostas estavam corretas, os mesmos deveriam identificar o tipo de fóton que acreditavam poder quebrar as moléculas disponíveis e responder conforme questionado no formulário. A representação desses questionamentos conforme estava no formulário encontra-se abaixo (Fig. 10):

Figura 10: Terceiro questionamento da etapa de Observação.

Que tipo de radiação consegue quebrar as ligações das moléculas? *

Micro-onda

Infravermelho

Luz visível

Ultravioleta

Todas as moléculas têm suas ligações rompidas ao interagir com essa radiação? *

Sim

Não

Talvez

Ativa
Acesse

Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2022)

Em unanimidade, os alunos identificaram a radiação ultravioleta e que nem todas as moléculas iriam interagir com este tipo de radiação. O interessante foi que eles conseguiram prever a resposta dessa pergunta de Observação e, considerando as respostas iniciais, essa foi uma evolução muito positiva, demonstrando ainda

interesse e atenção ao participarem desta atividade. Com efeito, os alunos já sabiam, antes mesmo da visualização da interação entre a radiação UV e as moléculas, qual seria o resultado da simulação.

O aspecto mais importante notado nesse momento foi justamente esse crescente desenvolvimento na aprendizagem. Esta é uma das características proporcionada pelo método, pois oportuniza a ampliação da percepção científica dos alunos, num crescimento gradual em selecionar e organizar as informações de modo a esboçar e conceber um pensamento científico. É a constatação de uma construção crescente, em relação com um conhecimento anterior, criando uma sequência de aprendizagem (TAO E GUNSTONE, 1999). Isto ficou em ainda mais evidente na Observação posterior, cujo objetivo era responder aos seguintes questionamentos:

4. Qual o tipo de radiação que apresenta maior energia na sua percepção?

5. Existe alguma relação entre a quantidade de energia e o comprimento de onda?

As duas perguntas acima compunham a quarta Observação e estavam contidas em uma única seção, como mostra a Figura 11.

Figura 11: Perguntas colocadas na quarta Observação.

Qual o tipo de radiação que apresenta maior energia na sua percepção? *

- Micro-onda
- Infravermelho
- Luz visível
- Ultravioleta

Existe alguma relação entre a quantidade de energia e o comprimento de onda?

*

- Sim
- Não
- Talvez

Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2022)

Esta etapa da Observação consistiu em analisar o espectro de luz disponível na simulação. Um momento de discussão muito interessante ocorreu nesta etapa, no que diz respeito à relação do tipo de fóton e sua energia, quando dois alunos, muito aplicados, tentaram responder à quarta pergunta (*qual o tipo de radiação que apresenta maior energia na sua percepção?*). Eles se posicionaram do seguinte modo: um deles colocou que seria o fóton infravermelho, pois possuía um maior comprimento de onda; o outro respondeu que seria o ultravioleta por possuir menor comprimento de onda e, conseqüentemente, uma frequência maior. Assim, para este último, a radiação ultravioleta deveria possuir mais energia. O primeiro aluno viu-se convencido com a argumentação e marcou no formulário a resposta conforme a argumentação do seu colega. Porém, o próprio colega não confiou na sua resposta e respondeu que seria o fóton infravermelho, da mesma forma como o restante dos alunos responderam.

São por meio destas interações horizontais entre os discentes, descritas por Vygotsky e Piaget (Inagaki e Hatano, 1983), onde a assimilação do conhecimento é mais forte ao se posicionarem criticamente e defenderem suas ideias entre seus pares. É como se eles se sentissem à vontade para questionar a ideia do outro, rompendo com isso a passividade. Porém, o fato de um dos alunos não confiar em sua própria resposta, e assim optar pela resposta do outro, pode levar a crer que este aluno, não está acostumado a discutir em sala de aula, mas sempre a ouvir e acreditar passivamente em seu professor, aceite mais a opinião alheia. Diante disto, destaca-se o quanto a construção do conhecimento de modo tradicional pode ser resultante da recepção dogmática do conhecimento, principalmente quando passado exclusivamente pelo professor, que é visto como autoridade e superior aos olhos dos alunos.

Portanto, frisa-se a importância em distinguir entre os resultados obtidos quando os alunos desenvolvem seu pensamento acerca da Observação de modo individual e quando lhes é posto que discutam entre si. Com efeito, a linguagem propicia a estruturação de um pensamento mais complexo e abrangente acerca de algo, levando-os a conclusões mais assertivas.

Na quinta e última etapa de Observação, marcada pelos últimos questionamentos (seis e sete, ver Fig. 12), os alunos deveriam relacionar as interações entre as moléculas e os fótons com o aumento de temperatura.

Figura 12: Questionamentos seis e sete da quinta Observação.

Você considera que ao vibrarem essas moléculas irão apresentar uma maior ou menor temperatura? *

Maior

Menor

A interação das moléculas com a luz solar nesta perspectiva e o acúmulo de gases resultantes dessa interação pode alterar o aquecimento natural do globo terrestre? *

Sua resposta

Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2022)

Todos responderam que, quanto maior a vibração das moléculas, maior seria a temperatura, e que o resultado de toda essa interação seria o aquecimento da Terra. Especialmente para as moléculas que apresentassem maior interação com todas as radiações, bem como para as moléculas geradas resultantes da quebra dessas moléculas. Por fim, os alunos foram conduzidos a uma pergunta motivadora final (Fig. 13).

Figura 13: Pergunta final (formulário).

Pergunta final

Os raios UV, infravermelho e radiação visível são provenientes do sol, sendo assim as moléculas que reagem com a luz solar estão constantemente sendo exposta a esses raios. Agora que você já observou a interação de diferentes radiações componentes da luz solar com algumas moléculas, pesquise quais dessas compõem a atmosfera terrestre e contribuem para o aquecimento do globo terrestre, analisando a interação e como essas interações vão afetar o nosso planeta.

Como ocorre essa interação? Qual o resultado dessa interação? Em que esses resultados podem contribuir para o globo terrestre? *

Sua resposta

Voltar **Enviar** **Limpar formulário**

Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2022)

No final, foi o momento de pensar em grupo e buscar respostas, sintetizar o que estava sendo construído. Foi de fundamental importância para este momento a contribuição de cada aluno, a fim de chegar à conclusão da turma, a Explicação. O debate entre os alunos, mediado pelo professor, tornou-se interessantíssimo, pois serviu para complementar o pensamento individual de cada um e conduzi-los a uma resposta final. A discussão e a conclusão em grupo permitem sofisticar suas respostas e enriquecer o debate (TAO E GUNSTONE, 1999). Para Vygotsky, o desenvolvimento da linguagem científica é uma faculdade superior que o indivíduo irá desenvolver quando em sociedade, por meio da interação, porque assim é requerido dele (Boiko e Zamberlan, 2001).

As contribuições de cada aluno para a conclusão final foram as seguintes:

Aluno 1: Ocorre quando os raios solares reagem com as moléculas presentes na atmosfera, resultando em vários fatores: às vezes quebrando-as, absorvendo sua energia, ou apenas rotacionando sua posição. Contribui também para algumas invenções do homem, como os dispositivos que utilizam infravermelho. Porém, também pode causar o aquecimento global (informação verbal)¹¹.

Aluno 2: Na interação com as moléculas pode acontecer absorção, vibração, rotação e quebra. Os resultados contribuem para o equilíbrio ou desequilíbrio da temperatura do planeta, causando interferência no estado natural do planeta (informação verbal)¹².

Aluno 3: Não conseguiu contribuir pois não conseguiu visualizar a simulação completa.

Aluno 4: A temperatura irá aumentar por causa das reações das moléculas (informação verbal)¹³.

Aluno 5: Quando os raios solares entram em contato com as moléculas que estão presentes na atmosfera, resultam em formas diferentes como: quebrar, absorver ou rotacionar (informação verbal)¹⁴.

¹¹ Informação verbal fornecida por aluno 1, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

¹² Informação verbal fornecida por aluno 2, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

¹³ Informação verbal fornecida por aluno 4, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

¹⁴ Informação verbal fornecida por aluno 5, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

Aluno 6: Parte dos raios retêm-se na camada de ozônio, essa que pega parte do calor. Assim, promove um aquecimento natural e auxilia em uma série de fenômenos naturais (informação verbal)¹⁵.

Diante do exposto, resumiu-se essas contribuições e apresentou-se a seguinte resposta final em grupo:

Quando os raios solares entram em contato com as moléculas que estão presentes na atmosfera, resultando em vários fatores: as vezes quebrando-as, absorvendo sua energia, ou apenas rotacionando sua posição. Os resultados das reações com moléculas contribuem para o equilíbrio ou desequilíbrio da temperatura do planeta, causando interferência no seu estado natural. Parte dos raios se retém na camada de ozônio e, assim, promove um aquecimento que auxilia em uma série de fenômenos naturais ou o aumento da temperatura da Terra (informação verbal)¹⁶.

Por fim, explicou-se com maior riqueza de detalhes e ampliou-se a conclusão obtida neste último questionamento de forma sucinta, buscando apresentar maiores detalhes sobre algumas aplicações disso, a serem exploradas posteriormente, frisando aquilo que se considera importante, por meio do que foi observado e concluído durante a aula.

Considerou-se a aplicação, como um todo, um momento muito rico e interessante em termos pedagógicos, pois permitiu aos alunos compreender melhor o que ainda estava oculto. Eles demonstraram interesse até mesmo pela formalização científica das conclusões, bem como durante as atividades, e muita curiosidade quanto às explicações coerentes, o que por si só parecia os motivar.

Então, assim concluiu-se o último momento, encerrando a aula ao ressaltar a relevância científica da descoberta dos conceitos estudados. E, portanto, o produto educacional elaborado e exposto neste trabalho mostrou-se viável para aplicação em alunos do Ensino Médio, por favorecer o aprendizado e a motivação, duas grandes dificuldades observadas em sala.

Objetivou-se inicialmente propor um material que além de auxiliar ao professor utilizasse uma metodologia que proporcionasse um conflito cognitivo no aluno a fim de gerar uma mudança conceitual trabalhando conceitos complexos sobre

¹⁵ Informação verbal fornecida por aluno 6, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

¹⁶ Informação verbal fornecida pelos alunos de modo conjunto com o auxílio da professora Thaís Martins Oliveira Mesquita, no momento da conclusão final da atividade proposta, em 17 jun. 2021

Física Moderna e Contemporânea (FMC). Na tabela 2 vê-se a mudança entre suas predições e explicações:

Tabela 2: Comparação das respostas das etapas de Predição e Explicação.

ALUNO	PREDIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Elas ocorrem com agitação das moléculas dos raios solares que chegam na Terra, ocasionando o que chamamos de espectro visível ou luz. Sendo assim, ela ajuda as plantas em sua fotossíntese, fora as inúmeras maneiras que o ser humano utiliza o infravermelho e os raios UV, como nos controles de televisão infravermelho, celulares, entre outros aparelhos (informação verbal) ¹⁷ .	Ocorre quando os raios solares reagem com as moléculas presentes na atmosfera, resultando em vários fatores: às vezes quebrando-as, absorvendo sua energia, ou apenas rotacionando sua posição. Contribui também para algumas invenções do homem, como os dispositivos que utilizam infravermelho. Porém, também pode causar o aquecimento global (informação verbal) ¹⁸ .
2	Creio que, sem os raios vindos do Sol, não existiria vida na Terra; eles fazem parte do equilíbrio da temperatura (informação verbal) ¹⁹ .	Na interação com as moléculas pode acontecer absorção, vibração, rotação e quebra. Os resultados contribuem para o equilíbrio ou desequilíbrio da temperatura do planeta, causando interferência no estado natural do planeta (informação verbal) ²⁰ .
3	Essa radiação é importante, pois é usada no mecanismo da visão (informação verbal) ²¹ .	Não conseguiu contribuir pois não conseguiu visualizar a simulação completa.

¹⁷ Informação verbal fornecida pelo Aluno 1, no momento da Predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

¹⁸ Informação verbal fornecida por aluno 1, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

¹⁹ Informação verbal fornecida pelo Aluno 2, no momento da Predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

²⁰ Informação verbal fornecida por aluno 2, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

²¹ Informação verbal fornecida pelo Aluno 3, no momento da Predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

- | | | |
|---|---|--|
| 4 | Não sei, mas quero e preciso aprender (informação verbal) ²² . | A temperatura irá aumentar por causa das reações das moléculas (informação verbal) ²³ . |
| 5 | Os raios estão presentes no nosso dia a dia; tudo que fazemos, precisamos deles (informação verbal) ²⁴ . | Quando os raios solares entram em contato com as moléculas que estão presentes na atmosfera, resultam em formas diferentes como: quebrar, absorver ou rotacionar (informação verbal) ²⁵ . |
| 6 | Resulta em energia em forma de calor, que auxilia o aquecimento global, para manter a temperatura da Terra, o de corpos e o de objetos, auxiliando na manutenção da vida terrestre, além de ser fonte de energia para os seres fotossintetizantes (informação verbal) ²⁶ . | Parte dos raios retêm-se na camada de ozônio, essa que pega parte do calor. Assim, promove um aquecimento natural e auxilia em uma série de fenômenos naturais (informação verbal) ²⁷ . |

Fonte: Tabela elaborada pelo próprio autor (2022).

Algumas das predições foram pesquisadas pelos mesmos na tentativa de responder corretamente já na primeira etapa, observa-se isso pela linguagem utilizada pelos alunos 1,3 e 6. Entretanto as respostas da explicação têm um linguajar próprio característico de cada aluno, inclusive os mesmos apresentaram grande mudança em suas respostas. Os alunos 4 e 5 que a princípio apresentaram respostas evasivas foram capazes de pontuar como os tipos de interações das moléculas com a luz e observar a relação dessa interação com o aumento da temperatura. Os alunos 1, 2 e

²² Informação verbal fornecida por aluno 4, no momento de predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

²³ Informação verbal fornecida por aluno 4, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

²⁴ Informação verbal fornecida por aluno 5, no momento de predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

²⁵ Informação verbal fornecida por aluno 5, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

²⁶ Informação verbal fornecida por aluno 6, no momento de predição da pergunta inicial, em 17 jun. 2021

²⁷ Informação verbal fornecida por aluno 6, no momento da conclusão final, em 17 jun. 2021

6 compreenderam de modo mais adequado essa relação, evidencia-se isso em suas falas.

O alcance do objetivo de mudança conceitual fica evidente nas respostas dadas ao questionamento motivador nas falas dos alunos de um a seis, mesmo aqueles que inicialmente apresentavam total falta de noção sobre o que estava sendo discutido. Vê-se ao comparar seus discursos, a exemplo as falas do aluno 5 nesses dois momentos, assim considera-se que este objetivo foi alcançado.

Como os alunos definiam aquilo que seria manipulado na realização da simulação, a fim de responder os questionamentos norteadores de cada etapa observou-se suas atuações autônomas, que o próprio método e o roteiro procedimental oportunizam. Por fim objetivou-se o desenvolvimento de linguagens e conceitos, o que se considera mais complexo, por sua construção ser resultado de uma maior quantidade de vivências e experiências científicas.

Sugere-se que esta sequência de atividades investigativas seja realizada em duas aulas regulares (50 minutos) que totalizam uma hora e 40 minutos, que seria suficiente para o conteúdo proposto e que seja aplicada de modo tranquilo, seguindo os passos descritos acima. Esta sequência foi realizada em duas aulas de carga horária reduzida (35 minutos, cada). Porém, ressalta-se que as revisões dos conceitos prévios necessários foram realizadas em um momento anterior a esta aplicação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método investigativo POE é muito utilizado em simulações computacionais (TAO, GUNSTONE, 1999; BALEN, NETZ, 2005; KEARNEY, TREAGUST, YEO E ZADNIK, 2001; GIBIN E FILHO, 2016), tendo por guia roteiros que devem ser elaborados com questões e/ou procedimentos que permitam ao aluno resolver problemas a partir de simulações e chegar a respostas com maior autonomia. Com esta proposta, este trabalho uniu esta abordagem metodológica com um objeto de aprendizagem por meio de um roteiro tal como foi explanado nas sessões anteriores.

Neste roteiro, busca-se, através da problematização gerada por questionamentos, construir com os alunos uma linha de raciocínio em que a resposta a uma pergunta possa nortear a solução para outras, numa série de questionamentos que evoluem. O objetivo é conduzir os alunos a indagações concatenadas que os leve a uma conclusão final que seja significativa, ou seja, que promova um entendimento claro e coerente daquilo que se investigou através de suas próprias observações.

A cada momento, esperou-se que os alunos atentassem para a proposta didática do formulário que consistia em conduzi-los a uma problematização crescente que demandava seus conhecimentos prévios, tendo por base conclusões tiradas de questionamentos anteriores. Efetivamente, percebeu-se que, de fato, os alunos foram levados nesse processo investigativo de predições, observações e explicações, necessitando apenas de intervenções pontuais, conforme descrito anteriormente.

Um dos objetivos secundários observados foi a motivação e a participação dos alunos, além da interação destes com o professor e com seus pares. Sabe-se que, algumas vezes, por tratar-se de um período de tempo extenso, duas aulas seguidas (1 h e 40 min), podem tornar-se cansativas. Entretanto, observou-se que a abordagem e o método, aliados à ferramenta utilizada, auxiliaram muito o desenvolvimento de todo o processo, permitindo que a aula fosse dinâmica e, por vezes, até descontraída. Considera-se que um fator de grande relevância para este fato foi o número reduzido de alunos, que corroborou para a realização desta sequência. Desta forma, foi possível um apoio mais próximo, onde as dúvidas foram tratadas com mais atenção e, com isso, obteve-se uma boa e constante interação dos alunos.

Um outro ponto levado em consideração, foi a antecipação quanto à possibilidade de uma reduzida interação e participação dos discentes. Considerando o momento da intervenção, durante as aulas finais do dia, quando os alunos estavam mais cansados, e também à modalidade de ensino remoto, onde a interação é demasiadamente menor em relação ao ensino presencial, pensou-se na eventualidade de que a turma não interagisse satisfatoriamente. Neste sentido, buscou-se contornar essa possibilidade através da aplicação frequente de um formulário digital com perguntas curtas, onde qualquer observação fosse nele registrada e, em seguida, discutida, deixando assim pouca margem para a inatividade.

O formulário continha uma maior quantidade de perguntas com possíveis respostas simples e breves, o que se acredita ter permitido observações mais atentas e uma interação consistente. Com efeito, durante a execução da aula, percebeu-se muitos alunos realmente empolgados com o debate.

Em aulas presenciais, um fator relevante quanto ao debate em sala de aula seria a desordem, pois nas discussões os alunos podem ir muito além do que está a ser abordado e ainda haver uma confusão de falas simultâneas. Assim, faz-se necessário que o professor conheça a sua turma de modo que possa organizar grupos com quantidades e pessoas de perfis equilibrados. Para grupos maiores, o professor deve circular pelo ambiente verificando a temática das conversas, a fim de averiguar se o que ocorre em cada grupo é a construção de uma argumentação por meio do diálogo, ou conversas aleatórias (WEINSTEIN, NOVODVORSKY, 2015).

Destaca-se ainda, a habilidade dos alunos na formação de conceitos e opiniões, ou seja, das discussões construtivas ocorridas em todas as atividades. Percebeu-se, entretanto, a dificuldade destes quanto à formalização da linguagem. Como já dito acima, Vygotsky trata a linguagem como sendo uma faculdade superior a ser desenvolvida depois da internalização de um conhecimento. Assim, acredita-se na possibilidade de desenvolvimento da linguagem à medida em que os alunos forem exercitados constantemente a praticar o uso dos termos científicos.

A evolução dessa habilidade deve ser almejada pelo discente, pois permitir-lhe-á uma elaboração crítica mais clara e coerente sobre o entendimento do aluno acerca de um determinado assunto. O aluno percebe o conflito existente entre suas noções prévias e seu senso comum, enquanto o professor consegue averiguar a evolução do aluno quanto ao conhecimento científico através da análise de seus

discursos. Pois a externalização por meio da linguagem é resultado do processo de internalização que ocorreu de antemão.

Encerra-se esse trabalho, enfatizando a necessidade do tato pedagógico descrito por Nóvoa (1995) que se refere ao conhecimento que o docente possui da sua sala de aula, do seu perfil e de seus alunos, das exigências e especificidades da sala de aula. O tato pedagógico que ultrapassa a cientificidade e por isso não pode ser passado de um para outro, como afirmado por ele. É analisar as possibilidades, considerando suas experiências frente aos desafios do ambiente e trabalhá-las a fim de tornar cada aluno um ser ativo no processo de construção do conhecimento, almejando alcançar o todo sem perder o olhar individual para com cada um.

O ambiente da sala de aula é por vezes desafiador e cada experiência é única, conhecer a vivência de outros profissionais é um modo de enxergar em realidades similares as vivências pelos olhos do outro, ver alternativas por outro ângulo e perceber que desafios podem ser experimentados e superados. O seguinte produto e o estudo realizado mostraram ser uma alternativa boa e viável no ensino de FMC, onde percebeu-se nesse processo de construção uma participação atenta e motivada dos discentes. Espera-se com isso contribuir com os docentes no ensino de Física e apresentar pontos relevantes do método POE, aplicado a um contexto diferente do habitual, o ambiente de sala de aula remota.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane. **Mídias e Ferramentas digitais no ensino de Física: Avaliação auxiliada por recursos digitais e busca de artigos em revistas eletrônicas.** 2015. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/midias2015/aula03.html>. Acesso em: 12 jun. 2015.
- BALEN, Osvaldo; NETZ, Paulo Augusto. Aplicação da modelagem e simulação no ensino de modelos de sistemas gasosos. **Acta Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 29-39, 2005.
- BARBOSA, João Alexandre. Reflexões sobre o método. **Itinerários**, Araraquara, n. 24, p. 15-31, 2006.
- BOIKO, Vanessa Alessandra Thomaz; ZAMBERLAN, Maria Aparecida Trevisan. A Perspectiva Sócio-construtivista na Psicologia e na Educação: o brincar na pré-escola. **Psicologia em Estudo**, Maringá, p. 51-58, jan. 2001.
- BRASIL. **Educação para jovens e adultos: ensino fundamental: proposta curricular - 1º segmento.** São Paulo: Ação Educativa, 2001. 239 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Lei Nº 9.394 de 20 de Dezembro de 1996.** Brasília, DF, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 10 jul. 2020.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, Regina Pinto de. **Microondas.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.
- DIEGUEZ, Celia M. Tokarski *et al.* Os fundamentos quânticos da Ressonância Magnética Nuclear. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.L.], v. 40, n. 1, p. 1-10, 14 ago. 2017.
- DOMINGUINI, Lucas. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do pnem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Criciúma, v. 34, n. 2, p. 1-7, 20 abr. 2012.
- FEYNMAN, R. P. *et al.* **Lições de física de Feynman.** Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GADOTTI, Moacir. **Concepção dialética da educação: um estudo introdutório.** 9. ed. São Paulo: Cortez, 1995.

GIBIN, Gustavo Bizarria; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de. **Atividades experimentais investigativas em Física e Química: uma abordagem para o ensino médio**. São Paulo: Livraria da Física, 2016. 132 p.

INAGAKI, Kayoko.; HATANO, Giyoo. Collective Scientific Discovery by Young Children. **The Quarterly Newsletter Of The Laboratory Of Comparative Human Cognition**, San Diego, v. 5, n. 1, p.1-1, jan. 1983.

JUCHEM, Patricia Pretto *et al.* **Riscos à Saúde da Radiação Ultravioleta**. 1998. Disponível em: <http://www.rbc.org.br/details/238/pt-BR/riscos-a-saude-da-radiacao-ultravioleta>. Acesso em: 15 mar. 2022.

KEARNEY, Matthew; TREAGUST, David F.; YEO, Shelley; ZADNIK, Marjan G.. Student and teacher perceptions of the use of multimedia supported predict–observe–explain tasks to probe understanding. **Research In Science Education**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 589-615, 2001.

KUHN, Thomas S.. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

LAKATOS, Imre. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madri: Alianza Editorial, 1989.

LEONTIEV, Aléxis N.. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKII, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich;

LEONTIEV, Aléxis N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, p. 59-84.1988.

LIANG, Jia-Chi. Using POE to promote young children’s understanding of the properties of air. **Asia-Pasifik Journal Of Rereach In Early Childhood Education**. [S.L.], p. 45-88. jul. 2011.

LIBANEO, Jose Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

LIN, Huann-Shyang; CHENG, Hsiu-Ju; LAWRENZ, Francisca. The assessment of students and teachers’ understanding of gas laws. **Journal Of Chemical Education**. [S.L.], p. 235-238. fev. 2000.

LUCKESI, Cipriano Carlos. O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem? **Pátio**, Porto Alegre, p.1-7, abr. 2000.

MARQUES, Thaynara Carvalho de Farias; MARTINS, Tiago Carvalho; NOVAIS, Andréa de Lina Ferreira; GOMES, Luiz Moreira; PASCHOAL, Cinthia Marques Magalhães; FERNANDES, Cindy Stella; FERREIRA, Fernanda Carla Lima. Ensino de física moderna e contemporânea na última década: revisão sistemática de literatura. **Scientia Plena**, [S.L.], v. 15, n. 7, p. 1-8, 9 ago. 2019.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MILARÉ, TATHIANE, 6., 2007, Rio de Janeiro. **Ligações iônica e covalente: relações entre as concepções dos estudantes e dos livros de ciências**. Florianópolis: (Ppgect/Ufsc), 2006. 10 p. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p676.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2019.

MOREIRA, Marco Antonio; GRECA, Ileana María. A mudança conceitual: análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 20-39, mar. 1996.

MUNARI, Alberto. **Jean Piaget**. Recife: Massangana, 2010. Tradução e Organização de: Daniele Saheb.

NEDELSKY, Leo. **Science Teaching and science testing: a relational theory of self, autonomy and law**. Chicago: Chicago University Press, 1961.

NOVOA, António. **Escolas e professores proteger, transformar, valorizar**. Salvador: Sec/lat, 2022. 116 p. Colaboração Yara Alvim.

NOVOA, Antonio. **Vidas de Professores**. Porto: Porto Editora, 1995.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade, física quântica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.l.], v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OLIVEIRA, Thaianie Moreira de. Como enfrentar a desinformação científica?: desafio sociais, políticos e jurídicos intensificados no contexto da pandemia. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 1-23, dez. 2020.

PAIM, Igor de Moraes. **Os impactos do enriquecimento escolar e da memória operacional sobre o desenvolvimento cognitivo e moral de alunos do ensino médio**. 2016. 407 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação da Faculdade de Filosofia e Ciências, Campus Marília, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília, 2016.

PAVIA, Donald *et al.* **Introdução à Espectroscopia**. 4. ed. Bellingham: Cengage Learning, 2008.

PIAGET, Jean. A evolução intelectual da adolescência à vida adulta. **Blog da Psicologia da Educação**, Porto Alegre, v. 1, n. 12, p.15-15, 1972.

PIAGET. **A linguagem e o pensamento da criança**. 3. ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1973.

PIETROCOLA, Maurício; BROCKINGTON, Guilherme. Recursos computacionais disponíveis na internet para o ensino de Física moderna e contemporânea. **Atas do Enpec**, Bauru, 2003.

POPPER, Karl Raimund. **O realismo e o objectivo da ciência**. Lisboa: D. Quixote, 1987.

POSNER, George J. *et al.* Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, [S.L.], v. 66, n. 2, p. 211-227, abr. 1982.

POZO, Juan Ignacio *et al.* Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. **Infancia y Aprendizaje**, [S.L.], v. 15, n. 57, p. 3-21, jan. 1992.

POZO, Juan Ignacio. Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. **Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 513-520, 1999.

ROGERS, Carl Ransom. **Tornar-se Pessoa**. Lisboa: Moraes, 1982. Tradução Manuel José do Carmo Ferreira.

ROSCHELLE, Jeremy. Learning by Collaborating: convergent conceptual change. **Journal Of The Learning Sciences**, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 235-276, jul. 1992.

SCHWAHN, Maria Cristina Aguirre; SILVA, Juliana da; MARTINS, Tales Leandro Costa. A Abordagem POE (Predizer, Observar, Explicar): uma estratégia didática na formação inicial de professores de química. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6., 2007, Florianópolis. **Anais do VI ENPEC**. Florianópolis: Ufrj, 2007. p. 1-8. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p444.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

SEARLE, Peter; GUNSTONE, Richard F.. **Conceptual Change and Physics Instruction**: a longitudinal study. Boston: American Educational Research Association, 1990.

SILVA, João Ricardo Neves da; ARENGHI, Luiz Eduardo Birello; LINO, Alex. Porque inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 6, n. 1, p.69-83, abr. 2013.

SILVEIRA, Fernando Lang da. A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 2, n. 6, p. 148-162, ago. 1989.

TAO, Ping-kee; GUNSTONE, Richard F.. The Process of Conceptual Change in Force and Motion during Computer-Supported Physics Instruction. **Journal Of Research In Science Teaching**, New York, v. 36, n. 7, p.859-882, 1999.

VILELA, Jean Louis Landim; FERRAZ, Anderson Claiton; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. Utilização de recursos tecnológicos nas aulas de Física como forma de superar as dificuldades impostas. **Revista Reamec - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 9, n. 2, p. 1-27, 2021.

VYGOTSKI, Lev S.. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WEINSTEIN, Carol Simon; NOVODVORSKY, Ingrid. **Gestão da Sala de Aula: Lições da pesquisa e da prática para trabalhar com adolescentes**. 4. ed. Porto Alegre: Amgh Editora, 2015.

WERNER, David; BOWER, Bill. **Aprendendo e ensinando a cuidar da saúde**. 5. ed. Sao Paulo: Paulus, 1984. 474 p.

WHITE, Richard T.; GUNSTONE, Richard F.. Metalearning and conceptual change. **International Journal Of Science Education**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 577-586, nov. 1989.

WHITE, Richard; GUNSTONE, Richard. **Probing Understanding**. Nova York: Routledgefalmer, 1992

APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL**THAIS MARTINS OLIVEIRA MESQUITA****UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM O USO DO MÉTODO POE NO
ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE AS MOLÉCULAS E A LUZ**

Produto Educacional da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho.

FORTALEZA**2022**

1 INTRODUÇÃO

O professor tem sempre um grande desafio: melhorar as suas práticas pedagógicas, alcançar um maior número de alunos, gerir melhor a sua sala de aula, compreender as particularidades de cada discente, atender as demandas fornecidas pela gestão escolar, obter bons resultados e ainda assim inovar em suas metodologias, para que no processo de ensino/aprendizagem o aluno seja ativo e motivado em todo o processo.

Diante de todas essas demandas, compreende-se a importância daquilo que vem sendo produzido no Mestrado Profissional de Ensino de Física, pois o mesmo possibilita a elaboração e a divulgação de produtos educacionais com estratégias e abordagens relacionadas ao ensino da Física a níveis de ensino fundamental e médio. Neste produto educacional propõe-se cooperar com o exercício docente do ensino de Física Moderna e Contemporânea, fornecendo ao docente uma abordagem didática, realizada por meio do processo de investigação.

Essa abordagem utiliza o método POE, que é composto por três etapas: Predizer, Observar e Explicar, onde os alunos responderão a questionamentos, a fim de obter conclusões sobre a interação de diferentes fótons de luz com algumas moléculas. Por tratar-se de uma abordagem investigativa e considerando as etapas componentes do método, na atividade a seguir o aluno irá buscar respostas e formular conclusões por meio de uma série de questionamentos feitos pelo docente. Propiciando a interação e a participação ativa do aluno no processo de formulação de conclusões. (WHITE & GUNSTONE, 1989; SEARLE & GUNSTONE 1990; TAO & GUNSTONE, 1999).

Cada questionamento será respondido através da observação de experimentos que serão realizados em laboratório virtual, utilizando uma simulação da plataforma PHET. Os mesmos irão apresentar as conclusões elaboradas durante a aplicação das três etapas, conclusões prévias, observações e explicações finais. A atividade será desenvolvida seguindo os direcionamentos presentes no roteiro de aplicação do aluno, que será apresentado a seguir. Propõe-se que essa abordagem seja aplicada em duas aulas de 40 minutos em turmas de nível médio.

Espera-se que este produto educacional possa contribuir e facilitar a abordagem de assuntos pertinentes a Física Moderna e Contemporânea, promovendo uma mudança conceitual e despertando um caráter questionador no aluno, bem como

despertando um interesse genuíno pela Física, contribuindo assim com os discentes e docentes do nível médio.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar como ocorrem e quais as consequências da interação de diferentes fótons de luz provenientes dos raios solares e as moléculas.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os tipos de interações existentes entre os fótons de luz e moléculas componentes da atmosfera terrestre.
- Verificar a capacidade dos fótons ultravioleta de quebrar moléculas.
- Analisar o espectro eletromagnético.
- Comparar a energia de cada fóton de luz, através das relações entre comprimento de onda e quantidade de energia.
- Avaliar a relação entre a interação de cada fóton e o aumento da temperatura.
- Examinar a relação existente entre a interação dos fótons de luz e o aquecimento do globo terrestre.

3 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC

A seguir disponibiliza-se as competências e habilidades disponíveis na BNCC (BRASIL, 2018), que embasam a aplicação desta abordagem de caráter investigativo. Será aplicada, como orientado nas competências, por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), a fim de investigar e analisar fenômenos pertencentes a natureza. O discente será norteado a elaborar previsões, observações e conclusões, em busca da solução de questões naturais, familiarizando-se ainda, como objetivo secundário, de uma linguagem científica. (BRASIL, 2018)

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO:

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1: analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p.554).

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (BRASIL, 2018, p.555).

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica (BRASIL, 2018, p.555).

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis (BRASIL, 2018, p.555).

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais (BRASIL, 2018, p.555).

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3: investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p.558).

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (BRASIL, 2018, p.559).

4 METODOLOGIA

O tema utilizado na abordagem proposta é a interação de algumas radiações (micro-ondas, infravermelho, ultravioleta, luz visível) com moléculas presentes na atmosfera terrestre. Recomenda-se que este produto seja aplicado em turmas de Ensino Médio, que possuam noções prévias sobre temperatura, característica das ondas, campo eletromagnético, ondas eletromagnéticas, espectro visível.

Esta abordagem é marcada por questionamentos. Inicia-se com questionamento motivador, que visa instigar a curiosidade do aluno, seguindo de perguntas que serão respondidas durante a Observação da simulação computacional, esta é a segunda etapa do método. Por fim a mesma situação motivadora será indagada novamente, cabendo aos mesmos elaborar conclusões sobre o questionamento inicial, este é o momento final de Explicação (TAO & GUNSTONE, 1999).

Os questionamentos que serão postos em cada etapa são direcionados a fim de promover uma mudança conceitual, a formação de um pensamento científico por meio da indagação, perante situações observáveis que serão experimentadas em um laboratório virtual. Os experimentos serão simulados na plataforma PhET, a simulação está disponível no endereço a seguir: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html.

Para desenvolver a atividade o professor deverá separar a turma em grupos pequenos, os alunos irão discutir suas respostas aos questionamentos dentro de seus pequenos grupos. Entretanto suas conclusões deverão ser compartilhadas com toda a turma, para isso é necessário selecionar dentro de cada grupo um aluno representante (relator) que irá apresentar as conclusões obtidas pelo grupo em cada etapa.

Estes momentos de compartilhamento devem ocorrer ao final de cada etapa, ou seja, ao fim da Predição os grupos menores irão compartilhar suas conclusões com a turma toda. Seguindo para a Observação os alunos irão anotar e pontuar o que foi constatado, finalizando com a formulação e exposição oral de uma explicação final para a pergunta motivadora. O professor conclui o momento de aula,

pontuando aquilo que é coerente cientificamente, pode ainda apresentar aplicações e consequências desta conclusão.

A aula inicia-se com o momento de motivação, onde o professor poderá introduzir o assunto seguindo com a apresentação da questão motivadora: **Os raios UV, infravermelho e radiação visível são provenientes do Sol. Sendo assim, as moléculas que reagem com a luz solar estão constantemente expostas a esses raios. Como ocorre e qual o resultado dessa interação? Em que esses resultados podem contribuir para a Terra?**

Neste momento os alunos irão pontuar dentro de seus pequenos grupos as suas conclusões prévias sobre a pergunta. O professor delimita um tempo para isso e depois desse momento o relator de cada grupo apresenta as predições a turma. Estima-se para a Predição um tempo máximo de 25 minutos, divididos em elaboração e compartilhamento de predições.

A seguir os discentes irão para o momento de Observação. Para isso os mesmos irão manipular as funcionalidades da simulação a fim de responder as perguntas que segue, estas irão nortear esse momento de observação. As perguntas norteadoras da observação são:

1. Quais os tipos de interações observados entre as moléculas e a radiação?
2. Todas as moléculas reagem a todas as radiações? Liste qual tipo de radiação cada molécula reage.
3. Que tipo de radiação consegue quebrar as ligações das moléculas? Todas as moléculas têm suas ligações rompidas ao interagir com essa radiação?
4. Qual o tipo de radiação que apresenta maior energia na sua percepção?
5. Existe alguma relação entre a quantidade de energia e o comprimento de onda?
6. Você considera que ao vibrarem estas moléculas irão apresentar uma maior ou menor temperatura?
7. Que relação existe entre essa interação das moléculas com a luz solar e o aquecimento do globo terrestre?

Estima-se um tempo de 60 minutos para a Observação, divididos em aprender a manipular as funcionalidades da simulação, simular e responder cada questionamento e compartilhar com o grupo maior as suas observações.

Finalizada a etapa de Observação, os alunos irão explicar o questionamento inicial (pergunta motivadora) com base nas observações feitas no

momento anterior. Cabendo aos mesmos analisar a coerência e incoerências de suas Predições diante do observado, elaborando uma explicação plausível. O aluno relator de cada equipe irá apresentar a Explicação final de seu grupo. O professor deve mediar cada momento de compartilhamento de conclusões.

O aluno relator irá apresentar as explicações finais, embasadas nas observações, discutindo com os demais da turma as justificativas de sua resposta. O momento de explicação tem um tempo estimado de 20 minutos, divididos em elaboração e análise de soluções, discussão e compartilhamento de respostas. Então o professor ao fim de todas as etapas irá formular em conjunto com a turma a elaboração de uma conclusão cientificamente coerente, concluindo o momento de aula. Todo o roteiro a ser utilizado pelos alunos encontra-se disponível a seguir.

5 RECURSOS DIDÁTICOS

- Simulação da plataforma PhET.
- Formulários da abordagem (roteiro do aluno).

6 AVALIAÇÃO

- Perguntas a serem respondidas no decorrer da aula.
- Desempenho da equipe nas atividades.
- Participação nas observações feitas durante a aula.
- Desenvolvimento crescente nas discussões do grupo.
- Respostas do roteiro.

Observações: os questionamentos a serem respondidos durante a abordagem permitirão ao aluno aplicar os conceitos aprendidos durante as aulas anteriores, bem como permitirão ao professor averiguar o nível de entendimento do aluno. Pode-se incluir a motivação do discente em participar das atividades e o nível de interesse como critério avaliativo, sendo esses pontos importantes para definir quão ativo o mesmo está no processo de aprendizagem.

7 ROTEIRO DE AULA DO ALUNO

MOLÉCULAS E LUZ

As ondas eletromagnéticas são resultantes de perturbações ocasionadas pela oscilação de campos eletromagnéticos. Essas ondas são ainda pequenos pacotes de energia que ao incidir sobre um material interagem com o mesmo. Ocorre uma interação entre esses pacotes, os chamados fótons ou radiação, com os elétrons presentes nos átomos das moléculas. Em sua presença as moléculas podem apresentar diversos tipos de interação. (PAVIA, 2008).

Esses fótons que são também ondas eletromagnéticas têm características diversas, quanto ao seu comprimento de onda, frequência e energia. Essas ondas são componentes de um amplo espectro das ondas eletromagnéticas, ondas estas com frequências e comprimentos de onda característico, o que possibilitam diferenciá-las (NUSSENZVEIG, 2014, FEYNMAN, 2008). Indo desde as ondas de rádio até os raios gama, como veremos a seguir.

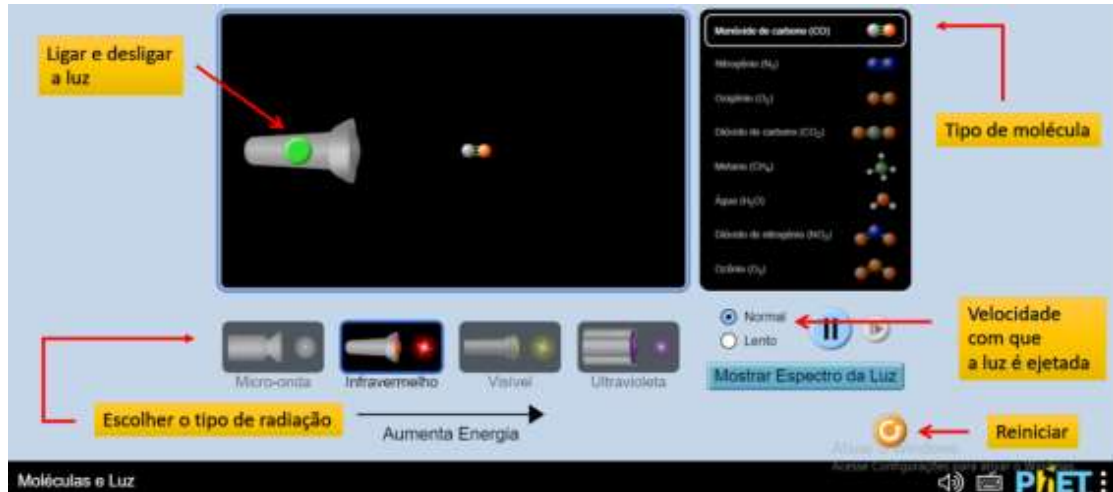
Quando essa radiação incide sobre as moléculas pode-se observar diferentes tipos de interações, o resultado disso depende tanto das características de cada onda como da molécula sob a qual a radiação irá incidir. Nesta aula buscar-se-á respostas através de perguntas. Serão realizados questionamentos norteadores, que auxiliarão o entendimento sobre como diferentes moléculas irão interagir quando expostas a diferentes tipos de fótons (radiação), bem como busca-se propiciar o entendimento de aplicações e consequências dessa interação.

SIMULADOR

Como recurso didático o simulador utilizado será o PhET, com o experimento intitulado “Moléculas e luz” que está disponível no link a seguir: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html . A simulação estará disponível para alterar tudo aquilo que for possível, obtendo conclusões que melhor respondam à pergunta motivadora. Ao final de cada etapa far-se-á a apresentação e discussão das conclusões obtidas por cada equipe, onde o aluno relator irá apresentar as respostas formuladas por seu grupo.

Observe a figura 14 com a ilustração das funcionalidades a serem alteradas na simulação virtual.

Figura 14: Ilustração das funcionalidades a serem alteradas na simulação virtual do PhET.



Fonte: Imagem elaborada pelo autor (2021).

PREDIÇÃO

Pergunta motivadora:

Os raios UV, infravermelho e radiação visível são provenientes do Sol. Sendo assim, as moléculas que reagem com a luz solar estão constantemente expostas a esses raios. Como ocorre e qual o resultado dessa interação? Em que esses resultados podem contribuir para a Terra?

OBSERVAÇÃO

Utilizando a simulação observe como as diferentes moléculas irão interagir com diferentes tipos de radiações. Para isso fixe um tipo de radiação (micro-onda,

infravermelho, visível, ultravioleta) que se localiza no canto esquerdo mais baixo da tela (observe a figura 14), em seguida altere a molécula uma a uma, observe como a interação ocorrerá ao apertar no botão verde. Repita o procedimento anterior para cada radiação. Observe e responda às perguntas a seguir:

1. Quais os tipos de interações observados entre as moléculas e a radiação?

a) Vibração b) Absorção c) Rotação d) Quebra

2. Todas as moléculas reagem a todas as radiações? Liste qual tipo de radiação cada molécula reage.

	Micro-onda	Infravermelho	Visível	Ultravioleta
CO				
N ₂				
O ₂				
CO ₂				
NO ₂				
CH ₄				
O ₃				

Ao responder o questionamento dois observa-se que existe um tipo específico de fóton (radiação) que é capaz de quebrar as moléculas, escolha esse tipo de radiação e observe se todas as moléculas interagem com ele do mesmo modo.

3. Que tipo de radiação consegue quebrar as ligações das moléculas?

a) Micro-onda b) Infravermelho c) Luz visível d) Ultravioleta

I. Todas as moléculas têm suas ligações rompidas ao interagir com essa radiação?

a) Sim
b) Não

Para responder as questões a seguir observe que existe uma barra intitulada “Mostrar Espectro da Luz” no canto inferior direito da tela, ao clicar observa-se o espectro das ondas eletromagnéticas. Nele há uma seta azul que indica o aumento Frequência e Energia característico de cada radiação, e uma seta rosa que indica a direção do aumento do comprimento de onda. Atente-se nisso para esta

observação. O tipo de interação também pode ser um indicativo de quão alta é a energia de cada fóton.

4. Qual o tipo de radiação que apresenta maior energia na sua percepção?

- a) Micro-onda b) Infravermelho c) Luz visível d) Ultravioleta

5. Existe alguma relação entre a quantidade de energia e o comprimento de onda?

- a) Sim
b) Não

Lembre-se que a temperatura mede o grau de agitação das moléculas. Assim, observe o tipo de radiação que produz uma maior agitação das moléculas. Utilize essa observação e a relação conhecida entre a agitação das moléculas e a temperatura para responder à questão seguinte.

6. Você considera que ao vibrarem estas moléculas irão apresentar uma maior ou menor temperatura?

- a) Maior
b) Menor

Agora que já foi observado a interação de diferentes radiações componentes da luz solar com algumas moléculas, pesquise quais dessas compõem a atmosfera terrestre. Analise como essas interações vão afetar o nosso planeta.

7. Que relação existe entre essa interação das moléculas com a luz solar e o aquecimento do globo terrestre?

EXPLICAÇÃO

Por fim, analise a sua resposta prévia a pergunta motivadora, compare com as suas observações verificando se estão adequadas. Com base nas observações realizadas nos procedimentos anteriores, responda à pergunta motivadora novamente, elaborando uma conclusão final.

Os raios UV, infravermelho e radiação visível são provenientes do sol, sendo assim as moléculas que reagem com a luz solar estão constantemente sendo expostas a esses raios. Como ocorre e qual o resultado dessa interação? Em que esses resultados podem contribuir para o globo terrestre?

Explicação final:

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

FEYNMAN, R. P. *et al.* **Lições de física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade, física quântica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014

PAVIA, Donald *et al.* **Introdução à Espectroscopia**. 4. ed. Bellingham: Cengage Learning, 2008.

SEARLE, Peter; GUNSTONE, Richard F.. **Conceptual Change and Physics Instruction: a longitudinal study**. Boston: American Educational Research Association, 1990.

TAO, Ping-kee; GUNSTONE, Richard F.. The Process of Conceptual Change in Force and Motion during Computer-Supported Physics Instruction. **Journal Of Research In Science Teaching**, New York, v. 36, n. 7, p.859-882, 1999.