



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA



**UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM CTS PARA O ENSINO DE
PROPRIEDADES DOS GASES UTILIZANDO EXPERIMENTAÇÃO E SIMULAÇÃO
COMO RECURSOS DIDÁTICOS**

KARLA KILMA CORREIA

Caruaru
2021

KARLA KILMA CORREIA

**UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM CTS PARA O ENSINO DE
PROPRIEDADES DOS GASES UTILIZANDO EXPERIMENTAÇÃO E SIMULAÇÃO
COMO RECURSOS DIDÁTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Graduada em licenciatura em química.

Área de concentração: Química

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

C824p Correia, Karla Kilma.
Uma proposta de abordagem CTS para o ensino de propriedades dos gases utilizando experimentação e simulação como recursos didáticos. / Karla Kilma Correia. – 2021.
102 f.; il. : 30 cm.

Orientadora: Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos,
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Química, 2021.
Inclui Referências.

1. Gases. 2. Tecnologia da informação. 3. Química – Estudo e ensino. 4. Experimentos. I. Vasconcelos, Flávia Cristina Gomes Catunda de (Orientadora). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-065)

KARLA KILMA CORREIA

**UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM CTS PARA O ENSINO DE
PROPRIEDADES DOS GASES UTILIZANDO EXPERIMENTAÇÃO E SIMULAÇÃO
COMO RECURSOS DIDÁTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de graduanda em licenciatura em química.

Aprovada em: 17/03/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Flávia Cristina Gomes Catunda de
Vasconcelos (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Ana Paula de Souza de Freitas
(Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Roberta Pereira Dias (Examinadora
Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico essa minha obra aos meus pais Fátima e Carlos, por ter o princípio que estudar é importante desde sempre, - uma oportunidade que não tiveram-, mas, mesmo assim batalharam para ser o meu legado, me incentivando, apoiando, ajudando, estando ao meu lado quando sempre precisei e preciso. E a minha família tios, tias e primos por acreditar que sou capaz!

Às minhas primas Karol e Kassia, por articular e priorizar o tempo entre cuidar de vovó e nos apoiar para que cada uma consiga estudar. Como também, as minhas amigas Luanna e Cláudia por terem me acalmado nas crises de ansiedade, por lembrar quais são os meus objetivos e metas desde o ensino médio. E por fim, mas não menos importante a Breno que cobrou todos os dias que eu me dedicasse a terminar o TCC e por sempre acreditar que dias melhores irão chegar.

A todos, obrigada e amo vocês, sem vocês não teria chegado tão longe!

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos Camilla, Isabela, Klebson, Hellen, Luís, Natália que conheci na UFPE, que unimos força durante a caminhada e desenvolvemos pesquisas em pró da educação, construindo o meu “eu” de Ser Professora. Agradeço aos professores que acompanharam o meu desenvolvimento, foram pacientes e objetivos comigo. Aos discentes que se disponibilizaram e me deram um voto de confiança e realizamos juntos a pesquisa. Por fim, agradeço à docente e orientadora Flávia Vasconcelos por ter me acolhido no grupo de pesquisa NIPPEQ, quando eu não tinha noção do que era pesquisa acadêmica, mostrou o caminho e perspectivas de discussões além do que eu imaginava, me orientando. Obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo analisar como a abordagem CTS com a utilização dos recursos TIC e experimentação pode contribuir para compreensão do estudo de propriedades dos gases. Tendo esta pesquisa uma abordagem qualitativa, com desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática, de forma síncrona em ambiente virtual, com uma turma do 2º ano do ensino médio de uma escola pública da cidade de São Caitano-PE. A coleta de dados ocorreu através da aplicação de questionários prévios, e com a gravação dos encontros realizados. Identificou-se a suma importância da abordagem CTS como foco principal, e a necessidade de utilizar os recursos TIC e experimentação para complementar à discussão. Abrangendo assim os modos representativos de Johnstone e os modelos mentais, para a compreensão das propriedades dos gases. De modo geral, na primeira etapa com o pré-questionário tiveram respostas semelhantes, levando a compreender que os estudantes recorreram ao Google, então a ferramenta que tinha como objetivo entender o que os discentes sabiam do conteúdo, terminou como auxílio de reconhecimento de qual conteúdo seria abordado. Na segunda etapa, identificaram-se frases que procuravam manter relações e construção do conhecimento referente ao conteúdo abordado. Na Terceira etapa, alguns estudantes apresentaram dificuldades em explicar o funcionamento da máquina térmica utilizando o experimento e o simulador PhET, em contrapartida pontuam facilmente os elos no modo macroscópico utilizando CTSA e a tomada de decisão, enquanto no modo submicroscópico parece ser algo novo para descrever, mas conseguem representar; e o modo simbólico não foi representado em nenhum momento por eles. A quarta etapa revelou a dificuldade dos discentes de realizarem modelos mentais e a necessidade de descrever modelos exatos, e que apesar do modo macroscópico ser a zona de conforto deles; os discentes realizaram diversos modelos mentais de acordo com a teoria de Johnson-Laird (1983), Johnstone (1982), Justi (2010), acerca do mesmo fenômeno. Houve também limitações na discussão, que pode ser derivada, talvez, de muitos dos estudantes não estarem acostumados com a utilização de diferentes recursos para a explicação de um fenômeno, e manter relações de início é complicado, então, de fato não foram todos os discentes que atingiram a discussão nos três modos representativos. Entretanto, não significa que os discentes não compreenderam ou não construíram conhecimento, mas justificando o fato de ser desafiador o uso desta SQ, requer também paciência, necessidade de acompanhar o ritmo da turma e dos estudantes individualmente. Portanto, se no futuro os estudantes entrarem em contato com a utilização de abordagem CTS, experimentação e TICs juntas ou separadas,

possa ser que lidem e mantenham elos com mais facilidade. Por fim, apesar das limitações, a utilização da SQ é válida, e além de ser utilizada com o conteúdo de Propriedades dos Gases e as Máquinas térmicas, pode ser também aplicada em diversas temáticas como o Ciclo da água, Alimentos, Radioatividade, pH do Oceano e entre outros.

Palavra-chave: CTS; experimentação; modelos mentais; TIC; propriedades dos gases.

ABSTRACT

The present work aimed to analyze how the CTS approach with the use of ICT resources and experimentation can contribute to the understanding of the study of gas properties. This research has a qualitative approach, with the development and application of a didactic sequence, synchronously in a virtual environment, with a class of the 2nd year of high school in a public school in the city of São Caitano-PE. Data collection took place through the application of previous questionnaires, and with the recording of the meetings held. The paramount importance of the CTS approach was identified as the main focus, and the need to use ICT resources and experimentation to complement the discussion. Thus covering Johnstone's representative modes and mental models, for understanding the properties of gases. In general, in the first stage with the pre-questionnaire they had similar answers, leading to the understanding that students turned to Google, so the tool that aimed to understand what students knew about the content, ended up as an aid to the recognition of what content would be addressed. In the second stage, phrases were identified that sought to maintain relationships and build knowledge regarding the content covered. In the third stage, some students had difficulties in explaining the operation of the thermal machine using the experiment and the PhET simulator, in contrast they easily score the links in the macroscopic mode using CTSA and decision making, while in the submicroscopic mode it seems to be something new to describe, but manage to represent; and the symbolic mode was not represented at any time by them. The fourth stage revealed the students' difficulty in making mental models and the need to describe exact models, and that despite the macroscopic mode being their comfort zone; the students made several mental models according to the theory of Johnson-Laird (1983), Johnstone (1982), Justi (2010), about the same phenomenon. There were also limitations in the discussion, which can be derived, perhaps, from many of the students not being used to using different resources to explain a phenomenon, and maintaining relationships at the beginning is complicated, so, in fact, not all students were that reached the discussion in the three representative modes. However, it does not mean that the students did not understand or did not build knowledge, but justifying the fact that the use of this SQ is challenging, it also requires patience, the need to keep pace with the class and the students individually. Therefore, if in the future students come into contact with the use of the CTS approach, experimentation and ICTs together or separately, they may be able to handle and maintain links more easily. Finally, despite the limitations, the use of SQ is valid, and in addition to being used with the content of Gas Properties and thermal Machines, it can

also be applied in several themes such as the Water Cycle, Food, Radioactivity, pH of the Oceano and other.

Keyword: CTS; experimentation; mental models; TIC; gas properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Sequência de uma abordagem de ensino CTS.....	21
Figura 2-	Triângulo dos modos representativos de Johnstone	22
Figura 3-	Representações distintas para a molécula de Etanol, pela simulação PhET.....	29
Figura 4-	Gráfico de transformações isotérmicas	35
Figura 5-	Gráfico de transformações isóbaras	36
Figura 6-	Gráfico de transformações isocórica	36
Figura 7-	Cidade do Pedal, localizada em Afuá-PA	62
Figura 8-	Máquina Térmica	65
Figura 9-	Registro imagético da explicação de D8	68
Figura 10-	Simulação de explosão da caixa no PhET Colorado.....	69
Figura 11-	Fluxograma do modelo cinemático baseado em Jonhson-Laird (1983).....	72
Figura 12-	Representação no modelo cinemático Jonhson-Laird (1983)..	72
Figura 13-	Representação do modelo mental no modo macroscópico do funcionamento da máquina térmica	74
Figura 14-	Modelo mental categorizado a partir das relações entre o triângulo de Jhonson-Laird (1983) e modo concreto de Justi (2010).....	75
Figura 15-	Representação do funcionamento da máquina térmica.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Diferença entre tomada de decisão escolar e vida real.....	25
Quadro 2-	“O que você compreende do termo Gases” pré-questionário, pergunta 1.....	42
Quadro 3-	“O que você entende por gases poluentes no meio ambiente? Exemplifique sua resposta”, do pré-questionário, pergunta 2.....	43
Quadro 4-	Critérios e justificativas para a 3ª e 4ª pergunta do pré-questionário.....	43
Quadro 5-	“A partir de seus conhecimentos explique como funciona uma máquina térmica e o combustível utilizado para seu funcionamento”, do pré-questionário, pergunta 5.....	44
Quadro 6-	“A partir de seus conhecimentos, apresente quais são os gases produzidos por uma máquina térmica e que são dispersos na atmosfera?”, do pré-questionário, pergunta 6.....	44
Quadro 7-	“Em sua concepção, o funcionamento das máquinas térmicas pode agredir o meio ambiente? Se sim, por quê?”, do pré-questionário, pergunta 7.....	45
Quadro 8-	“Como funciona uma máquina térmica?”, APÊNDICE C, pergunta 1.	45
Quadro 9-	Qual combustível utilizado em uma máquina térmica?”, do APÊNDICE C, pergunta 2.....	46
Quadro 10-	“Quais são os gases produzidos por uma máquina térmica e que vão para a atmosfera?”, APÊNDICE C, pergunta 3.....	46
Quadro 11-	“Na sua concepção, o funcionamento das máquinas térmicas pode agredir o meio ambiente?”. APÊNDICE C, pergunta 4.....	46
Quadro 12-	“Quais são as propriedades dos gases envolvidas no sistema montado?”, APÊNDICE C, pergunta 5.....	47
Quadro 13-	“Tente relacionar o que você observou no experimento reproduzindo na simulação”, APÊNDICE D, pergunta 1.....	47
Quadro 14-	Análise no modo simbólico e submicroscópico “Tente relacionar o que você observou no experimento reproduzindo na simulação”, APÊNDICE D, pergunta 1.....	48
Quadro 15-	“Explique com base nas propriedades dos gases as relações existentes	

entre o que foi realizado na simulação e o funcionamento da máquina
térmica”, APÊNDICE D, pergunta 3..... 49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo Geral.....	10
2.2	Objetivos Específicos.....	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
3.1	Abordagem CTS para o Ensino de Química	20
3.2	A experimentação como recurso auxiliar no Ensino de Química.....	25
3.3	O Recurso Didático tecnológico como auxiliador para o processo de ensino e aprendizagem de Química.....	28
3.4	Modos de representação para compreensão dos fenômenos químicos.....	32
3.5	Pressupostos epistemológicos sobre Propriedades dos Gases.....	35
4	METODOLOGIA.....	39
4.1	Classificação da pesquisa.....	39
4.2	Sujeitos e Campo da pesquisa.....	39
4.3	Instrumento de coleta de dados.....	39
4.4	Sequência Didática.....	40
4.5	Análise dos resultados.....	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.1	Primeira Etapa: Análise do pré-questionário.....	51
5.2	Segunda Etapa: Discussão acerca de máquinas térmicas.....	59
5.3	Terceira Etapa: Discussão do PhET.....	68
5.4	Quarta Etapa: Análise das representações dos modelos mentais.....	71
5.5	Quinta Etapa: questionário de validação.....	77
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
	REFERÊNCIAS.....	82
	APÊNDICE A- Descrição da sequência didática.....	90
	APÊNDICE B- Questionário 1- Análise Prévia	93
	APÊNDICE C- Questionário 2- Prévia sobre máquinas térmicas	94
	APÊNDICE D- Simulação PhET.....	95
	APÊNDICE E- Questão imagética.....	96
	APÊNDICE F- Questionário de validação.....	97
	ANEXO A- Texto de apoio sobre máquinas térmicas (Adaptado).....	98

ANEXO B- Slide sobre Propriedade dos gases.....	101
---	------------

1 INTRODUÇÃO

A quantidade de emissão de gases poluentes produzidos pelo ser humano é crescente (REAL, 2005; NETO *et al.*, 2011), e de acordo com Rocha, Rosa e Cardoso (2009, p. 94), não há uma exatidão das consequências ambientais, causadas pela interferência humana na composição da atmosfera do planeta. Entretanto, os impactos decorrentes devem ser discutidos para que haja uma conscientização e diminuição de emissão dos gases poluentes. Um meio viável e, por vezes, eficaz de abranger tais discussões é no espaço escolar, visto que o mesmo deve priorizar a formação cidadã dos seus estudantes. A partir disto surgiu o interesse de investigar como a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) com o recurso da tecnologia da informação e comunicação, e utilizando de experimentação no ensino médio pode auxiliar na compreensão de fenômenos sobre propriedades dos gases no modo submicroscópico?

É importante que, ao construir sequências didáticas para o ensino exista a relação de conteúdos específicos estarem relacionados com situações sociais e ambientais. Logo, há a formação de novos compostos e reações constantes que possibilitam a mudança gasosa neste ambiente. E com isso, implicando na formação da poluição fotoquímica, da chuva ácida e o efeito estufa (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009, p. 94). Então, compreender as interações a nível atômico molecular, modo submicroscópico, das interações das substâncias gasosas a partir dos gases emitidos, auxilia na compreensão do modo macroscópico que de certa forma analisa os meios de diminuir e conscientizar a população sobre as emissões dos gases poluentes.

De modo complementar, segundo Miranda (2007, p. 42), a tecnologia educativa, que pode ser explorada a partir da inclusão de recursos oriundos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) pode influenciar de forma positiva o processo de aprendizagem no âmbito escolar. Entretanto para esta inclusão ocorrer, requer de gestores, professores e alunos um conhecimento aprofundado sobre o seu uso em sala de aula, e em nosso contexto, no ensino de Química (VALENTE 1999). Além disso, reforça-se que é necessário o desenvolvimento de formações continuadas para os professores poderem aperfeiçoar o seu uso, principalmente os que concluíram sua formação inicial a mais de cinco anos. Desta maneira, esses docentes podem apresentar dificuldades em explorar o modo submicroscópico e por isto, durante o seu processo de ensino, concentram-se apenas no modo macroscópico e no simbólico durante a explicação de fenômenos (RIBEIRO; GRECA, 2002). O que reforça a omissão da explicação das interações atômico-moleculares dos fenômenos. Como também,

algumas escolas não prontificam recursos adequados para prática eficaz das explicações, ocorrendo o entendimento para o discente, generalizado e que o ensino de química é abstrato (VASCONCELOS, 2016).

Como meio de melhor compreender o funcionamento da máquina térmica, com a lei isovolumétrica mediante o assunto de Propriedade dos Gases, este trabalho utilizou-se dos estudos sobre CTS (AULER; BAZZO, 2001; SANTOS; MORTIMER, 2000; TEIXEIRA, 2003), para promover uma discussão acerca da máquina térmica, dos impactos socioambientais, usando como recurso a TIC (VALENTE, 1999; RIBEIRO; GRECA, 2002; VASCONCELOS, 2016), para auxiliar na compreensão do modo submicroscópico do comportamento dos gases emitidos para a atmosfera, partindo da análise de como os discentes externalizam suas representações mentais (JOHNSON-LAIRD, 1983; JUSTI, 2001) sobre o assunto. Além disso, também se utilizou da experimentação (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010; SUART, 2014) no modo macroscópico para a percepção de como ocorre à emissão de gases poluentes relacionando assim com as TIC, para que assim, se verifique quais relações são feitas a partir do viés macro e micro com fins de melhor viabilizar a compreensão desta temática no ensino de Química.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar como a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade relacionadas com a experimentação mais a simulação *PhET*, contribuem para compreensão do estudo de propriedades dos gases quando utilizado com discentes do 2º ano do ensino médio.

2.2 Objetivos Específicos

- Utilizar da abordagem CTS para a compreensão das propriedades dos gases na atmosfera.
- Investigar como a experimentação de uma máquina térmica e a simulação das “Propriedades dos gases” por meio do *PhET*, pode auxiliar na compreensão a nível atômico molecular e na tomada de decisões de forma contextualizada.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Abordagem Ciência Tecnologia e Sociedade para o ensino de Química

Entre a década de 60 e 70 ocorreram situações que fizeram com que houvesse mudança no debate à respeito do uso de tecnologias na Europa. Sobre isso os autores Auler e Bazzo (2001) dissertam que se construía na sociedade em si, uma sensação de que o uso de Ciência e Tecnologia (C&T) não estava voltado diretamente e proporcionalmente ao bem estar da mesma.

Essa linha de raciocínio tem relação com o envolvimento da C&T na guerra e as bombas desenvolvidas oriundas de investimentos do Estado, que por consequência provocou um aumento da degradação ambiental, a nível teórico e acadêmico, as obras “A estrutura das revoluções científicas” de Kuhn (1962) e “*Silentspring*”, de Carsons (1962), estavam presentes para fortificar a argumentação e o descontentamento da sociedade.

E deste modo, a C&T passou a ser questionada e discutida de diversas maneiras, com a reflexão de que não eram necessárias outras formas de C&T e sim uma que ajustassem os pontos negativos mediante as existentes; e, houvesse o controle da sociedade sobre a C&T, bem como mais decisões democráticas em vez de tecnocráticas (LÓPES, 1996 apud AULER; BAZZO, 2001, p. 2). As consequências dessas discussões e suas ações refletiram nos EUA, Inglaterra e países baixos como uma mudança cultural na produção e desdobramento curricular no ensino superior e secundário (AULER; BAZZO, 2001, p.2).

Em contra partida, nos países de terceiro mundo em específico o contexto do Brasil Colônia em relação à C&T, de acordo com Auler e Bazzo (2001) não houve evolução, tendo assim uma diferença de desenvolvimentos comparada aos países do centro que se beneficiavam com a ascensão do capitalismo. Ainda com os mesmos autores, a situação brasileira possuía/possui fatores externos e internos que envolviam a economia, cultura, política que prejudicou/prejudicam o investimento tecnológico. Além de que, enquanto na Europa havia uma revolução científica no século 16 e 17, no Brasil houve a proibição de instalação de oficinas tipográficas e apreensão do livro de Antonil sobre técnicas industriais (AULER; BAZZO, 2001, p. 4).

As situações pontuais apresentadas é apenas um modo de analisar as consequências e as dificuldades que discutiremos mais à frente sobre implementar o movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS) no contexto educacional, o qual possui um passado complicado, não havendo uma atenção exclusiva para o seu desenvolvimento. Além de que o país teve

uma exploração colonial de caráter predatório, sem ter dado uma visibilidade ao aspecto técnico (SANT'ANA, 1978 apud AULER; BAZZO, 2001, p. 4).

Diante desse contexto, Santos e Mortimer (2000) relatam sobre a CTS ingressar na educação, destacando que: “Os trabalhos curriculares em CTS surgiram, assim, como decorrência da necessidade de formar o cidadão em ciência e tecnologia, o que não vinha sendo alcançado adequadamente pelo ensino convencional de ciências” (SANTOS; MORTIMER, 2000, p.4). Logo, a inserção da abordagem CTS no contexto educacional esteve na emergência de incluir problemas reais para serem discutidos em sala de aula, os quais a princípio visavam apenas o conteúdo específico das matérias (Química, Biologia, Física) sem contextualização, apenas promovendo a memorização dos conceitos, levando os discentes a pensarem na ciência desnorteadada do âmbito social e desenvolvendo cada vez mais um distanciamento do que trata a ciência (TEXEIRA, 2003).

Embora, os documentos oficiais como Parâmetro Curricular Nacional (PCN) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) incluam a proposta no ensino, os planejamentos didáticos pelos docentes estão ultrapassados (ALVES; MESSEDER, 2009). Na BNCC (BRASIL, 2018) a competência designada na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio orientam para:

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. 540).

Logo, a proposta que a BNCC apresenta, é justamente explorar o contexto e utilizar dos recursos disponíveis no campo escolar, para que se ensine fazendo as relações de materiais utilizados e suas consequências no ambiente, no sentido de agregar benefícios a sociedade, derivado do desenvolvimento desta competência.

Deste modo, utilizar a proposta CTS no contexto escolar tem como propósito potencializar habilidades e competências referentes ao posicionamento crítico no espaço acadêmico (RUBBA; WIESENMAYER, 1988 apud, SANTOS; MORTIMER, 2001), a mesma possui o intuito de viabilizar o letramento em ciência e tecnologia, no qual o cidadão possa tomar decisões, ser crítico e solucionar as dificuldades encontradas na sociedade (WAKS, 1990 apud, SANTOS; MORTIMER, 2001). Sendo assim, conforme os autores Santos e Mortimer (2001), para que o cidadão entenda que é um agente responsável pelo

problema, é preciso aceitar que este é uma preocupação social, deste modo, é de suma importância que os problemas discutidos em sala de aula sejam reais.

Entretanto, a maior dificuldade da proposta em ser executada no ensino básico está conectada ao docente presente em sala de aula, devido aos critérios estabelecidos pela proposta e a escassez da discussão acerca da abordagem durante a formação (FONTES; CARDOSO, 2006). Os autores Vaz, Fagundes e Pinheiro (2009), especificam as seguintes dificuldades:

Formação disciplinar dos professores incompatível com a perspectiva presente no movimento CTS; compreensão dos professores sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade; não contemplação do enfoque CTS nos exames de seleção; formas e modalidades de implementação; produção de material didático-pedagógico; e redefinição de conteúdos programáticos (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009, p.110).

Então, fazer uso da CTS não requer apenas um aprofundamento no conteúdo específico, mas também traçar relações com problemas reais envolvendo os conceitos de forma transdisciplinar. Conforme Santos e Mortimer (2000) existem quatro esferas acerca da abordagem que precisam estar interligadas para efetivar a didática em sala de aula:

(i) *ciência* como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais; (ii) *sociedade* que busca desenvolver, no público em geral e também nos cientistas, uma visão operacional sofisticada de como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia; (iii) *aluno* como alguém que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica [...] (iv) *professor* como aquele que desenvolve o conhecimento de e o comprometimento com as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões (SANTOS; MORTIMER, 2000, p.3).

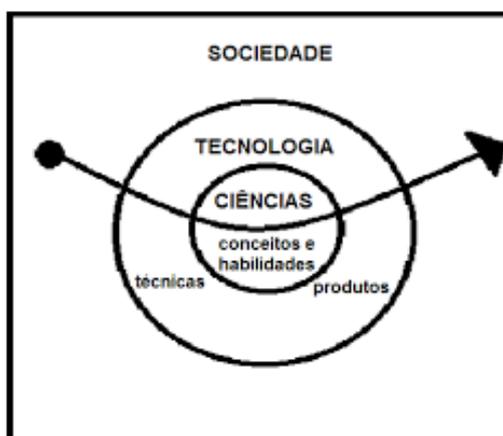
Sendo assim, o docente precisa estar apto para orientar o discente na esfera da ciência e sociedade, pois com o estudante sendo mediado é possível alcançar o desenvolvimento de habilidades e competências para a construção do conhecimento crítico e a solução de problemas presentes na sociedade.

Portanto, para que o objetivo da CTS seja alcançado é preciso um planejamento prévio, há vários autores que relatam modos para a tomada de decisão e construção do conhecimento crítico como (SANTOS; MORTIMER, 2001; TEIXEIRA, 2003; SANTOS; SCHNETZLER, 2010). De acordo com, Mc Connell (1982) citada por Santos e Mortimer (2001, p.98), o planejamento consiste em seis passos: i) **opções** - faz uma identificação de como agir em frente ao problema; ii) **critérios** - há um desenvolvimento de critérios para que se possa comparar o procedimento da ação; iii) **informação** - é relacionado as alternativas e

critérios de solução ao conhecimento científico; iv) **pesquisa** - é feita uma análise na qual avalia as vantagens e desvantagens que foram identificadas para solucionar o problema; v) **escolha** - é o momento de escolher uma alternativa das análises realizadas para colocar em prática a ação, e por fim vi) **revisão** - avalia todo o processo de ação e qual foi a evolução de solução obtida no problema.

Para relacionar todos os seis eixos planejados, há um esquema (figura 1) de acordo com Aikenhead (1990) adaptado por Teixeira (2003), que exemplifica o planejamento de Mc Connell (1982):

Figura 1. Sequência de uma abordagem de ensino CTS.



Fonte: A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento c.t.s. no ensino de ciências (TEIXEIRA, 2003)¹.

A seta representada na figura 1 trata-se da abordagem CTS, que inicialmente tem o seu ponto de partida do eixo maior “sociedade”, no qual a questão social é introduzida, em seguida a seta perpassa pelo eixo “tecnologia” no qual será explorada junto ao tema central para ser analisada, em seguida a seta passa pela “ciência”, na qual estão os conhecimentos específicos e as habilidades a serem desenvolvidas, através da definição do tema central e tecnologia utilizada, a seta torna-se flexível, logo após a definição do problema é necessário regressar para o eixo de tecnologia, mas agregando os “produtos” elaborados e as “técnicas” descobertas, para por fim, retomar a discussão da questão social abordada (TEXEIRA, 2003, p.182).

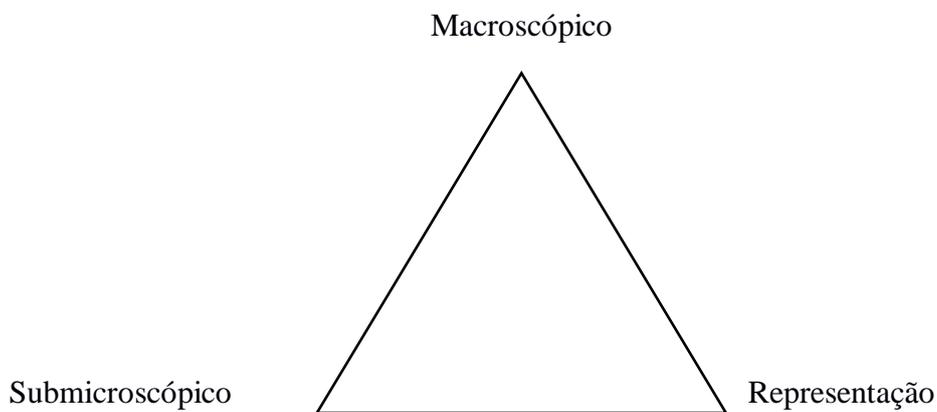
¹ Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/03.pdf>> . Acesso: 09. fev. 21Retirada do site <https://scielo.org/>

Por consequência, para a abordagem CTS não se define um modelo de solução para o estudante, logo “há uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos” (LÓPEZ; CEREZO, 1996 apud, SANTOS; MORTIMER, 2000, p.4). E, para solucionar qualquer problema deve-se pensar nos aspectos valorativos, culturais e éticos e por fim, o discente conseguirá construir um modelo para solucionar de forma crítica o problema.

Além disso, a abordagem CTS defende o uso de recursos para auxiliar no desenvolvimento da aprendizagem, como palestras, solução de problemas, experimentos de laboratório, jogos, simulações, fóruns, debates, projetos, redação de cartas para as autoridades, estudos de caso, ação comunitária, entrevistas e análise de dados no computador (HOFSTEIN et al., 1988, apud TEIXEIRA, 2003, p. 183).

Portanto, a corrente pesquisa utilizou de recursos oriundos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e Experimentação como suportes para a abordagem CTS, que por fim, estará entrelaçada ao triângulo de Johnstone (1993), o qual se baseia em três modos representativos do conhecimento químico, apresentado na figura 2.

Figura 2: Triângulo dos modos representativos de Johnstone.



Fonte: Journal of Chemical Education²

Mediante o esquema apresentado, buscou-se utilizar a experimentação para explorar o modo macroscópico, a simulação como recurso das TIC para explorar o modo

² Disponível em: < <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed070p701>>. Acesso em: 09.fev.21

submicroscópico, e as representações mentais dos estudantes como meio de explorar o modo simbólico e assim, nestas relações, identificar se os estudantes compreendem os fenômenos explorados sobre Propriedade dos Gases.

3.2 A Experimentação como recurso auxiliar no Ensino

O uso da experimentação em sala de aula pode ser realizado em uma proposta CTS, desde que seja na perspectiva reflexiva colocando o aluno como sujeito ativo. Porém, o recurso é utilizado em muitas das vezes em sala de aula, com uma perspectiva reducionista e como ‘receita de bolo’, devido ao ensino tradicional desenvolvido nas escolas. Ademais, há muitos conceitos equivocados acerca da experimentação no ensino, e como consequência o uso também é escasso, pois os professores alegam que à infraestrutura das escolas é ruim, há falta de material para o desenvolvimento da prática, há falta de tempo para o planejamento dos experimentos, com turmas superlotadas, além de se ter a necessidade de formações continuadas para se usar melhor este recurso (SUART, 2008; SILVA; MACHADO; TUNES, 2010; PRSYBYCIEM, 2015).

Diante das dificuldades apresentadas, quando a experimentação é utilizada dentro de estratégias equivocadas, elas “não contribuem para a formação da cidadania, bem como a construção de conceitos e significados de Química” (PRSYBYCIEM, 2015, p. 60). Logo, é preciso compreender que o uso da experimentação se faz para entender um dado fenômeno do contexto, sendo assim há meios viáveis de explicar o cotidiano por meio de experimentação utilizando materiais didáticos de fácil acesso.

A prática de experimentar em sala deve ser estruturada de modo que, direcione os estudantes para o que “devem observar” e em seguida, “realizar questionamentos” acerca do que foi observado. Assim, há várias formas de guiar as observações, como ilustrar um princípio, desenvolver atividades práticas, testar hipóteses ou realizar uma investigação (GUIMARÃES, 2009).

De acordo com Oliveira e Soares (2010) há os seguintes tipos de atividades experimentais: 1. Demonstrativo: O docente é o foco da atenção e o discente apenas observa, anota e classifica o experimento. 2. Ilustrativa: O discente realiza a prática com o intuito de comprovar ou descobrir leis. 3. Descritiva: Não necessariamente precisa da presença do docente, pois o discente está em contato direto com o experimento. 4. Investigativa: O discente é ativo no processo, no qual discute, elabora hipóteses e usa dos argumentos para compreender o fenômeno, o papel do docente é a mediação.

Logo, defende-se neste trabalho, a atividade de experimentação que possibilita um aperfeiçoamento no raciocínio e habilidades cognitivas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.68), como também a libertação da passividade, pois, a “situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como ‘projetos de investigação’, favorece fortemente a motivação dos estudantes” (LEWIN; LOMASCÓLO, 1998, p.148 apud FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010, p.102).

No ponto de vista docente, para utilizar experimentação é necessário entender que a função do professor é mediar às situações planejadas e compreender que as construções individuais podem ter uma perspectiva diferente das construções em grupos, mas que ambas fazem parte do processo de ensino aprendizagem (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010). Deste modo, é preciso valorizar o conhecimento prévio do estudante, devido “as relações entre o sujeito da aprendizagem e o objeto do conhecimento” (GONÇALVES, MARQUES, 2006, p. 220), sendo possível assim, discutir sobre ciência.

Na perspectiva de atividades investigativas por Gil Perez e Castro (1996) apud Zômpero e Laburú (2001), há um destaque para os seguintes pontos para o desenvolvimento de experimentação:

Apresentar aos alunos situações problemáticas abertas, em um nível de dificuldade adequado à zona de desenvolvimento potencial dos educandos; favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância [...] dos problemas apresentados; emitir hipótese como atividade indispensável à investigação científica; elaborar um planejamento da atividade experimental; contemplar as implicações CTS do estudo realizado; proporcionar momentos para a comunicação do debate das atividades desenvolvidas; potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico (GIL PEREZ; CASTRO, 1996 apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2001, p.75).

Fazer uso de atividades investigativas implica em desenvolver habilidades essenciais como, reflexão, comunicação, debater, desenvolver hipóteses, entre outros, além de apresentar a ciência com papel de elaboração, planejamento, com erros e acertos, mostrando que fazer e discutir ciência não são algo pronto e acabado, sem alterações, como também se pode utilizar dos erros para refletir em relação à aprendizagem (GIORDAN, 1996, p. 46). Portanto, é de suma importância que os erros experimentais sejam discutidos para a compreensão do fenômeno analisado.

Logo, fazer uso de experimentação permite que o discente seja estimulado a envolver-se nas práticas de sala de aula devido à perspectiva motivadora e lúdica, além de haver uma perspectiva de desenvolvimento cognitivo na aprendizagem (GIORDAN, 1999, p. 43). “Entretanto, o objetivo da experimentação não deve estar em torno apenas de conseguir a

motivação do discente e em ser algo lúdico, mas sim, na forma reflexiva, crítica, planejada e organizada” (PRSYBYCIEM, 2015, p. 62) que se realiza o experimento.

Por consequência, as metodologias e experimentações que são realizadas em grupos podem desencadear no discente, as seguintes habilidades:

Pensamento crítico; desenvolvimento de capacidades de interação, negociação de informações e resolução de problemas; desenvolvimento da capacidade de autorregulação do processo de ensino aprendizagem. Essas formas de ensinar e aprender, segundo seus defensores, torna os alunos mais responsáveis por sua aprendizagem, levando-os a assimilar conceitos e a construir conhecimentos de uma maneira mais autônoma (TORRES; IRALA, 2014, p. 61).

Para Prsybyciem (2015), esta maneira autônoma das habilidades desenvolvidas pode ser construída através das tomadas de decisões que a experimentação investigativa oferece quando está embasada no ensino dos conceitos de química com enfoque para a formação do cidadão. Deste modo, o discente pode identificar que a experimentação investigativa possui um problema real, como questões do ambiente, recursos tecnológicos, sócio econômico, cultural e histórico; sendo necessário ser ativo para resolver à problemática.

Logo, há uma diferença entre os problemas levantados no âmbito escolar e os problemas reais, segundo (HEIKKINEN, 1987 *apud* SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p.76), como destacado no quadro 1.

Quadro 1: Diferença entre tomada de decisão escolar e vida real.

Solução de problema escolar	Tomada de decisão de problemas da vida real
1.Definição completa do problema	1. Definição imperfeita do problema
2.Resultado esperado	2.Alternativas múltiplas
3.Foco disciplinar	3.Multidisciplinar
4.Certo/errado	4.Custos/benefícios
5.Julgamento imediato	5. Julgamento posterior
6.Conhecimento dirigido	6.Conhecimento construído
7. Algoritmos	7. Descoberta

Fonte: Educação em Química: Compromisso com a Cidadania (SANTOS; SCHNETZLERLI, 2010, p.76)

Os autores Santos e Schnetzler (2010), afirmam que há uma extrema diferença entre os dois polos discutidos, pois enquanto os problemas escolares são definidos em cima da objetivação da solução, os problemas da vida real são realizados com subjetivação. Além disso, o uso da tomada de decisão por meio de descobertas desconstrói nos estudantes a noção de que a ciência é acabada, pronta ou um algoritmo.

Observa-se que a tomada de decisão para problemas reais possui possibilidades abrangentes para solução em vez de ter uma resposta exata, isto é possível devido às inúmeras indagações que o problema real oferece. Kasseboehmer (2001) explica que, não é uma questão de ensinar conceitos e ter respostas adequadas, mas sim, de levantar questionamentos para permitir que o discente elabore hipóteses, devido ao conhecimento estar relacionado à sua vivência.

Logo, apresentar propostas que explorem o modo macroscópico pelos estudantes é ampliar o modo de observação das experiências reais relacionadas aos conceitos químicos e a sociedade, fazendo com que eles procurem ser ativos e críticos no conhecimento apresentado e construído. Porém, utilizar apenas do modo macroscópico, pode acarretar dificuldades na construção da aprendizagem do fenômeno a nível molecular devido a não ser explorado com eficiência o modo submicroscópico no experimento, e conseqüentemente dificultando o modo simbólico para isto, pode-se utilizar o recurso das TIC, para se explorar o conhecimento científico nos discentes.

3.3 O Recurso Didático tecnológico como auxiliador para o processo de ensino e aprendizagem de Química

Na década de 70 no Brasil, começou-se a pensar sobre o uso da informática na educação, no entanto as iniciativas de políticas públicas para sua disponibilização só foram iniciadas nos anos 80, através do apoio de pesquisadores e do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). Em 1997, foi criado o Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO), vinculado à Secretaria de Educação a Distância (SEED), que tinha por objetivo em 1999 implantar 30 mil microcomputadores nas escolas (VALENTE, 1999). Nesta perspectiva, o objetivo do programa era proporcionar uma relação entre o que é pesquisado cientificamente nas universidades e as experiências concretas na escola pública.

Entretanto, segundo Valente (1999) apesar do projeto ser uma proposta encantadora, foi insuficiente para modificar o sistema educacional, o motivo do acontecido foi subestimar as conseqüências de mudanças pedagógicas como destacam Sousa e Paiva (2018, p.303) nos

dias atuais, “os computadores continuam subutilizados por distintos motivos, que dependem menos da presença da tecnologia na escola e mais de aspectos político-pedagógicos e de uma adequada formação dos educadores”. Deste modo, foi ofertada a tecnologia para a sala de aula, mas não foi proporcionada formação continuada para os docentes atuarem com os recursos adequados no contexto da sala de aula.

Então, é possível relacionar os obstáculos encontrados no contexto atual com as dificuldades históricas do século 20 referentes ao uso de tecnologia no ensino, Miranda (2007) revela que estas duas dificuldades resultam na educação tecnológica de como “saber usar”, analisar e desenvolver uma expressão coerente sobre o uso de tecnologia. E, devido às especificidades que o problema acumula em uma mesma linha de raciocínio conseguem especificar multifatores para ocorrer à inclusão de TICs na educação de forma positiva:

o domínio do professor sobre as tecnologias existentes e sua utilização na prática, e isso passa, necessariamente, por uma boa formação acadêmica; que a escola seja dotada de uma boa estrutura física e material, que possibilite a utilização dessas tecnologias durante as aulas; que os governos invistam em capacitação, para que o professor possa atualizar-se frente às mudanças e aos avanços tecnológicos; que o professor se mantenha motivado para aprender e inovar em sua prática pedagógica; que os currículos escolares possam integrar a utilização das novas tecnologias aos blocos de conteúdos das diversas disciplinas; dentre outros (SOARES-LEITE; NASCIMENTO-RIBEIRO, 2012, p.175).

Por estes motivos, é relevante que haja uma formação continuada acoplada ao desenvolvimento da tecnologia em meio à sociedade e no campo escolar e que utilize dos recursos auxiliares como experimentação e simulação para a construção do conhecimento. Isto culmina no que Sousa e Paiva (2018) dizem sobre estarmos rodeados de equipamentos tecnológicos, mas existe uma ausência de produção de conhecimento em torno da utilização destas ferramentas para a educação de forma que construa significados na educação. Isto revela a importância da formação docente, que para Dassoler e Lima (2012) vai além do sentido do aperfeiçoamento de aulas ministradas, mas sim uma construção de conhecimento no ensino e aprendizagem de inovação e ao mesmo tempo de estruturação da própria formação.

Para que se desconstrua a noção de que não é necessário planejamento didático ou objetivos estabelecidos para utilizar a TIC por pensar que a mesma é auto explicativa, Miranda (2007, p.44) destaca que é preciso realizar três processos para utilizar TIC em sala de aula: a) *novos formalismos para tratar e representar a informação*; é fazer uso da ferramenta para compreender as esferas dos modos representacionais que são, macroscópico, submicroscópico e simbólico (JOHSTONE, 1993), e assim identificar as representações

expostas de um determinado fenômeno; b) *apoiar os alunos a construir conhecimento significativo*; o discente precisa identificar que a aula proposta possui relevância para o contexto social em que ele está inserido (SCHNETZLE, 1992); c) *desenvolver projetos, integrando (e não acrescentando) criativamente as novas tecnologias no currículo*; o uso de dispositivos digitais é enorme em meio aos adolescentes.

Para Sousa e Paiva (2018, p.304) o método de inserir TIC no ensino é como i) Desenvolver a história científica acerca das tecnologias; ii) Implementar uma discussão em aulas virtuais sobre o comportamento geral, valores numéricos na equação, as especificidades do fenômeno estudado; por fim, iii) Analisar o que foi produzido em confronto com as explicações acerca do conceito, como meio de rever a relevância da história sobre TIC. Entretanto, utilizar da história acerca da TIC não é, necessariamente, aprender manusear a mesma. Deste modo, Valente (1999, p.79) destaca que se faz relevante utilizar de aplicativos de modelagem ou simulações para explicar ou desenvolver um determinado conceito ou modelo, respectivamente. Mas, além das consequências do uso de TIC no ensino e aprendizagem e os resultados obtidos, há outros aspectos positivos em utilizá-la como:

O contributo para uma maior literacia tecnológica de docentes e alunos, um maior interesse dos estudantes pelas disciplinas que usam recursos tecnológicos de um modo inovador e criativo; uma modificação dos métodos e estratégias de ensino dos professores, dando-lhes uma sensação positiva de domínio das tecnologias que são valorizadas na sociedade numa dada época e por consequência um maior sentido de pertença a essa mesma sociedade (MIRANDA, 2007, p.48).

Logo, há diversas formas de explorar os recursos oriundos das TIC no campo escolar precisando apenas de dedicação acerca de como colocar em prática a tecnologia. Uma destas tecnologias se refere ao uso de “*softwares*” de simulação e as ferramentas de modelar que proporcionam a compreensão dos conceitos, sem precisamente utilizar de laboratórios físicos para produzir o mesmo experimento (RIBEIRO; GRECA, 2003)

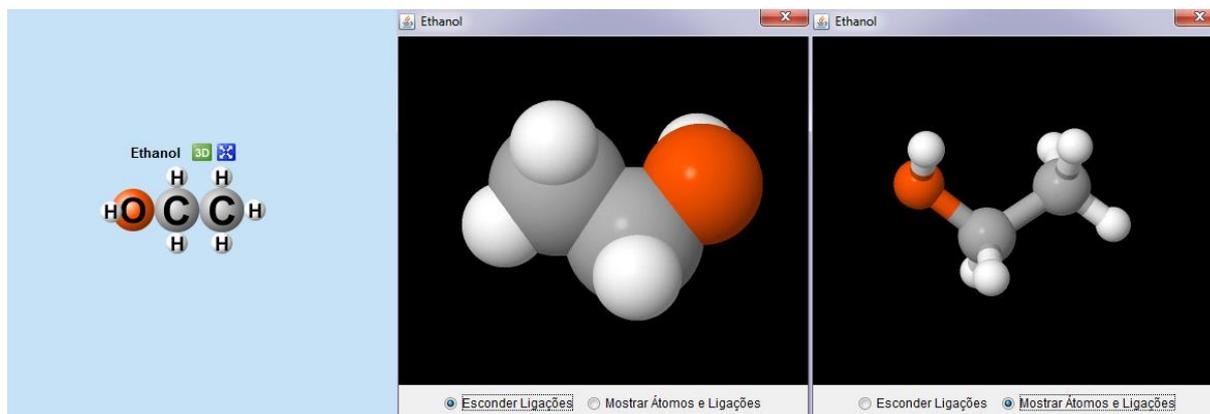
Dentre os *softwares* de simulação, destacamos as interativas do *PhET* desenvolvidas por um grupo de pesquisa da Universidade de Colorado Boulder, um aplicativo desenvolvido em 2002, com diversos conceitos e fenômenos separadas pelas seguintes áreas: Física, Química, Matemática, Ciências da Terra e Biologia. Até o momento, na área de Química tem-se 53 simulações, versando praticamente na área de Físico-Química, Geral e Quântica. Permanecendo sem simulações para a área de Química Orgânica, conforme Vasconcelos (2015) tinha identificado em seu trabalho.

O uso destas simulações pode ser evidenciado em diversas pesquisas na literatura, como “o ensino da tabuada” (FALCHI; FORTUNATO, 2018); “Jogos em funções polinomiais do 1º grau” (TENÓRIO; TAVARES; TENÓRIO, 2016) e “óptica geométrica” (BARROSO; CARVALHO; SILVÂNIA; TORT, 2017); no campo da Física encontraram-se produções sobre “força e movimento” (SILVA; MELO, 2016); “eletricidade” (MACÊDO; DICKMAN; ANDRADE, 2012); “*technological resources and transversal*” (DEL PINO, 2016); e o “efeito fotoelétrico” (CARDOSO; DICKMAN, 2012).

No ensino de Química, realizando uma breve busca na literatura identificamos um equívoco quanto o ‘uso da simulação para o ensino de Química Orgânica’, pois o trabalho de Carvalho, Lopes e Silva (2019) descreve no título o uso do simulador “*PhET*” para o ensino desta área, mas apresenta como resultados, dados estatísticos sobre o uso de recursos tecnológicos no ensino; e o uso de uma simulação para montagem de estruturas orgânicas com o simulador, mas não se identifica esse tipo de simulação no repositório do *PhET*.

Ao analisar a simulação “Construa uma Molécula”³, identifica-se que é possível montar estruturas orgânicas, mas a sua utilização, dependendo da estratégia do professor, será apenas restrita a montagem de estruturas, com visualização do campo espacial da molécula, com ou sem a representação das ligações químicas (Figura 3). Devido a limitação do próprio recurso, o professor precisa estruturar bem suas aulas com foco na aprendizagem do aluno. Ou seja, qual o objetivo de aula, o que se quer que o aluno aprenda com a utilização do recurso.

Figura 3. Representações distintas para a molécula de Etanol, pelo simulador *PhET*



³ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=bMx4z0B2vTg&feature=youtu.be>> Acesso: 31 mar. 2020.

⁴ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/build-a-molecule. Acesso em: 09.fev.2021

Em outra perspectiva, apresentamos a simulação “Balanceamento de Reações Químicas” (MENDES; SANTANA; PESSOA JÚNIOR, 2015), na qual os autores verificaram a eficácia do uso do *PhET* no aprendizado, discutindo os resultados com foco no modo macroscópico em porcentagens de erros e acertos através de gráfico, como também apontam a construção do conhecimento no modo microscópico por parte do discente, entretanto as reações discutidas são apenas no modo simbólico, sem um contexto de onde encontram-se, o que são, o porquê de estudar tais reações. Ocasionalmente a reflexão do porquê de ensinar/aprender balanceamento de reações químicas, se as reações não são discutidas?!

No artigo de Passos *et al.* (2019), os autores apresentam o uso da simulação “Propriedades dos Gases” no intuito de identificar se a tecnologia utilizada é um facilitador para a aprendizagem do conteúdo, no entanto realizam uma discussão em torno de questionários de validação para o *software* educacional, porém a simulação em si não é discutida, impossibilitando saber se a simulação tem potencial para o aprendizado do conteúdo de propriedades dos gases. Esta mesma concepção é encontrada na monografia de Gomes (2017), porém tratando-se da simulação de “Densidade de massa”. Então, é perceptível que o fazer uso da simulação é muito discutido, entretanto como de fato acontece o aprendizado com a simulação ainda é escasso.

Em contrapartida, Escórcio (2018) utiliza a simulação de “Propriedades dos gases” e consegue relacionar a ferramenta e as respostas dos discentes, identificando as variáveis de pressão, temperatura, volume. A simulação de “Ácido e Base” de Lima (2019), dialoga desde o conceito de ácido e base de acordo com as teorias e a visão dos estudantes, como também é feito uma análise da simulação *PhET* de forma macroscópica, submicroscópico e simbólica, além da realização da aula experimental comparada a aula com a ferramenta. Diante disso, identifica-se que apesar de haver muitas pesquisas em que não é discutida a potencialidade das simulações, há também pesquisas que analisam de forma ampla suas potencialidades.

3.4 Modos de representação para compreensão dos fenômenos químicos

De acordo com Justi (2010, p. 211) a definição de modelos trata-se de uma representação parcial, significando que os modelos: i) não é a realidade; ii) não são cópias das realidades; iii) tem limitações. No entanto, se não for explorado a modelagem com os estudantes do ensino básico, os mesmos, podem acreditar no contrário com relação aos três pontos que se elencou anteriormente, deste modo a importância e objetivo da construção dos modelos para a ciência e o ensino da ciência, como: i) simplificar a forma de pensar sobre a

complexidade do fenômeno; ii) modo de articular as ideias; iii) auxiliar na compreensão abstrata do fenômeno; iv) dar embasamento para interpretar fenômenos para a realidade; v) mediar a teoria com a realidade (JUSTI, 2010). Ainda, em Justi (2010), a autora diz que sem uma argumentação sobre o objetivo dos modelos, pode-se entender que a ciência está pronta e finalizada, não podendo ou não precisando ser alterada diante dos conflitos ou falhas. E fazer com que o estudante pense assim é produzir um repetidor de ideias, sem compreender que a ciência é revolucionária.

Mas, isto depende também da formação do docente, pois, para que ocorra a construção acerca dos modos representativos com os discentes, os docentes devem possuir conhecimento, a respeito do:

i) que são modelos, para que modelos são utilizados, quais entidades são representadas em modelos, a estabilidade de modelos ao longo do tempo (JUSTI & GILBERT, 2003); ii) a capacidade dos professores de desenvolver e/ou modificar *modelos curriculares* relacionados aos tópicos que devem ser ensinados; iii) O conhecimento pedagógico do conteúdo dos professores inclua a capacidade de desenvolver bons *modelos de ensino*, a capacidade de conduzir atividades de criação de modelos em suas turmas, a compreensão de como os alunos constroem seus próprios modelos mentais e a habilidade de lidar com os modelos expressos pelos alunos numa situação de ensino (GILBERT, 1998 *apud* JUSTI, 2003, p.2).

Então, é preciso que o docente compreenda os modelos e saiba modificá-los para o ensino diante das circunstâncias, articulando-os de maneira que o discente entenda os modos representativos que perpassam para assimilar o fenômeno.

Para o entendimento de um determinado conhecimento, é preciso que a construção perpassasse pelos três modos representativos: o i) Submicroscópico, o qual ilustra as interações, ligações, o mecanismo do fenômeno, o ii) Macroscópico, o qual ilustra como o fenômeno está representado no visível e o iii) Simbólico, que ilustra como as relações no micro e macro são representadas descritivamente. De acordo com Johnstone (1993), só é possível compreender a ciência se, for possível sistematizar o conhecimento perpassando pelos modos representativos, para que, o discente não pense que o ensino e aprendizagem de Química tem caráter abstrato (FERREIRA; JUSTI, 2008). Ou, que na Química só há expressões complexas, ou que o discente apenas reconheça o fenômeno na perspectiva do olhar, mas não saiba explicar o porquê de as coisas serem como são.

É perceptível que, a definição de abstrato para química deve-se ao fato de que os níveis mais trabalhados no ensino são os macroscópicos e os simbólicos, isolando o nível submicroscópico das explicações, devido à formação dos docentes ou por pensar que é muito complexo para os discentes compreenderem (VASCONCELOS, 2016). Mas, é de suma

importância a elaboração dos modelos mentais, pois auxiliam na compreensão e faz parte do processo de aprender/fazer ciência.

Segundo, Moreira (1996, p.210) é complicado analisar os modelos mentais de forma concreta, visto que estão nas mentes das pessoas e quando se solicita que detalhem o modelo imaginado, talvez a pessoa nunca tenha pensado no modelo, mas faz uma descrição na qual se espera ser a resposta correta para o pesquisador. Logo, a metodologia que Moreira (1996), apresenta é observar o comportamento e verbalização das pessoas, enquanto descrevem os modelos mentais. Estes que definem como a “forma de representação analógica do conhecimento: existe uma correspondência direta entre entidades e relações presentes na estrutura dessa representação e as entidades e relações que se busca representar” (JONHSON-LAIRD, 1983 apud MOREIRA, 2014, p.9)

Por consequência, de acordo como o discente representa os modelos é possível analisá-los e compreender o mecanismo do pensamento dele, equivalendo à categorização que Justi (2010) realiza com os modos representativos, divididos em:

- i) modo concreto, são as representações tridimensionais acerca do fenômeno; ii) modo verbal, são as metáforas e analogias em que se baseia o modelo; iii) modo matemático, são as expressões matemáticas; iv) modo visual, representações que podem ser vista; v) modo gestual, faz uso do corpo humano ou de alguma de suas partes (JUSTI, 2010, p. 214).

Diante disto, através da categorização é possível explorar as dificuldades que os estudantes possuem sobre o fenômeno estudado, auxiliando-os para melhorar suas analogias. Como também, os modos representativos não são utilizados separados, conforme Justi (2010) há o modelo concreto misto, no qual todos os modelos podem estar presentes para embasar a compreensão do fenômeno pelo discente. Ou como Johnson-Laird (1983) *apud* (MOREIRA, 1996, p.195), diz que os modelos mentais podem ser combinados e recombinaados quando preciso.

Além, da descrição dos modos representativos da autora Justi (2010), tem-se os modelos físicos e conceituais do autor Jonhson-Laird (1983), no qual nos atentaremos aos modelos físicos por ser uma descrição da realidade. Moreira (1996) especifica os seis modelos de Jonhson-Laird (1983) por:

- i) Modelo relacional, a representação estática dos elementos; ii) Modelos conceitual, são os modelos abstratos de coisas abstratas em relação aos modelos físicos; iii) Modelo espacial, representações espaciais localizadas em até três dimensões; iv) Modelo temporal, é o tempo representado no espaço; v) Modelo cinemático, são as representações contínuas do modelo temporal, no qual a mudanças e movimentos sem interferências/descontinuidade temporal; vi) Modelo dinâmico, é o modelo

cinemático no qual há movimento e relações com os demais modelos; vii) Imagem, a representação da projeção tridimensional do objeto real.

Assim, mediante este pressuposto, se faz a premissa de que as representações dos modelos mentais acopladas aos processos de simulações computacionais melhorem o desempenho acadêmico dos discentes nos três níveis do conhecimento, pelo fato de ser possível compreender e analisar como os discentes constroem os modelos.

3.5 Pressupostos epistemológicos sobre Propriedades dos Gases

Na literatura, se identificam pesquisas com perspectivas diversas sobre o estudo dos Gases, como a biodegradação de material polimérico no qual gera gás carbônico (CO_2) e gás metano (CH_4) (CAMPAGNER et al., 2014), e estudo sobre os gases invisíveis, mas tóxicos e inodoros na propagação do fogo em tintas à base d'água, devido à incêndios (HENRIQUE, 2017), ou como o impacto da queima altera o ciclo do carbono (REDIN *et al.*, 2011). No banco de dados da Scielo foram encontrados 62 trabalhos publicados no período de 2012 a 2019 e no banco da Capes; 613 publicações do período de 2009 a 2019 com a palavra-chave, “Propriedades dos Gases”, mas nestas publicações não foi identificada uma relação ao ensino e aprendizagem nas escolas. Utilizando da palavra-chave “Gases no Ensino” encontrou-se publicações envolvendo contextualização da temática gases com uma perspectiva experimental (FIGUEIRÊDO et al., 2015), como também o efeito de gases poluentes na corrosão metálica ou a utilização de métodos investigativos para a separação de gases atmosféricos (KASSEBOEHMER; FERREIRA, 2013). Entretanto, foram identificadas 487 publicações a respeito no banco de dados da Capes e nenhuma publicação no banco de dados da Scielo, levando a observar que há uma enorme discrepância entre trabalhos acadêmicos publicados referentes ao conhecimento específico quando comparado ao número de trabalhos realizados sobre propriedades dos gases para o ensino.

Refletindo sobre a contribuição dos recursos tecnológicos no estudo das propriedades dos gases e como as relações de representação são estabelecidas a partir de experimentação construídas com os discentes, como também as habilidades e competências desenvolvidas de acordo com os documentos oficiais de ensino. Para Perrenoud (2000, p.15), “a noção de competência designará aqui uma capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação”. E desta forma, habilidades é um campo menos amplo, logo a competência estaria constituída por várias habilidades (GARCIA, 2005, p.5).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) é descrito que o discente precisa desenvolver habilidades e competências na área de Química e que o conhecimento perpassa por três eixos amplos: representação e comunicação; investigação e compreensão e contextualização sociocultural. Além de, estruturar temas como formas de organizar conteúdos, sendo que o tema 5 trata sobre Química e atmosfera, destacando-se no que deve contribuir para o ensino:

Os estudos associados a este tema possibilitam o desenvolvimento de competências como: compreender o comportamento dos gases na atmosfera, bem como seu papel nos ciclos biogeoquímicos e no sistema produtivo; avaliar, julgar e tomar decisões sobre a poluição atmosférica; buscar informações, analisar e interpretar textos e comunicações referentes ao conhecimento científico e tecnológico para compreender problemas relativos à atmosfera (BRASIL, 2018, p. 100).

Assim, justifica-se a proposta de explorar na perspectiva da Ciência, Tecnologia e Sociedade para analisar, interpretar e tomar decisões acerca da emissão de gases poluentes para desenvolver as competências e habilidades para a compreensão da Química na Sociedade. Na proposta da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino médio, no conteúdo de matéria e energia pode-se desenvolver habilidades e competências utilizando-se de experimentação, com o auxílio do nível submicroscópico, para explicar os efeitos das interações moleculares, especificando o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura (BRASIL, 2018, p.73), fazendo-se necessário a compreensão do modo submicroscópico, no qual o uso da simulação apresentado ao longo da pesquisa, viabilizará o estudo mais aprofundado sobre a temática, perpassando pelos modos representativos desta ciência.

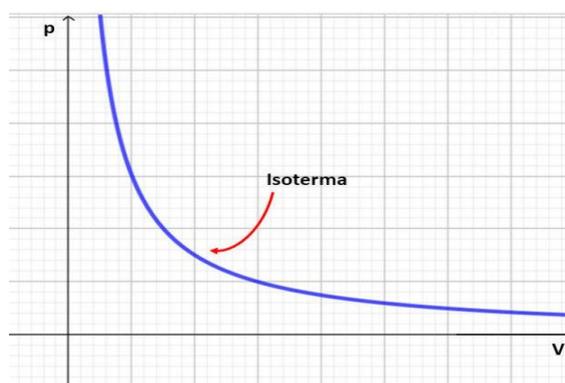
O conhecimento crítico a respeito da emissão de poluentes está em torno de formas de diminuir o grau de emissão (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009), entretanto não é discutida a composição destes gases no ambiente, a velocidade da reação, a reatividade dos mesmos nas transformações químicas, o tempo de residência, quais são os gases envolvidos em uma experimentação. Restringindo a explicação dos fenômenos no ensino básico, somente pelo eixo de representação dos comportamentos do modelo de gás ideal, que as substâncias sólidas, líquidas e gasosas dependem das pressões e temperaturas para determiná-las.

Então, os livros didáticos para o ensino básico como, *Química: Ensino Médio* de Martha Reis (2017) apresenta o estudo dos gases com experimentos investigativos e exemplo das consequências dos gases na atmosfera, os livros de graduação como, *Química um curso universitário* de Mahan e Myers (1995) ou *Princípios da Química* de Atkins e Jones (2012), aborda as Propriedades dos Gases, sem uma abordagem CTS.

Entretanto, identifica-se que um dos principais objetivos de tais publicações nestes livros é de especificar as três leis dos gases:

1. *Lei de Robert Boyle-Edme Mariotte*; Boyle (1662), após sua experimentação com um tubo em U, fechado com certa quantidade de ar e sendo preenchida com mercúrio, ele analisou que o produto da pressão pelo volume é um valor aproximadamente constante, como também ao aquecer esse gás a uma pressão constante, identificou que havia um aumento no volume, deste modo, considerou que para seus experimentos prosseguirem, a pressão e o volume deveriam estar à uma temperatura constante, simbolicamente descrita por $PV = constante$, a qual resulta em um gráfico com uma curva chamada hipérbole (figura 4) denominada de transformações isotermas (MAHAN; MYERES, 1995, p 22). Após, quatorze anos Mariotte (1620-1684) fez o experimento e divulgou na França.

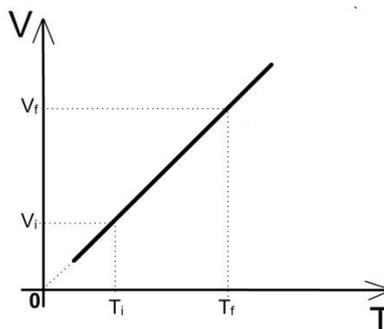
Figura 4: Gráfico de transformações isotermas



Fonte: própria autora

2. *Lei de Charles (1778-1850) e Gay-Lussac (1746-1823)*, a primeira lei construída paralelamente pelos dois cientistas, foi desenvolvida experimentalmente à uma pressão constante, logo investigou-se que ao dobrar a temperatura do sistema, proporcionalmente o volume aumenta, da mesma forma, quando a temperatura é reduzida o volume é reduzido, matematicamente, a transformação isobárica é descrita por $\frac{V}{T} = Constante$, possuindo a linha do gráfico (figura 5) como uma reta, denominada de isóbara (ATKINS; JONES, 2012, p. 139).

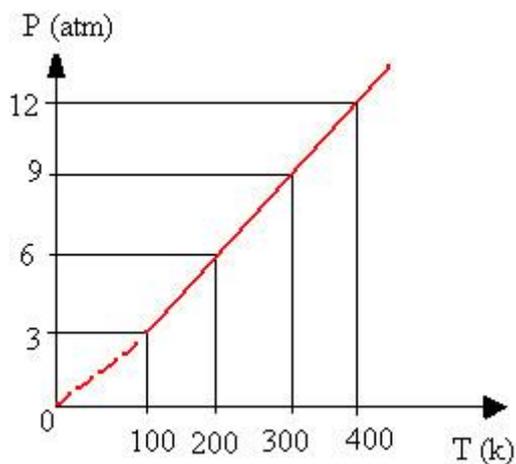
Figura 5: Gráfico de transformações isóbaras



Fonte: UFRGS (2009)

3. A lei de Charles e Gay-Lussac (1802), foi determinada através de estudos comportamentais sobre o efeito da temperatura, o mesmo analisou que a pressão exercida na expansão dos gases é proporcional ao aumento de temperatura, do mesmo modo, a redução da temperatura acarreta em uma diminuição na pressão, com um volume constante, denominada de transformação isocórica, simbolicamente, a teoria é descrita por $\frac{P}{T} = constante$ e a linha do gráfico (figura 6) é uma reta titulada de isocórica (FONSECA, 2016, p. 20).

Figura 6: Gráfico de transformações isocórica



Fonte: Manual da Química.

Diferentemente, os livros de história da química publicados para cursos superiores retratam o contexto e o mérito das descobertas científicas, como os experimentos sobre propriedades físicas do ar, combustão e calcinação pesquisada por Robert Boyle (NEVES; FARIAS, 2011, p.41), como também em Aragão (2008, p. 27) sobre “as propriedades do “ar silvestre”, designação de Helmont e do ar inflamável, que tinha sido obtido por Boyle pela ação dos ácidos sobre os metais, que foram aprofundadas pelo pesquisador Henry Cavendish em 1766.

Observa-se que, a exploração do conteúdo apresentado na história da química, não está em torno dos conceitos e propriedades comportamentais dos gases, mas sim, no tipo de gás que estava sendo pesquisado. E nisto, destaca-se o cientista Priestley (1733-1804), que desenvolveu uma notável carreira científica, tendo isolado várias espécies de gases até então desconhecidas, o que lhe conferiu prestígio internacional (ARAGÃO, 2008, p. 33), além disso, anos antes Sheele (1732-1886) anunciou a descoberta do oxigênio (ARAGÃO, 2008, p. 29) e a descoberta do cloro (ARAGÃO, 2008, p. 32). Logo, a história apresentada revela a importância de discutir as descobertas sobre os gases e as contribuições destes cientistas para Química.

Deste modo, ao analisar os livros disponíveis como apoio para a educação, revela-se a importância de analisar o conceito de propriedades dos gases não apenas no nível simbólico, mas também de forma contextualizada, apresentando o impacto dos gases na sociedade em um nível macroscópico, e suas interações no nível microscópico, para de fato compreender a dimensão do estudo.

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da pesquisa

Este trabalho refere-se a uma pesquisa exploratória, que segundo Gil (2002, p. 41) “têm como objetivo proporcionar maior familiaridade ao problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses”. E devido à escassez de trabalhos acadêmicos relacionados a sequências didáticas com o conteúdo de propriedades dos gases no ensino básico, surgiu a necessidade de pesquisar sobre este assunto.

Quanto à abordagem é qualitativa, pois “busca explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 32). De modo, a validar a proposta apresentada através da sequência didática desenvolvida e compreender a construção do conhecimento acerca do conceito.

4.2 Sujeitos e Campo de pesquisa

Devido à pandemia do vírus COVID-19 não foi possível realizar a aplicação presencial. Por este motivo, a pesquisa foi adequada para a forma remota onde se utilizou para a execução da proposta ferramentas como, questionário do JotForm, grupo de WhatsApp, Google Meet e Google Classroom.

A sequência didática (SD) conforme o APÊNDICE A, foi aplicada em uma escola pública da Região do Agreste Pernambucano, com 12 discentes do segundo ano do ensino médio, com faixa etária de 16 à 19 anos, devido o conceito de propriedades dos gases ser abordado nesta série de ensino. Para as identificações dos discentes foram utilizadas os seguintes códigos: (D1), em que D refere-se ao discente e o numeral é a ordem pela qual estão classificados.

4.3 Instrumentos de coleta de dados

De início, foi solicitado a uma docente de uma escola estadual que apresentasse a proposta da aplicação do TCC intitulado como “Estudo de Gases na Perspectiva Contextualizada” e a disponibilização do link da inscrição, site JotForm, que conteve o formulário com questões abertas, pois o questionário prévio teve a intenção do “informante responder livremente, da forma que desejar, e assim o pesquisador anota tudo o que for declarado” (GERHARDT *et al.*, 2019, p.70).

Após ter o número de contato dos discentes, criou-se um grupo no WhatsApp para facilitar a comunicação. Assim no dia marcado para aplicação o link do Google Meet foi disponibilizado no grupo de WhatsApp, iniciando a aplicação e coleta de dados, através de compartilhamento de tela.

A partir desta perspectiva, cada momento proposto na sequência didática foi criado de forma a promover questões, situações problemáticas e questionários abertos para que os discentes discutissem, então a coleta de dados foi executada com o auxílio primordial do Google Classroom, o código de acesso da sala utilizada foi “xivifgr”, em que contém o registro de grande parte da coleta.

Para registro do diálogo utilizou-se do auxílio do programa aTube Catcher para gravar toda ação realizada no Google Meet, de modo que não houvesse perda de detalhes na discussão dos resultados. A seguir, está descrita as etapas de toda a ação que consistiu nesta pesquisa.

4.4 Sequência Didática

O plano de aula descrito no APÊNDICE A apresenta-se com uma ação para cada momento, com objetivo da ação, instrumento, recurso utilizado e o tempo de duração respectivo. Os conceitos discutidos na SD (quadro 1) estão relacionados ao triângulo de Johnstone (1993), com uma proposta utilizando CTS, experimentação e simulação. Com execução no tempo didático de 4 horas, divididos em 2 horas por dia.

DIA 1 DA APLICAÇÃO (2 HORAS) - dividido em 4 momentos

1º Momento: A aplicação aconteceu através da inscrição do JotForm, com questionário de sondagem (APÊNDICE B), o qual esteve em torno das seguintes perguntas: “*O que você compreende do termo ‘Gases’? Exemplifique sua resposta*”; “*Você sabe dizer onde são encontrados os gases que você citou na questão 2? Justifique*”; “*O que você entende por gases poluentes no meio ambiente? Justifique sua resposta*”; “*Você sabe quais são as substâncias gasosas emitidas pelos automóveis? Exemplifique sua resposta*”, com o objetivo de identificar o que os discentes compreendem por gases no meio ambiente e o conteúdo de propriedades dos gases. Após, obter todas as inscrições, um grupo no WhatsApp foi criado e através do mesmo disponibilizado o link de acesso ao Google Meet.

2º Momento: Ao iniciar a reunião no Google Meet, iniciou-se uma discussão em relação às máquinas térmicas, que possibilitou o levantamento de hipóteses acerca do assunto. Após, a discussão os discentes responderam o questionário (APÊNDICE C) acerca das máquinas térmicas.

3º Momento: Em seguida, realizou-se a leitura do texto “Emissões de poluentes por veículos automotores” da autora Santos (2016), em que apresenta o contexto histórico de máquinas térmicas e o impacto da utilização no ambiente, disponível no ANEXO A.

A discussão do texto foi relacionada no 2º momento, com o intuito dos discentes realizarem a tomada de decisão sobre o que fariam para que os combustíveis utilizados agredissem menos o meio ambiente e analisar o custo-benefício dos combustíveis apresentados na tomada de decisão comparada aos que são utilizados atualmente.

4º Momento: Depois, os estudantes analisaram a experimentação de caráter demonstrativo no site de Darry tools ⁵, visando à construção de uma máquina térmica, tendo como objetivo investigar quais são as propriedades dos gases envolvidas no sistema montado; discutir quais são os tipos de gases emitidos e qual o impacto ambiental derivado das máquinas térmicas. Após, os posicionamentos dos discentes, eles responderam o questionário no APÊNDICE D.

DIA 2 DA APLICAÇÃO (2 HORAS) - dividida em 5 momentos

1º Momento: Os discentes foram orientados a realizarem uma pesquisa sobre o que são as propriedades dos gases para que discutissem, deste modo, ao iniciar o 1º momento do segundo dia, houve uma recapitulação de como foi a reunião anterior. Em seguida, foi disponibilizado o link do trailer do documentário “Seremos História?” ⁶, havendo uma discussão sobre o trailer. Depois, ocorreu uma explanação dos conceitos de propriedades dos gases através de slides (APÊNDICE E), sendo possível partilhar a tela pelo Google Meet.

⁵Link de acesso à experimentação demonstrativa “Motor de vapor caseiro”: <https://www.youtube.com/watch?v=jywA55Fie4Q>

⁶ Link de acesso ao trailer “Seremos História?” <https://www.youtube.com/watch?v=I0pxnF5JMME>

2º Momento: Houve uma questão problemática (APÊNDICE D), na qual os discentes utilizaram do PhET na simulação “Propriedades dos gases”⁷, para responder e relacionar o experimento demonstrativo da máquina térmica, com ênfase nos aspectos microscópicos.

3º Momento: Adiante, os estudantes utilizando de uma questão problemática (APÊNDICE E) elaboraram desenhos e explicaram como ocorre o comportamento das propriedades dos gases através da máquina térmica.

4º Momento: Os discentes discutiram a pergunta investigativa do 2º momento, de forma individual, no tempo de 10 min.

5º Momento: E por fim, houve a aplicação do questionário de validação (APÊNDICE F), como forma de identificar a perspectiva que os discentes tiveram da discussão realizada.

4.5 Análise dos resultados

Para à análise dos resultados utilizaram-se questionários para identificar o que os discentes compreendem acerca do conceito de propriedades dos gases, o funcionamento das máquinas térmicas, como também o impacto ambiental, relacionando uma abordagem CTSA, experimentação, simulação e modelos mentais. E, para atingir êxito junto aos objetivos utilizou-se a análise de conteúdo, devido a ela ser “uma técnica de pesquisa e, como tal, tem determinadas características metodológicas: objetividade, sistematização e inferência” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 84).

Deste modo, entre os vários modos de análise de conteúdo como lexical, expressão, relações, temática e enunciação, escolheram a temática por “consistir em descobrir os núcleos de sentido que compõem uma comunicação cuja *presença* ou *frequência* signifique alguma coisa para o objetivo analítico visado” (MINAYO, 2007, p. 316 apud GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 84, grifo do autor). Sendo assim, a forma de caracterizar a análise de conteúdo na perspectiva temática apresenta-se da forma a seguir:

1. Pré-análise: organização do que vai ser analisado; exploração do material por meio de várias leituras; também é chamada de “leitura flutuante”. 2. Exploração do material: é o momento em que se codifica o material; primeiro, faz-se um recorte do texto; após, escolhem-se regras de contagem; e, por último, classificam-se e agregam-se os dados, organizando-os em categorias teóricas ou

⁷ Link de acesso à simulação “Propriedades dos gases” do PhET Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_pt_BR.html

empíricas. 3.Tratamento dos resultados: nesta fase, trabalham-se os dados brutos (MINAYO, 2007, p. 316 apud GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 84).

Inicialmente, houve a coleta de dados e após a leitura dos resultados obtidos, neste momento buscou-se familiarizar-se com as similaridades nas respostas. Em seguida observou-se os registros para codificar/unidade as diversas respostas, organizando os critérios de análise de acordo com as habilidade e competências previstas no PCN e BNCC do ensino médio, como também os conteúdos de química por bimestre para o ensino médio com Base nos Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco, sendo detalhadas por critério e níveis de satisfação.

A análise dos resultados foi estruturada em 5 etapas de acordo com os critérios estabelecidos a seguir, para cada momento da SD. Na 1ª etapa da análise dos resultados, encontra-se o pré-questionário que contem sete perguntas, que estão categorizadas em 15 quadros de critérios e justificativas, adiante. Então, o quadro 2 possui justificativas com base no conceito de gases e propriedades dos gases, baseadas nos livros Mahan e Myers (1995); Atkins e Jones (2012); Reis (2017), em que apresentam os conceitos básicos sobre a temática.

Quadro 2: “O que você compreende do termo Gases” pré-questionário, pergunta 1.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente apresenta entendimento sobre o conceito de propriedades dos gases, relatando uma destas variáveis; temperatura, volume, pressão, compressibilidade, difusibilidade, dilatação, compressão ou densidade.
Parcial	O discente não apresenta o conceito de propriedades dos gases com base em uma das variáveis. Mas, explica que gases são algo da atmosfera e que está no estado gasoso.
Insatisfatório	O discente não explica o conceito de propriedades dos gases com base em umas das variáveis e não explana sobre os gases estarem presentes na atmosfera ou que estão no estado gasoso.

Fonte: própria autora.

As habilidades desenvolvidas ao longo da vida estudantil são válidas e importantes, as mesmas podem ser categorizadas com a habilidade específica da BNCC “Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção

de novos materiais” (BRASIL, p. 545), enquadrando-se como análise para a pergunta 2, indicada no quadro 3.

Quadro 3: “O que você entende por gases poluentes no meio ambiente? Exemplifique sua resposta”, do pré-questionário, pergunta 2.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente apresenta argumentos sobre a queima de combustíveis através de máquinas térmicas e veículos; como também os impactos na sociedade: o aquecimento global, a poluição atmosférica e complicações a saúde humana.
Parcial	O discente não relata sobre a queima de combustíveis através de máquinas térmicas e veículos; como também os impactos na sociedade: o aquecimento global, a poluição atmosférica e complicações a saúde humana. O discente apenas apresenta a compreensão do que são gases poluentes de forma superficial (ex: os gases estão presentes no ar atmosférico)
Insatisfatório	O discente não menciona sobre a queima de combustíveis através de máquinas térmicas e veículos; como também os impactos na sociedade: o aquecimento global, a poluição atmosférica e complicações a saúde humana. Entretanto, não expõe a compreensão do que são gases poluentes, nem de forma superficial.

Fonte: própria autora.

O quadro 4 apresenta critérios e justificativas que contemplam a 3ª e 4ª pergunta do pré-questionário, devido a ser questões relacionadas, com “Considerando a resposta da questão 2, onde podemos encontrar esses gases poluentes?” e “A partir de seu conhecimento apresente substâncias gasosas emitidas pelos automóveis”.

Quadro 4: Critérios e justificativas para a 3ª e 4ª pergunta do pré-questionário.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente cita sobre os gases poluentes estarem presentes nas máquinas térmicas. Identifica as substâncias gasosas emitidas e como os gases afetam a saúde humana.
Parcial	O discente explana sobre os gases poluentes estarem presentes nas

	máquinas térmicas, quais são os gases emitidos, mas não aborda como os poluentes afetam a saúde humana.
Insatisfatório	O discente não aborda onde são encontrados os gases poluentes, não identifica os gases emitidos e não menciona como impacta a saúde humana.

Fonte: própria autora.

Para as perguntas 5^a, 6^a e 7^a do pré-questionário (APÊNDICE B), que estão interligadas no sentido de compreender qual é: a) O funcionamento da máquina térmica; b) Quais são os Gases poluentes dispersos na atmosfera; c) Se máquinas térmicas agredem ao meio ambiente. Condiz com a habilidade específica da BNCC que engloba as perguntas referidas de *“Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais”* (BRASIL, 2018, p. 82). Deste modo, a seguir têm-se três quadros (5, 6 e 7) com critérios e justificativas para cada indagação específica:

Quadro 5: *A partir de seus conhecimentos explique como funciona uma máquina térmica e o combustível utilizado para seu funcionamento, do pré-questionário, pergunta 5*

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente explica o funcionamento da máquina térmica derivado de uma transformação da energia interna de um gás em temperatura elevada (fonte quente), o gás expande-se através da combustão realizando o trabalho mecânico e quais são os gases dissipados.
Parcial	O discente apenas explica que uma máquina térmica transforma energia térmica em trabalho mecânico.
Insatisfatório	O discente afirma não ter conhecimento sobre máquinas térmicas ou apresenta de forma errônea sobre o funcionamento.

Fonte: própria autora

Quadro 6: *A partir de seu conhecimento, apresente quais são os gases produzidos por uma máquina térmica e que são dispersos na atmosfera?, do pré-questionário, pergunta 6.*

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente justifica o uso da fonte de energia derivada de combustíveis fósseis, cita quais são os gases poluentes derivados da

	mesma, relacionando impactos ambientais ou danos à saúde humana.
Parcial	O discente apenas identifica quais são os gases produzidos, mas não relaciona o impacto ambiental ou danos à saúde humana.
Insatisfatório	O discente não aborda os gases produzidos através de máquinas térmicas ou relata o conceito incompreensível de acordo com a teoria.

Fonte: própria autora

Quadro 7: *Em sua concepção, o funcionamento das máquinas térmicas pode agredir o meio ambiente? Se sim, por quê?*, do pré-questionário, pergunta 7.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente compreende que os excessos desses gases poluentes agredem o meio ambiente.
Parcial	O estudante afirma que no desempenho de máquinas térmicas há circunstâncias positivas e negativas.
Insatisfatório	O discente alega que a utilização de máquinas térmicas não agride ao meio ambiente.

Fonte: própria autora

A 2ª etapa, tem a perspectiva de analisar quais as habilidades desenvolvidas a partir da discussão realizada no Google Meet e experimentação demonstrativa “Motor de vapor caseiro”, então com isso utilizou-se do questionário do APÊNDICE C para a coleta de dados. Sendo assim, os quatro quadros (8, 9, 10 e 11) de critérios a seguir contém as perguntas 1, 2, 3 e 4 do APÊNDICE C e são baseadas nas habilidades da BNCC “*Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais*” (BRASIL, 2018, p.82).

Quadro 8: “*Como funciona uma máquina térmica?*”, APÊNDICE C, pergunta 1.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente explica o funcionamento da máquina térmica derivado de uma transformação da energia interna de um gás em temperatura elevada (fonte quente), o gás expande-se através da combustão realizando o trabalho mecânico e quais são os gases dissipados.

Parcial	O discente apenas explica que uma máquina térmica transforma energia térmica em trabalho mecânico.
Insatisfatório	O discente afirma não ter conhecimento sobre máquinas térmicas ou apresenta de forma errônea o funcionamento.

Fonte: própria autora

Quadro 9: *Qual combustível utilizado em uma máquina térmica?*”, do APÊNDICE C, pergunta 2.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente cita quais são os combustíveis fósseis para o funcionamento da máquina térmica.
Insatisfatório	O discente não aborda quais são os combustíveis fósseis encontrados nas máquinas a vapores.

Fonte: própria autora

Quadro 10: *“Quais são os gases produzidos por uma máquina térmica e que vão para a atmosfera?”*, APÊNDICE C, pergunta 3.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente justifica o uso da fonte de energia derivado de combustível fósseis, citam quais são os gases poluentes derivados do mesmo, relacionando impactos ambientais ou danos a saúde humana.
Parcial	O discente apenas identifica quais são os gases produzidos, mas não relacionam o impacto ambiental ou danos a saúde humana.
Insatisfatório	O discente não aborda os gases produzidos através de máquinas térmicas ou relatam o conceito incompreensível de acordo com a teoria.

Fonte: própria autora

Quadro 11: *“Na sua concepção, o funcionamento das máquinas térmicas pode agredir o meio ambiente?”*. APÊNDICE C, pergunta 4.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente compreende que os excessos desses gases poluentes agredem o meio ambiente.
Parcial	O estudante afirma que no desempenho de máquinas térmicas há circunstâncias positivas e negativas.
Insatisfatório	O discente alega que a utilização de máquinas térmicas não agride

	ao meio ambiente.
--	-------------------

Fonte: própria da autora

Por fim, a seguinte competência a ser analisada é a do PCN “*Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações, identificar regularidades, invariantes e transformações*” (BRASIL, 2000, p. 90), estabelecendo-se assim os critérios e justificativas para o quadro 12

Quadro 12: “*Quais são as propriedades dos gases envolvidas no sistema montado?*”, APÊNDICE C, pergunta 5

CRITÉRIOS	JUSIFICATIVAS
Satisfatório	O discente abordar as variáveis do estudo das propriedades dos gases, mas também relacionar o conceito à experimentação demonstrativa da construção da máquina térmica.
Parcial	O discente aborda apenas as variáveis do estudo das propriedades dos gases, mas não relaciona à experimentação demonstrativa.
Insatisfatório	O discente não identifica as variáveis das propriedades dos gases, como também não explora as relações com a experimentação demonstrativa.

Fonte: própria autora

A 3ª etapa foi estruturada com foco em três perguntas problemáticas acerca da utilização do PhET Colorado com a simulação de “Propriedades dos gases”, relacionando a visão macroscópica e submicroscópica a respeito do mecanismo da máquina térmica, pois, de acordo com Johnstone (1993) só é possível apreender acerca de certo fenômeno se, o discente conseguir perpassar pelos três modos em suas explicações. Deste modo, o quadro 13 foi estruturado.

Quadro 13: “Tente relacionar o que você observou no experimento reproduzindo na simulação”, APÊNDICE D, pergunta 1.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente identifica a relação do modo macroscópico acerca de como a máquina térmica funciona e justifica as variáveis no modo submicroscópico utilizando do PhET, conseguindo explicar a relação de pressão, volume e temperatura no sistema.
Parcial	O discente apresenta o modo submicroscópico utilizando do PhET para se embasar e explicar o manuseio do mesmo, entretanto não relaciona a simulação ao experimento da máquina térmica.
Insatisfatório	O discente nem apresenta a relação da máquina térmica com a

	simulação, como também como está o comportamento das variáveis.
--	---

Fonte: própria autora

Para a segunda pergunta do questionário de análise do PhET (APÊNDICE D) “*Relate o passo a passo do comportamento das moléculas que você manipulou na simulação*”, não poderia haver uma identificação de critério de análise com “satisfatório, parcial e insatisfatório” e justificativas, visto que a manipulação da simulação é algo individual, logo foi analisado os termos que utilizaram para descrever a simulação.

O quadro 14 está sistematizado para identificar o modo simbólico e o modo submicroscópico do conteúdo de propriedades dos gases relacionado à máquina térmica, para isto houve embasamento com as teorias dos livros didáticos Mahan e Myers (1995); Atkins e Jones (2012); Reis (2017).

Quadro 14: Análise no modo simbólico e submicroscópico “Tente relacionar o que você observou no experimento reproduzindo na simulação”, APÊNDICE D, pergunta 1.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVAS
Satisfatório	O discente consegue relacionar a simulação PhET e a experimentação da Máquina térmica demonstrando o modo simbólico com a fórmula da lei isocórica $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$, como também explica o manuseio da fórmula.
Parcial	O discente consegue relacionar a simulação PhET e a experimentação da máquina térmica, mas não faz uso do modo simbólico para explicar, mas apresenta o manuseio da fórmula, sem citá-la.
Insatisfatório	O discente nem apresenta a relação da máquina térmica com a simulação, como não identifica o modo simbólico e microscópico de ambos, ou apresenta erro conceitual.

Fonte: própria autora

A 4ª etapa consiste nos modelos mentais realizados pelos discentes, através do APÊNDICE E, sendo assim os modelos foram categorizados de acordo com os autores especialistas nos modos representacionais Johnson Laird (1983); Johnstone (1993) e Justi (2010), apresentado no quadro 15.

Quadro 15: “Explique com base nas propriedades dos gases as relações existentes entre o que foi realizado na simulação e o funcionamento da máquina térmica”, APÊNDICE E, pergunta 3.

MODOS	JUSTIFICATIVAS
Modelo cinemático	São as representações contínuas do modelo temporal, no qual há mudanças e movimentos sem interferências/descontinuidade temporal de (JONHSON-LAIRD, 1983)
Modelo dinâmico	É o modelo cinemático no qual há movimento e relações com os demais modelos (JONHSON-LAIRD, 1983)
Imagem	A representação da projeção tridimensional do objeto real (JONHSON-LAIRD, 1983).
Modo concreto	São as representações tridimensionais acerca do fenômeno (JUSTI, 2010)
Modo verbal,	São as metáforas e analogias em que se baseia o modelo (JUSTI, 2010)
Modo Matemático	São as expressões matemáticas (JUSTI, 2010)

Fonte: própria autora

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRIMEIRA ETAPA: Análise do pré-questionário

O primeiro dia de aplicação da proposta didática teve duração de 2 horas e a análise dos resultados foram separados em 2 etapas: 1. Aplicação do Pré-questionário e 2. Experimentação demonstrativa. Sendo assim, na primeira etapa houve a inscrição com a chamada para o “Estudo de gases na perspectiva contextualizada” para os discentes da referida escola de referência em ensino médio. Logo, 20 discentes realizaram a inscrição e consequentemente responderam o questionário prévio. Entretanto, apenas 12 participaram de forma efetiva, porém a análise do pré-questionário teve o quantitativo de 20 respostas (sendo então as 20 inscrições). E dentre o total de estudantes, apenas um não tinha estudado sobre propriedades dos gases.

Com base nos critérios do quadro 1, que se baseia nos conceitos de gases abordados de acordo com os livros Mahan e Myers (1995); Atkins e Jones (2012), e Reis (2017), para a pergunta “*O que você compreende do termo Gases? Exemplifique sua resposta*”, houve um total de 10 estudantes que responderam de forma satisfatória, pois os discentes nesta modalidade exemplificam da seguinte forma, “*Os gases são moléculas ou átomos que se movimentam constantemente. Dentre as suas características, podemos destacar volume variável, difusibilidade e compressibilidade*” (D3), é notável que há uma menção geral das características dos gases e isto acontece pelo fato de “*muitas das suas propriedades físicas são muito semelhantes, particularmente em pressões baixas. Por isso, em vez de descrever as propriedades dos gases uma de cada vez, podemos descrevê-las todas ao mesmo tempo*” (ATKINS; JONES, 2012, p.134). E além das variáveis descritas pelos discentes, há também a pressão, temperatura e densidade.

Em outro ponto de vista, mas no mesmo raciocínio do que são gases, (D5) relata: “*Gases é a interação reduzida entre partículas que ficam bastante afastadas uma das outras*”, há uma percepção dos gases através do conceito de energia cinética; e é justamente assim que Atkins e Jones (2012) evidenciam, devido aos gases serem compreensíveis e preencher espaços, entende-se que as moléculas estão afastadas e em movimento desordenado contínuo.

Como também, quando (D20) explana que gases “*são pequenas partículas microscópicas de uma substância leve e muito energizada*”, além de mencionar o termo

energizado, há um entendimento tênue sobre o modo submicroscópico. Os demais discentes categorizados como satisfatórios, exemplificam o conceito por “*não possuem volume fixo*” (D14), ou “*está relacionado a um dos estados da matéria e que não contém forma ou cor definida*” (D19), não menciona qual é o estado específico que o gás se encontra (estado gasoso), entretanto, justifica-se descrevendo as características do gás de acordo com sua compreensão no modo concreto, utilizando de explicações reais em 3D (JUSTI, 2010), cores e formas para exemplificar algo abstrato.

Em contrapartida, na primeira questão da análise prévia, obtiveram-se 7 respostas categorizadas no critério parcial, com as seguintes falas “*tudo que está na forma gasosa são gases*” (D15) ou “*gases é tudo aquilo que não podemos ver mais precisamos muito, outros não, mas sempre estão rodeando-se*” (D13), como também é “*matéria em estado gasoso*” (D2; D6; D7; D10; D11), os discentes explanaram o que são gases de forma sucinta e talvez de maneira redundante. Mas, é identificado que utilizam do modo visual para expressar suas falas, se apoiando naquilo que é visto no seu cotidiano (JUSTI, 2010), sendo mais específico o que é possível vê a olho nu, sobre gases.

Ainda na 1ª pergunta, 3 estudantes responderam de forma insatisfatória, pois os mesmos não explicaram o que são gases ou descreveram de maneira errônea, a justificativa pode ser demonstrada nas seguintes falas “*é algo que existe no ar, que se expande e possui três estados*” (D1), a resposta de que está no ar, não é totalmente errada!, mas, nessa frase não se consegue identificar qual é a compreensão de fato que o discente tem sobre o termo, em contrapartida o mesmo relata que o gás expande-se, sendo algo totalmente correto e comprovado cientificamente, porém perde o fio de meada quando explica que pode se encontrar nos três estados da matéria. Isto de fato, pode ocorrer e denomina-se o ponto triplo de uma substância, em que as três fases (gelo, líquido e vapor) coexistem em equilíbrio dinâmico (ATKINS, JONES, 2012, p. 341), porém, o questionamento foi sobre o que são gases e sua composição.

Ainda na mesma racionalidade, D17 relata que os gases são “*substâncias parecidas com o ar*”, o termo “*parecido*” não justifica a percepção do discente, pois não diz que a composição do ar é através de gases ou quais são as substâncias do ar. Por fim, D9 relata que “*os gases tem uma alta compressibilidade e expansibilidade e sua molécula estão em constante movimento. Os gases possuem três estado físicos, o sólido, o líquido e gasoso*” (D9), de maneira aceitável D9 apresenta duas características dos gases, mas quando define a propriedade do gás relata de maneira equivocada o estado da matéria do gás.

Na segunda pergunta do pré-questionário “*O que você entende por gases poluentes no meio ambiente? Exemplifique sua resposta*”, 18 discentes responderam de forma satisfatória de acordo com o quadro 2 de critérios e justificativas, sendo possível identificar diferentes abordagens referente à compreensão dos gases poluentes como; “*Um mal que precisamos combater e prevenir trocando-os como gás carbônico por outros menos poluentes ou até por outros materiais*” (D13), é notado que além do discente ter uma compreensão de que os gases poluentes afetam o meio ambiente e somos os maiores prejudicados, o mesmo de maneira pontual exhibe a sua tomada de decisão de forma espontânea. De modo que, quando cita a necessidade da troca de fonte de energia utilizada em máquinas térmicas, é uma tomada de decisão, que significa “*tomar decisões inteligentes e compreender a base científica da tecnologia é a base pratica das decisões*” (SANTOS; MORTIMER, 2000, p.3).

Em outra perspectiva, mas com o mesmo viés, D14 explana do seguinte modo:

Os gases poluentes tem como principal características, causar a poluição atmosférica visto que, a camada de ozônio a cada dia e destruída um pouco. Dentre todos os causadores da poluição atmosférica, os principais são: gás carbônico, metano, os CFC, dióxido de enxofre, etc (D14).

Nesta fala, D14 não apresenta um posicionamento de tomada de decisão, entretanto consegue pontuar sua compreensão através da relação de gases que geram poluição atmosférica que consequentemente destroem a camada de ozônio e indo além, o mesmo identifica algumas substâncias causadoras do impacto ambiental, a fala de D14 vai mais adiante como D13 faz. Em contrapartida, na descrição da fala de D8, tem-se:

Os poluentes são substâncias que podem ser causadas pelos próprios seres humanos, ou até mesmo a natureza a fins de prejudicar a nossa qualidade de vida. Usando de exemplo o clorofluorcarboneto (ou, como mais conhecido, CFC), é um composto baseado em cloro, flúor e carbono que antes era usado aerossóis e sistema de refrigeração causando males a saúde humana com a redução da camada de ozônio... Mas, atualmente foi criado como forma de intervenção o hidroclorofluorcarbonetos, pois não foram todas as moléculas de hidrogênio substituídas e os hidrocarbonetos, pois não contém cloro (D8).

É nítido que D8 apresenta sua compreensão de que os gases poluentes não trazem benefícios para a saúde e meio ambiente, mas também, justifica que é possível reduzir esse impacto na camada de ozônio com o exemplo do CFC utilizado em aerossóis e o mais interessante é que D8 apresenta o problema, identifica a causa do problema, relata uma situação e por fim apresenta uma solução que foi realizada, que foi à troca do clorofluorcarboneto por hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs). Mas, vale destacar que D8 aponta que os gases poluentes são produzidos com a finalidade de prejudicar a nossa

qualidade de vida. Isso envolve a visão maior do processo de planejamentos de novas tecnologias que causam benefícios e muitas vezes malefícios não planejados.

De modo formal, o discente refere-se ao Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, o protocolo surgiu a partir da Convenção de Viena em 1987, passando a ser um tratado internacional; e só em 1990 o Brasil aderiu (BRASIL, 2017). Houve mudanças do gás CFC para HCFCs e por fim, o HCFCs é substituído por hidrofluorcarbonetos (HFCs) por serem livres de cloro e prejudicam menos a camada de ozônio, adiante os estudos comprovaram que o buraco na camada de ozônio “estava” diminuindo, entretanto os HFCs interagem com os outros gases de efeito estufa, agregando ao aumento da temperatura do planeta (ECYCLE, 2020).

Em contrapartida, ainda na pergunta *O que você entende por gases poluentes no meio ambiente? Exemplifique sua resposta*, teve a seguinte resposta “*Gases compostos por substâncias nocivas que o meio não consegue aproveitar, assim causando perda para o meio*” (D17), demonstra que o estudante compreende que há uma perda de substâncias para o meio, mas não é possível saber se possui consciência de que as máquinas térmicas não conseguem aproveitar 100% do combustível para a realização do trabalho. Introduzindo assim os estudos de Sadi Carnot (1796-1832), do livro “Reflexões sobre a potência motriz do fogo” publicado em 1823, que relata o Ciclo de Carnot, de forma que somente máquinas com menos de 100% de eficiência de conversão de calor em trabalho podem ser construídas (MOREIRA, 2017).

Na resposta de D7 quando afirma “*Gases capazes de prejudicar a saúde das pessoas e contaminar o meio ambiente*”, cita dois pontos de sua compreensão: a instabilidade da saúde humana e, o impacto ambiental, sendo consequências do excesso de gases poluentes.

Como também, na mesma perspectiva “*São gases danosos ao meio ambiente, que causam problemas como chuva ácida, efeito estufa e buraco na camada de ozônio*” (D5); o mesmo afirma que são prejudiciais ao meio ambiente e esclarece em como o ambiente é afetado, com os “desastres naturais”.

O gás não mencionado por D7, possivelmente é o gás dióxido de carbono (CO₂), que de acordo com o Jornal BCC News (2019) nos dados do Global Carbon Atlas, é o poluente mais prejudicial ao efeito estufa, derivado de sua alta concentração na atmosfera, esses estudos apresentam o ranking de países que mais emitem CO₂, e o Brasil encontra-se na 14ª posição deste ranking de poluição. Entretanto, devido a pandemia da COVID-19 em 2020 foi possível observar uma diminuição da concentração de emissores poluentes que é consequência da diminuição da atividade econômica, cancelamento de voos e menor

circulação de carros mundialmente (CARBINATTO, 2020). Porém, com a retomada das atividades normais as concentrações de poluição tendem a aumentar.

Na resposta de D20 é identificado uma preocupação com o ciclo biogeoquímico quando diz que os gases poluentes “*São partículas que podem atraparlar a inversão térmica ou pode causar uma mudança no ciclo natural no meio ambiente*” (D20), essa fala encaixa perfeitamente nas pontuações de Rocha, Rosa e Cardoso (2009) sobre o ser humano realizar uma interferência descontrolada na composição da atmosfera, sem conhecer as consequências disso, como explicitadas a seguir.

Como os processos de emissão, a transformação e a saída da atmosfera envolvem reações químicas ou mudanças de fase passando pelos vários ecossistemas terrestres, envolvendo inclusive os seres vivos. Essa sequência de transformações é conhecida como ciclo biogeoquímico (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009, p.99).

Dos ciclos biogeoquímicos mais explorados estão o de; carbono, água, nitrogênio e enxofre; ainda Rocha, Rosa e Cardoso (2009) destacam que é preciso que a concentração de poluentes seja maior que o número natural da substância encontrada no ecossistema.

Entre os 20 respondentes do pré-questionário, apenas 1 discente respondeu de acordo com o critério parcial: “*Gás de carro e outros*” (D1), sendo uma resposta superficial, pode-se dizer que é uma perspectiva no modo verbal, que “consiste da descrição das entidades e dos relacionamentos entre elas no modelo, ele pode também ser constituído de metáforas e analogias nas quais o modelo se baseia” (JUSTI, 2010, p. 2014), porém justifica-se que D1 foi o discente que não estudou o conceito de propriedades dos gases ainda. Logo, mesmo sem saber sobre o tema, o mesmo procura meios de expor o que sabe e utiliza do modo verbal para explicar o que vê no seu cotidiano.

E por fim, apenas 1 discente respondeu como critério insatisfatório e pode ser analisado na frase “*São partículas sólidas que resultam das atividades humanas e de fenômenos naturais dispersos no atmosférico*”(D12), o discente aqui, afirma que os gases poluentes possui composição sólida, mas como mencionado a composição dos gases trata-se de moléculas em estado gasoso, entretanto o que não é mencionado pelo discente, é que na composição atmosférica pode-se ter partículas sólida.

Para pergunta 3 do pré-questionário “*Considerando a resposta da questão 2, onde podemos encontrar esses gases poluentes?*”, houveram 19 discentes com respostas satisfatórias de acordo com o quadro 3 de critérios e justificativas, “*em automóveis (combustível); industrias*”(D2) ou “*na queima industrial de combustíveis fósseis com o carvão mineral e o óleo diesel*” (D16), percebe-se que esses discentes possuem a

compreensão que os gases poluentes são derivados da queima de combustíveis fósseis através de máquinas térmicas, como também na resposta a seguir em que o aluno destaca que “os poluentes podem ser liberados em qualquer local do planeta, causando um prejuízo a camada de ozônio” (D8), abordando o efeito dos gases poluentes no meio ambiente.

D14, diz: “em sua maioria, nos centros urbanos e em locais onde se localizam indústrias de pequeno, médio e grande porte, nos espaços urbanos em função da grande quantidade de veículos emitindo gases poluentes e nas indústrias por causa da produção”; o interessante é que nenhuma das respostas mencionam a revolução industrial, que foi o início da grande escala de gases poluentes despejados no meio ambiente, porém é identificado um discurso interno com efeito exponencial de poluição com centros urbanos, indústrias e espaços urbanos apresentando que todos possuem uma parcela de culpabilidade.

No critério parcial, tem-se uma resposta dentre as 20 com a seguinte fala “Normalmente no ar e na camada da atmosfera” (D19), não se tem subsídio para argumentar a dimensão do que o discente compreende de fato, esta explicação pode se estender para a compreensão do efeito, impacto dos gases poluentes e a fonte de poluição, mas como escrita está vaga. E nenhuma resposta categorizada como insatisfatória.

Para a pergunta 4 do pré-questionário “A partir de seu conhecimento apresente substâncias gasosas emitidas pelos automóveis”, tem-se 15 discentes categorizados como satisfatório como é visto na expressão:

Entre muitas substâncias emitidas pelos automóveis, acho que tenho ciência são: Monóxido de carbono trata-se de um gás levemente inflamável, porém apresenta um alto nível de toxicidade. É um gás produzido pela queima de materiais ricos em carbono, como por exemplo, alguns derivados de petróleo. A outra substância gasosa emitida pelos automóveis é o metano, o que é obtido a partir da conjugação entre carbono e hidrogênio, embora não seja tão maléfica a saúde humana ele é um gás estufa, ou seja, o seu excesso na atmosfera acaba por contribuir para o aquecimento global e, portanto para o aumento da temperatura (D14).

De forma muito pontual D14 apresenta dois gases emitidos (CO e CH₄) que causam impacto na saúde humana e no meio ambiente, os estudos apontam que o CO₂ é um dos gases mais danosos para o aquecimento global. Todavia, estudos comprovam que os principais gases são CO₂ e CH₄ para o aumento do efeito estufa (OECD, 2014).

No mesmo ponto de vista, “CO, NO_x, HC, CH₄, CHO, MP...” (D19), indica os gases poluentes no modo simbólico da química, entretanto, não houveram identificações de discussão no modo submicroscópico. Não houveram respostas categorizadas como parcial ou insatisfatória. Não houve respostas parciais e houve 5 respostas insatisfatórias, com quando presente a queima de combustível como se fosse os gases poluentes pelos discentes como, “a

queima de gasolina, etanol ou diesel, liberam gases poluentes” (D15), a forma como são representados apresenta uma compreensão equivocada sobre o que são gases poluentes e o combustível. macroscópica, no sentido da percepção do estudante no que vê e como é discutido no seu cotidiano,

A questão 5 “*A partir de seus conhecimentos explique como funciona uma máquina térmica e o combustível utilizado para seu funcionamento*”, de acordo com o quadro 5, houve 13 discentes que responderam satisfatoriamente, como é visto em D8:

D8: As máquinas funcionam através de uma troca entre energia térmica para a mecânica (que podia ser por vapor da água, ou a queima dos gases durante a combustão) e essa combustão gerava energia, e a energia além de ser passada para o gás fazia com que sua temperatura baixasse, pois a energia e trabalho não dependem da temperatura (agitação das moléculas), mas sim a quantidade de calor (energia em trânsito).

De imediato, observa-se que o estudante possui uma visão macroscópica em relação a fonte de energia térmica que gera trabalho mecânico e justifica o desempenho através do modo submicroscópico, com o trabalho mecânico que depende da quantidade calor (energia em movimento). Embora , seja apenas uma introdução do fundamento submicroscópico que não houve aprofundamento pelo estudante em sua resposta, mas identifica que há uma habilidade sendo desenvolvida, mediante seu o posicionamento no modo explorado.

Em contrapartida, tem a seguinte compreensão, “*No carro funciona assim: Tem uma velhinha dentro do motor, que risca e promove um fogo, que queima a gasolina*” (D1), com um ponto de vista totalmente no modo macroscópico, pois explana como acontece o funcionamento no modo visual, mas que, ao mesmo tempo explicou muito bem como ocorre. Entretanto, em sua resposta não há espaço de afirmação, para que se discuta a compreensão do discente. Também teve uma explicação do funcionamento da máquina térmica através de uma analogia:

D20: Máquinas térmicas utilizam o vapor para o seu funcionamento, normalmente é uma caldeira bem vedada com água dentro (como uma panela de pressão), com a queima do carvão. Com o calor do fogo (queima do carvão), há um aumento da pressão dentro da panela (aquecimento da água) isso forma uma energia suficiente para mover um trem.

Observa-se que apesar de utilizar uma analogia o mesmo além de apresentar uma visão macroscópica como D1 fez, relata que “*há um aumento da pressão dentro da panela*” identificando o modo submicroscópico, mencionando o calor (transição de energia) e a expansão de pressão realizando o trabalho mecânico. Essa resposta é a que mais se aproxima da explicação da lei isocórica para o funcionamento da máquina térmica, em que o volume é constante, a pressão e temperatura são proporcionais.

Na categoria parcial houve 2 respostas de estudantes, explicando que a máquina térmica *“Funciona através da queima do combustível que é transformado em energia”* (D17), o discente não explica qual energia é transformada, apenas cita a queima de combustível e geração de energia, por isso considera-se a resposta parcial. Assim como, *“a máquina térmica funciona através da variação da temperatura fria a quente durante o processo (apenas sei informar isso)”* (D19), explica que existe a variação de energia, entretanto não menciona de onde vem essa energia, e o que essa energia é capaz de fazer.

Por fim, 5 discentes responderam de forma insatisfatória, por não apresentar a compreensão acerca do funcionamento *“não entendo”* (D15), *“não sei como funciona”* (D5). Ou, por conter erros conceituais em suas respostas, como em *“funciona na transformação de energia térmica em energia mecânica. O combustível gera energia que é transferida para o gás. Esse gás realiza trabalho enquanto sua temperatura diminui”* (D13), a explicação sobre a transformação de energia está totalmente correta, entretanto quando diz *“sua temperatura diminui”*, a fala está equivocada porque a temperatura tende a aumentar para que haja a produção de energia.

A pergunta 6, *“a partir de seus conhecimentos apresente quais são os gases produzidos por uma máquina térmica e que são dispersos na atmosfera?”*, categorizou-se 4 respostas satisfatórias de acordo com o quadro 6, em vista disso:

Os compostos gasosos lançados na atmosfera e que são produzidos por máquinas térmicas são: hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, óxido de nitrogênio, Pirenoepoxidol, e outros formados pelo benzo que podem causar câncer no pulmão. (D14).

D14, afirma que os gases são lançados na atmosfera derivados de máquinas térmicas, identifica gases pouco discutidos popularmente, quando se trata de poluição através de máquinas, e informa qual doença será desenvolvida ao ser exposta ao gás. D13 diz, *“gás carbônico referente ao aquecimento global”*, pontuando o gás CO₂, o mais conhecido dos gases poluentes e apresentando um problema ambiental, decorrente.

Houve 4 respostas no critério parcial, descritas em: *“monóxido de carbono”* (D1) e (D9); *“Monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio”* (D5) e *“Gás carbônico”* (D18), os estudantes apenas informam qual o gás poluente é produzido por um máquina térmica de acordo com sua compreensão, sem mencionar relações de impactos ambientais ou como afeta a saúde dos humanos.

Por fim, de forma insatisfatória houve 13 explicações, e dentre elas há 9 estudantes que alegam *“não sei responder”* (D10); *“Ainda não tenho conhecimento sobre esse assunto”*

(D11) e “*não conheço*” (D19). Os demais explicam de maneira incompreensível ou concepção com definições trocadas, como ilustrado pela resposta de D4 a seguir.

D4: *Máquinas térmicas são dispositivos que, convertem parcialmente energia térmica e química contidas em suas substâncias, tais como gases aquecidos, vapor de água ou gasolina, em trabalho. Exemplo: todos os tipos motores de combustão interna e as máquinas movidas a vapor.*

Então, D4 inverte a localização de respostas referente à pergunta e quando tenta explicar sobre quais são os gases produzidos, não menciona o que são os gases aquecidos.

Na sétima pergunta “*Em sua concepção, o funcionamento das máquinas térmicas pode agredir o meio ambiente? Se sim, por quê?*”, obteve-se 17 respostas categorizadas como satisfatórias de acordo com o quadro 7, uma das respostas que chamou atenção é a seguinte:

Sim. Por causa da emissão de gases poluentes vindos de indústrias que utilizam ou utilizaram máquinas térmicas. Principalmente durante a revolução industrial, momento em que o homem perdeu a consciência em relação à poluição da atmosfera, sendo o motivo dá crescente poluição principalmente nas áreas urbanas (D14).

O termo revolução industrial não havia sido mencionado pelos discentes, até o momento, a menção revela a compreensão do discente do início das máquinas térmicas e a poluição atmosférica, justificando-se com o contexto sócio histórico de um início conturbado de uma revolução sem preocupações ambientais. As demais respostas estão representadas nas seguintes frases “*sim, porque pode prejudicar o meio ambiente e as plantações*” (D3); “*sim, porque são movidas a combustíveis fósseis que causa vários danos ao meio ambiente*” (D12) e “*sim, por causa da queima do carvão*” (D20), analisando o reconhecimento que devido à queima de combustíveis fósseis, há liberação de gases causando diversos danos socioambientais.

No critério parcial foram classificados 2 discentes, que relataram: “*nem tanto*” (D16) ou “*depende do olhar de cada um como ser humano, minha opinião seria que tem seus pontos negativos e também pontos positivos*” (D19), mas não aprofundam os seus pontos de vistas. As máquinas térmicas geram muita poluição atmosférica sendo um ponto negativo e que ao mesmo tempo “precisamos” destas máquinas em diversas situações do cotidiano, sendo um ponto positivo a facilidade que nos dá. Porém, será que os pontos positivos sobressaem acerca dos negativos, a ponto de não nos preocupar todo o impacto ambiental e danos a saúde humana?

Por fim, tem-se uma única resposta categorizada como insatisfatória por apresentar o conceito de modo errôneo, na seguinte frase “*Não, porque máquinas são a vapor*” (D18), além da afirmação que não há agressão ao meio ambiente de maneira nenhuma, o estudante justifica em sua explicação que, pelo fato das máquinas serem a vapor, as mesmas não geram poluição.

5.2 SEGUNDA ETAPA: Discussão acerca de máquinas térmicas

A segunda etapa da aplicação é referente ao 2º momento da discussão sobre o funcionamento e impacto ambiental das máquinas térmicas, junto ao 3º momento com a leitura do texto de apoio de Santos (2016), no ANEXO 1 e por fim, o 4º momento com a experimentação demonstrativa do “*Motor de vapor caseiro*”.

Observou-se que, o ensino de maneira remota acentua as características daqueles discentes que se apresentam de forma tímida, relutando a apresentar-se por vídeo ou apenas expressar-se por voz, sendo muito mais complexo trazer o discente para a discussão. Sabendo que haviam situações de timidez pelos discentes, tentou-se proporcionar um ambiente agradável e de conhecimento.

De início quando se perguntou sobre “*Como funciona uma máquina a vapor? Com as palavras de vocês*”. Obteve-se o seguinte diálogo:

D12- Vapor

Mediadora- Mas, sabe como acontece essa troca de vapor?

D12- Pode ser pela, como que eu falo, quando a gente bota a água dentro da máquina e vira vapor, pode ser assim também, creio eu.

Mediadora- Sim, sim, alguém pra ajudar D12?

D9- Sim, eu

Mediadora - Sim?

D9- É como uma panela e você a coloca no fogo, ela tá com água só que ela, hã, tem um espaço maior. No vídeo que a senhora mandou a gente assistir, lá tá mais fechado e como lá é mais comprimido, eu acho que vapor funciona de uma maneira mais eficiente.

Verifica-se que os discentes de imediato não relatam sobre o funcionamento da máquina térmica como fizeram no pré-questionário, revelando e constatando certa timidez ou também que a função de pré-questionário de sondar o que os discentes compreendiam, não foi efetivado com tanto êxito, se caso os discentes realizaram uma pesquisa prévia na internet,

entretanto, uma pesquisa antecipada sobre a temática auxiliou para identificar sobre o que seria a aplicação, o que é totalmente válido.

A menção de D12 sobre vapor quando D9 explica o funcionamento, cita o vídeo da experimentação demonstrativa “*Motor de vapor caseiro*”, o qual estava disponibilizado no Google Classroom, mas quando solicitado para explicar, ele não o faz.

Em seguida, houve a leitura do texto de apoio (ANEXO 1) que foi disponibilizado em PDF e Power Point, através do Google Classroom, e obteve-se o seguinte diálogo:

D9- tipo assim, eu não fico surpresa do Brasil ser um dos maiores, por quê gasta muito até, não poluir o meio ambiente, as empresas não ligam pra isso.

Mediadora- A questão do custo-benefício, realmente é mais fácil usar gasolina, petróleo, do que procurar outro tipo de matéria que sirva de combustível e que esse combustível não libere tantos poluentes para atmosfera, será que as empresas estão pensando nisso de querer ajudar?

D9- Sim

Mediadora- Eu não sei quem foi, mas alguém respondeu no pré-questionário sobre a troca de gases que são utilizados em embalagens de desodorantes. E realmente ao longo dos anos, houve uma troca do que era utilizado, acho que o CFC.

D8- É o gás CFC

Mediadora- Pronto, CFC. E foi trocado por outro.

D8- Foi até trocado pelo CFC e pelo HFC, porque nem tanto continha muito cloro e os hidroclorofluor carboneto, porque nem todos os H foram substituídos por cloro e os hidrofluor ... por não conter cloro. Eles foram substituídos pelo CFC por ser muito prejudicial à saúde humana e como a senhora disse, incidem ao efeito estufa.

Mediadora- Pronto, a troca foi justamente essa, há dados de que durante esses quatro meses de pandemia, devido à diminuição do fluxo de automóveis e indústrias, aparentemente houve uma diminuição do impacto ambiental.

D8- Em Veneza aconteceu algo parecido, a água estava bem mais clara e até peixe tinham.

O estudante D9 não demonstra espanto com os dados apresentados no texto de apoio acerca da emissão e revela que a troca de combustíveis acontece pelas empresas que, como não tem um custo-benefício favorável, preferem comprometer o meio ambiente,

Em seguida, D8 manifesta sobre a troca da composição dos gases do aerossol e motores de refrigeração, e também mencionado na etapa 1, a nova composição HFC de fato diminuiu o impacto à camada de ozônio, mas reage com a composição de outros gases, afetando assim o aumento da temperatura global. Adiante, é identificada na fala de D8 a mudança de poluentes derivado do isolamento social, como se observa na imagem 1.

A diminuição de geração de poluentes é algo notável, mas quando o ritmo das cidades voltarem ao normal os valores de emissões de gases podem dobrar (FERRAZ, 2020). Na pergunta “*Quais atitudes referentes a diminuição de poluentes vocês tomariam, se pudessem fazer qualquer coisa?*”, ainda referente ao texto de apoio e quais atitudes os discentes tomariam, tem-se:

D1- O problema que tem muitas

Mediadora- A verdade é que tem muitos combustíveis.

D5- não

Mediadora- Trocar tal combustível por outro que irá afetar menos. Como fizeram com os desodorantes

D9- Creio que, que com gases menos afetantes para o meio ambiente, sabe, não esse gás da gasolina que causam o diesel, que tem todos dentre deles.

D8- Eu acredito que no meu caso, eu tentaria promover uma mensagem, para as pessoas utilizarem mais bicicletas e essas coisas, não seria a solução do mundo, neh. Pra acabar com esses poluentes, mas eu acho que já seria um caminho, tipo, tem uma cidade em Buenos Aires ou na Bolívia que eles nos fins de semana, eles deixam meio que bloqueados para os carros passarem e eles ficam apenas transitando de bicicleta. Que além de gerar uma condição de vida mais estável, melhor, onde o individuo tem uma saúde não tão vulnerável, não agrediria tanto o meio ambiente.

Mediadora- Incrível queria que todas as cidades fizessem isso

D12- Isso

D1- Muito bom isso

D9 – (emoji de palmas no chat do Google Meet)

D8- Queria uma cidade assim também.

D1- Eu tentaria encontrar outros gases e diminuir o número de automóveis no mundo.

D9- as máquinas a vapor seria algo mais eficiente?

Mediadora- As máquinas a vapor, foi o inicio de tudo neh, vai depender justamente do combustível utilizado.

D12- Eu acho que elas são os principais problemas por ser mais barata no seu funcionamento. Eles não querem perder, mas sim ganhar.

É possível observar diferentes tomadas de atitudes pelos discentes, D1 expressa que há muito combustíveis, entretanto não menciona se são fontes de poluição ou de menor agressão ao meio ambiente. Quando D9 expõe sua posição relata que tentaria fazer a troca dos gases poluentes, entretanto não apresenta uma fonte de combustível ou matéria prima que poderia tornar essa ação concreta ou não menciona relatos de que alguém fez isso.

Diferentemente, do modo como D8 manifesta-se trazendo uma tomada de decisão de conscientização da população local, baseando sua ação em outras cidades que promoveram a locomoção através do uso de bicicletas, justificando que agridem menos o meio ambiente e auxilia na saúde dos cidadãos. Ao utilizar uma abordagem CTS tem-se o objetivo de “capacitar os alunos para a tomada de decisão e para uma ação social responsável” (RUBBA; WIESENMAYER, 1988 *apud* SANTOS; MORTIMER, p.97, 2001), como visto na fala de D8.

A cidade exposta por D9 é Buenos Aires e a mesma não está sozinha nesse percurso, pois a revista Época Negócios Online (2019), apresenta as seguintes cidades: Oslo, Buenos Aires, Londres, Seul, Madri, Beijing e Paris: que estão se organizando ou conseguiram programar, a diminuição do uso de automóveis, a ampliação de ciclovias e vias para pedestres, campanhas de incentivos e entre outras administrações para alcançar o objetivo. A

mudança de hábito tem o propósito de diminuir o impacto ambiental, baseando-se na justificativa do ser humano utilizar muito tempo no trânsito e na procura de estacionamento.

Em território brasileiro, cerca de 90% da população da cidade Afuá no Pará realizou a substituição de transportes por bicicletas e triciclos, sendo intitulada como Cidade do Pedal (Figura 7). O Jornal Online, São Paulo em 2019, relata que adaptação de veículo se deve ao fato de ser o primeiro município que é proibido por lei o uso de motocicletas e automóveis, devido à cidade ser edificada sobre plataformas de madeiras, para evitar inundações.

Figura 7: Cidade do Pedal, localizada em Afuá-PA.



Fonte: TV UOL (2017)⁸

Voltando ao diálogo, acerca da tomada de decisão pelos discentes, tem-se:

D9- as máquinas a vapor seria algo mais eficiente?

Mediadora- As máquinas a vapor, foi o inicio de tudo neh, vai depender justamente do combustível utilizado.

D12- Eu acho que elas são os principais problemas por ser mais barata no seu funcionamento. Eles não querem perder, mas sim ganhar.

Apresenta-se dificuldade na fala de D9 de compreender que as máquinas a vapor são poluentes por ser derivado do combustível manipulado, em contrapartida D12 relata que tal problema de poluição ambiental deve-se a uma relação de custo-benefício. A fala de D12 encaixa-se, na discussão que Santos e Mortimer (2001) apresenta ao diferenciar problemas concretos dos escolares, pois o “problema concreto do cidadão é feito a partir de uma questão não completamente definida, cujo resultado pode encerrar alternativas múltiplas e cuja solução é tomada sob o foco multidisciplinar, por meio de discussões, sendo avaliada pela análise de custos/benefícios” (HEIKKINEN, 1987 *apud* SANTOS; MORTIMER, p.101,

⁸ Disponível em: <https://tvuol.uol.com.br/video/sobre-palafitas-no-para-cidade-do-pedal-usa-bike-ate-como-ambulancia-04020E9C3760D8896326> . Acesso em: 22.10.2020

2001) ao contrário do problema escolar que é objetivo. Sendo assim, ao relacionar o custo-benefício o discente compreende que a situação é complexa, não há uma resposta correta, há várias alternativas de solucionar, mas que primordialmente é preciso analisar o custo-benefício do problema concreto para realizar a tomada de decisão.

O 4º momento consistiu na compreensão dos discentes através da discussão realizada em grupo acerca das máquinas térmicas e a experimentação demonstrativa, a partir do questionário 3. A primeira pergunta do questionário 3 foi, “*Como funciona uma máquina térmica?*” e a análise foi estruturada de acordo com o quadro 8. Sendo assim, nenhuma resposta esteve enquadrada no critério satisfatório, pois as explicações não abrangeram as relações de transformação de energia que acontecem no desempenho da máquina térmica, sem identificar o aumento de temperatura, expansão do gás e os gases que são emitidos no meio ambiente.

Entretanto, observou-se que 11 discentes posicionaram-se de acordo a categoria parcial, em que identificam apenas uma variável do funcionamento da máquina, entre essas respostas tem-se “*Movidas a vapor, ou melhor, pela água dentro de si, assim gerando o vapor a funcionar*” (D12) ou “*Movidas a vapor*” (D4), os discentes apresentam que a máquina funciona devido ao vapor, porém não explicam o combustível para gerar o vapor e a movimentação através do vapor.

Nessa mesma perspectiva, “*é meio que uma fonte de calor quente que faz com que a máquina térmica trabalhe*” (D7) ou “*Máquinas térmicas são máquinas capazes de converter calor em trabalho*” (D4) como também, “*Funcionam através da transformação de energia*” todas as explicações não estão erradas, porém estão incompletas com base nas categorias de análises desenvolvidas, pois, a transformação de energia é uma resposta esperada e imediata, mas como a discussão sobre máquinas térmicas foi além destes termos, espera-se que para ser completa o discente deveria mencionar como ocorre a transformação no nível macroscópico ou submicroscópico.

Por fim, as respostas que mencionaram o calor como o meio do funcionamento da máquina térmica, “*funcionam através de calor*” (D2), o mesmo não explana como se efetua esse calor e o vapor envolvido, e “*Como na experimentação, ao aquecer a latinha ela fez girar o cata-vento, gerando atividades, transmissão de calor*” (D8), o único discente que descreveu o que ocorreu na experimentação demonstrativa, D8 apresenta uma visão macroscópica da experimentação demonstrativa no modo visual (JUSTI, 2010).

Apenas, uma questão é identificada no critério insatisfatório, devido a seguinte fala: “*É colocado água dentro dela, gera o fogo e ai vem o funcionamento dela*” (D1), o estudante

apresenta seu diálogo com uma visão simplista acerca da ciência, parecendo até “mágica”; não explica o funcionamento, e não descreve através algum modo mental.

Para a pergunta 2 “*Qual o combustível utilizado em uma máquina térmica?*”, categorizada de acordo com o quadro 9, apenas sete discentes responderam de forma satisfatória. Em que 5 discentes alegam que o combustível utilizado é a *gasolina* e 3 discentes, complementam a resposta com “*O combustível surge através da queima de combustíveis fósseis*” (D9) e “*Pode ser utilizados diversos combustíveis, por exemplo, álcool, diesel. Também pode ser utilizado o vapor para gerar energia*” (D5), logo é possível identificar que os discentes compreendem que há outros combustíveis, como também explicam a origem do combustível.

Para o critério parcial não houve respostas, na categoria insatisfatórias teve-se 4, “*O funcionamento das máquinas térmicas baseia-se na transformação de energia térmica em energia mecânica*” (D4), sendo uma resposta coerente, porém D4 respondendo primeira pergunta do questionário no lugar da segunda pergunta. D7 não responde a pergunta; D8 em um caso particular diz, “*não sei se está certo, mas no caso da latinha seria energia a movimentação do calor?*”, não explanando qual é o combustível, mas sim uma pergunta, logo D8 está tentando criar relações entre a geração de energia e o experimento, tornando-se algo em potencial para ser discutido com todos os discentes. Por fim, “*Movidas a vapor, ou melhor, pela água dentro de si assim gerando o vapor funcionar*” (D12), nesse caso o discente apenas compreende que máquinas térmicas funcionam com o vapor da água, e que não houve nenhum combustível para ser queimado. Pois, a combustão é uma reação de uma substância (combustível) com o oxigênio (O₂) (comburente) presente na atmosfera, com liberação de energia. Levando a concluir, o não entendimento que o combustível é o álcool etílico ateadado para acontecer à combustão.

Para a pergunta 3 “*Quais são os gases produzidos por uma máquina térmica e que vão para atmosfera?*”, categorizadas de acordo com o quadro 10, não houve respostas satisfatórias, pois não houve explicações sobre o combustível fóssil utilizado gerar gases poluente e impacto ambiental. Pois, os discentes responderam de forma bem pontual sobre quais são os gases, como apresentado no critério parcial que houve 6 respostas, como “*Monóxido de carbono*” (D9) e “*CO₂ e CO*” (D12); apenas a identificação dos gases produzidos. E, não houve respostas insatisfatórias.

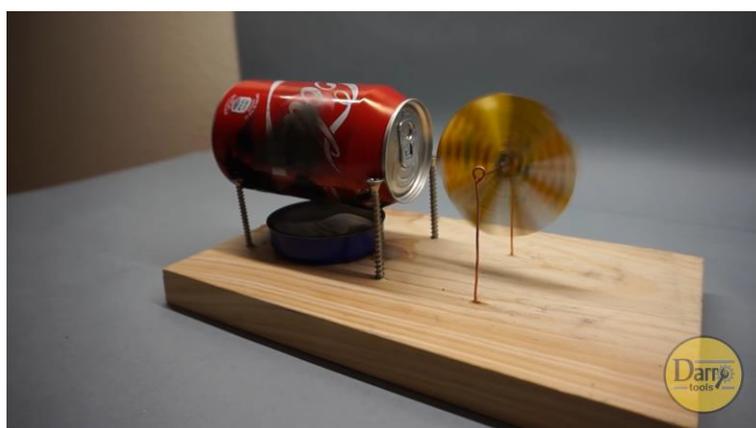
Para a quarta pergunta “*Na sua concepção, o funcionamento das máquinas térmicas podem agredir o meio ambiente? Se sim, por quê?*”, categorizada de acordo com o quadro 11, obtiveram-se 11 respostas no critério satisfatório, com as seguintes explicações; “*Podem sim,*

muitas empresas utilizam combustíveis que agridem muito o meio ambiente. Por serem mais baratos são mais utilizados” (D5), mesmo o discente não identificando quais são os combustíveis utilizados, consegue traçar uma linha tênue acerca do custo-benefício das máquinas térmicas, na mesma linha de raciocínio “São prejudiciais pela liberação dos seus gases, a substituição destes poluentes poderiam ser otimizar e priorizar a saúde e não a deterioração do ambiente por meio das máquinas” (D8), afirmando que os gases são prejudiciais e que a fonte de combustível deveria ser substituída, como também “Sim, pois a energia transmitida pela mesma é dispersa no meio ambiente”(D9), o estudante realça o que Rocha, Rosa e Cardos (2009, p.94) diz sobre “o ser humano interferir cada vez mais na composição atmosfera do planeta, sem conhecer suas consequências ou desprezando, em parte as conhecidas”.

Não houve respostas no critério parcial e apenas 1 resposta insatisfatória, com a seguinte explicação *“E o resto das perguntas eu tenho o mesmo pensamento que antes, eu consegui entender mais sobre o funcionamento” (D7), não se pode concluir com essa resposta sobre o que o discente de fato compreendeu, pois, o mesmo deixou duas questões sem respostas, e nas suas explicações acerca do funcionamento encontra-se apenas, “é meio que uma fonte de calor quente e outra de calor frio que faz com que a máquina trabalhe”, logo tal explicação não têm subsídio para entender o conhecimento construído de D7.*

Por fim, em específico a análise da experimentação demonstrativa, com a 5ª pergunta *“Quais são as propriedades dos gases envolvidas no sistema montado?”*, figura 8.

Figura 8: Máquina térmica



Fonte: Darry tools (2017)⁹

⁹ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jywA55Fie4Q> acesso em: 25.10.2020

A experimentação demonstrativa consiste nos materiais da figura 8 e teve o objetivo de explicar de maneira simples como funciona uma máquina térmica. Sabendo que, dentro da latinha contém H_2O , sendo um volume fixo e no recipiente abaixo da latinha tem álcool (combustível); quando adicionado uma fonte de calor no recipiente com álcool, a latinha é aquecida ocasionando o aumento da temperatura, logo as moléculas do líquido aumentam o grau de agitação delas e começam a se chocarem, devido a isso há um aumento de pressão dentro do recipiente, ocasionando na liberação do gás CO_2 através do furo da lata e movimentado o cata-vento, gerando assim energia.

Então, a quinta pergunta foi categorizada de acordo com o quadro 12, de 13 respostas, houve apenas 1 resposta de forma satisfatória, como “As propriedades envolvidas são a expansibilidade, pressão, temperatura. No vídeo através do aumento de temperatura a água muda de estado físico e através do vapor ocorre o funcionamento da máquina” (D5). É possível analisar que de acordo com as competências do PCN explícitas no quadro 12, D1 consegue identificar o fenômeno diante da experimentação demonstrativa e mantém relações das variáveis envolvidas, como a influência delas para o funcionamento da máquina térmica, e as transformações que ocorreram.

No critério parcial tiveram 11 respostas, com justificativas pelas variáveis do estudo dos gases, como: “Acredito que seja algo relacionado a densidade ou pressão do ar, causada pelo vapor” (D1); ou “Temperatura, densidade, pressão e volume” (D6) como também, “como vimos no vídeo são movidos pelos gases de temperatura, volume, densidade e pressão” (D12). De forma mais esboçada, tem-se:

D4: As propriedades dos gases são variáveis, ou seja, por haver determinados e específicos espaços entre seus constituintes (que podem aumentar ou diminuir) o volume, a densidade, a pressão, a viscosidade podem ser alterados. E, é dessa grande inconstância dos gases que se deriva o estudo dos gases.

É contemplado nesta fala de D4 que o mesmo, sente a necessidade de explicar a estrutura molecular dos gases de forma abrangente para justificar a sua fala, pois para analisar os gases e sua manipulação é preciso, averiguar a composição molecular dos gases, a distância entre as moléculas, a pouca força de atração e o movimento desordenado. E por fim, dois discentes responderam de forma insatisfatória, como é visto a seguir “As propriedades são relacionadas às variáveis: Pressão (p), volume (v) e temperatura (t). Com a compressão, que pode expandir para mais ou para menos, na experiência da latinha vimos que o ar dentro da latinha se comprimiu” (D8). Então, até o primeiro ponto D8 consegue identificar quais são as propriedades, entretanto quando relaciona ao experimento o mesmo pode ter confundido os conceitos quando cita compressão e a expansão, porém a categoria de insatisfação não é

justificada por essa confusão entre os termos, mas sim ao relacionar o experimento da latinha dizendo que houve compressão, quando na verdade houve uma expansão, sendo considerado um erro conceitual.

E por fim mais uma vez, a distorção entre os termos, em D9:

D9: Como diz que nas propriedades dos gases tem alta compressibilidade e expansibilidade, no vídeo a compressibilidade ajuda para o funcionamento a vapor da máquina, onde a expansibilidade está ligado também, ao vapor na agitação que há dentro do recipiente para o funcionamento da máquina.

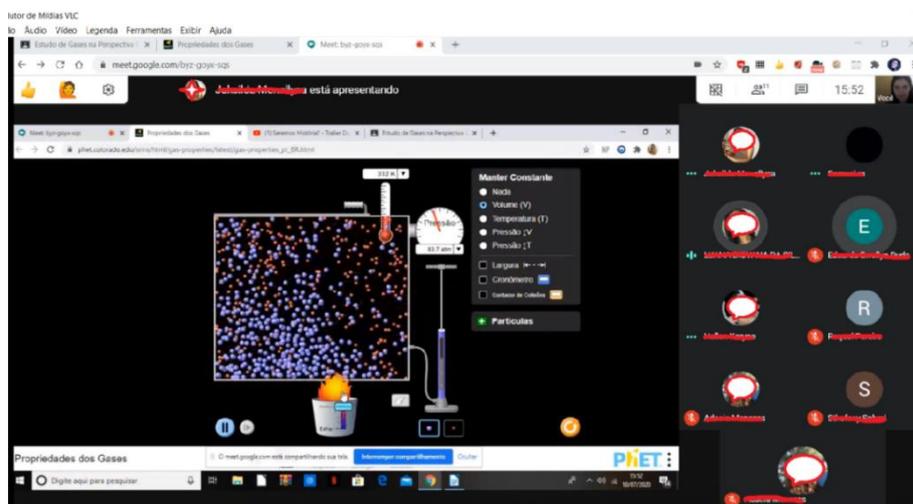
Os discentes apenas utilizam o termo compressibilidade e expansibilidade, mas não fazem relações entre si. Embora que, o estudo das propriedades dos gases tenha diversas variáveis não quer dizer que todas elas devam estar envolvidas para explicar um conceito ou fenômeno, de uma única vez, e foi isto que os estudantes tentaram realizar ao utilizar os dois termos que são antagônicos para uma explicação objetiva.

5.3 TERCEIRA ETAPA: Discussão com uso da simulação do PhET

O segundo dia da aplicação da SD iniciou-se com a terceira etapa, tendo a apresentação do conteúdo do estudo das propriedades dos gases (ANEXO 2), em seguida utilizou-se a simulação “Propriedades dos Gases” do site PhET Colorado e para a coleta de dados o questionário 4.

Então, a partir da questão “Tente relacionar o que você observou no experimento reproduzindo na simulação”, os discentes tiveram que manipular as variáveis que a simulação oferece e estabelecer relações entre a TIC utilizada e o que tinha sido discutido sobre máquinas térmicas. Na figura 9 a seguir, tem-se a sala do Google Classroom, no qual a discente D8 explica como realizou o manuseio para os demais alunos.

Figura 9: Registro imagético da explicação de D8.



Fonte: Dados da pesquisa

Desse modo, dos 10 estudantes que participaram no segundo dia, apenas quatro atingiram critério estabelecido no quadro 12 de forma satisfatória, sendo possível analisar na seguinte resposta, que relaciona o PhET Colorado e a experimentação demonstrativa:

D1: O de ontem, comparado ao de hoje, tem bastante semelhança, pois tinha suas moléculas dentro, e quando foi adicionada temperatura sua pressão aumentou, em uma caixa abriu, e no outro aconteceu do gás sair, e dar ar para o negociinho girar. A semelhança entre eles é, que quando se adiciona temperatura eles mudam, seja de pressão.

Lembrando, que D1 não havia estudado sobre o conceito de propriedades dos gases, logo a construção da fala dele é importante para o estudo. Então, D1 apresenta suas relações com o termo “de ontem” para se remeter a experimentação demonstrativa da construção da máquina térmica, e em suas relações é identificada a noção de volume constante, embora o termo não seja especificado, devido ao localizar o volume em ambos os experimentos com “*pois tinha suas moléculas dentro*” (D1), porém não é detectada a relação proporcional entre temperatura e pressão, apenas há uma variação de temperatura. Nessa mesma perspectiva, D5 consegue relacionar de forma sucinta:

D5: Podemos perceber que nos dois experimento as propriedades que variam nesses casos a temperatura e a pressão. No primeiro tinha um furo e quando a temperatura e a pressão aumentava o gás saia do recipiente, já no segundo o recipiente está fechado, mas com o aumento da pressão a tampa explode.

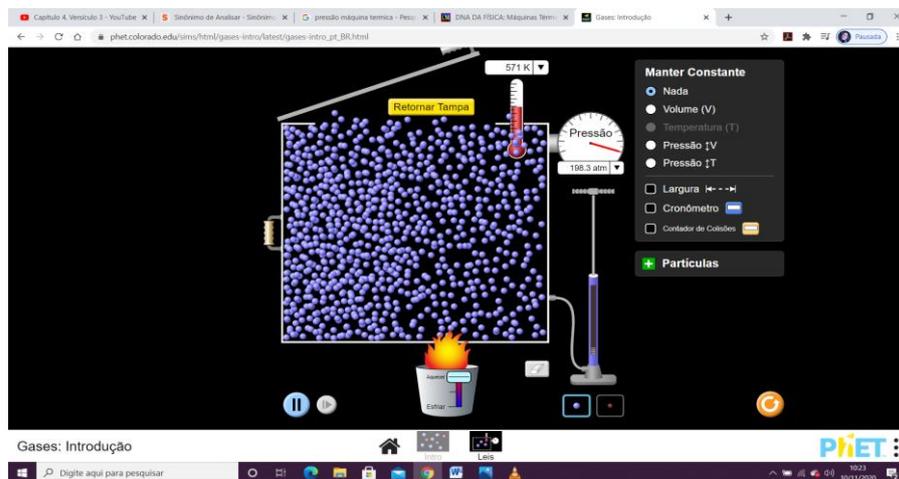
Logo, de início o discente identifica as relações entre temperatura e pressão proporcionalidade em ambos os experimentos e explana comportamento do volume em forma

de gás. Em sua resposta, D5 justifica-se em termos macroscópicos, pois a temperatura e pressão aumentam, o gás sai e a tampa explode, mesmo satisfazendo o objetivo lançado, o discente não menciona que o aumento da temperatura deve-se ao fato de uma fonte de calor, as moléculas agitaram-se, levando a uma maior pressão interior e como o recipiente não suporta a pressão exercida é preciso expelir o gás.

No critério parcial obteve-se 6 respostas de acordo com o quadro 13, em que os estudantes explicam a simulação do PhET, mas não fazem elos com a experimentação demonstrativa. Isto pode ser verificado com a seguinte fala “*quanto maior a temperatura, maior vai ser a agitação das moléculas e com isso fica mais fácil da caixa estourar*” (D7), mantendo a relação da agitação das moléculas e o aumento da temperatura, porém explica isso no sistema isolado da simulação, sem nos dar oportunidade de analisar a sua construção do conhecimento em relação as máquinas térmicas. De modo semelhante, é observado na fala “*Quanto maior for à temperatura, mais provável é de que a caixa estoure*” (D10), apresentando apenas uma variável (temperatura), porém não mantem relações com o experimento demonstrativo e a simulação. Por fim, não se identificou respostas com critérios insatisfatórios.

Na segunda questão, pediu-se que os discentes relatassem “O passo a passo do comportamento das moléculas que manipulou na simulação”. Deste modo, teve por objetivo que os discentes comparassem à simulação do PhET ao experimento, como apresentado na (figura 10).

Figura 10: Simulação de explosão da caixa no PhET Colorado



Fonte: PhET Interactive Simulations ¹⁰

Como não há apenas um meio de manipulação para alcançar o objetivo, houveram diversas respostas dos discentes como; *“as moléculas foram se agitando conforme a quantidade de calor adicionada, aumentando a pressão e explodindo a caixa”* (D11), do mesmo modo que ocorre na máquina a vapor; ainda na mesma linha de pensamento, *“através do calor adicionado”* (D6); *“as moléculas iam se agitando enquanto a quantidade de calor era adicionada”* (D10), logo os discentes utilizaram da variável temperatura para ocorrer à explosão. Em outra perspectiva, *“as moléculas foram sendo adicionada na caixa, a pressão foi aumentando e ao adicionar uma temperatura mais elevada às moléculas foram se agitando”* (D12), do modo como o discente explica que a pressão aumenta derivado do volume, a explosão acontece, porém não é derivada do volume de acordo com os padrões propostos. D1 apresenta a seguinte explicação *“adicionei as moléculas na caixa, e liguei o fogo, depois mudei as moléculas, e adicionei mais, até encher a caixa, e liguei o fogo novamente, e aí foi questão de segundos, para abrir a caixa”*, o discente utiliza o termo “ligar o fogo” e vez de adicionar calor, podendo ser derivado das “inúmeras palavras “científicas” que também são usadas em contextos cotidianos e, conseqüentemente, mostram vários significados que não os compatíveis com o ponto de vista científico” (ARAÚJO; MORTIMER, 2012, p.1), havendo relações de representação com a cozinha a representação em modo macroscópico.

Por fim, a terceira pergunta *“Explique com base nas propriedades dos gases as relações existentes entre o que foi realizado na simulação e o funcionamento da máquina térmica”*, para análise estruturou-se o quadro 14, e não houve respostas categorizadas como satisfatórias, mesmo havendo um esclarecimento acerca das propriedades dos gases e o modo simbólico, havia uma expectativa que os discentes identificassem o termo “lei isocórica”, apresentasse a simbologia da lei e o seu comportamento na máquina térmica.

No critério parcial houve seis respostas categorizadas e estão descritas a seguir; *“Com base na propriedade dos gases podemos perceber que quando aquecemos um sistema as moléculas do mesmo se agitam e através disto podemos ter a geração de algum tipo de energia”* (D5), não menciona o modo simbólico do conceito de propriedades dos gases para embasar a resposta, mas mantém a relação da adição de calor no sistema, o agitamento das

¹⁰ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gases-intro. Acesso em: 30.11.2020

moléculas e a energia gerada. No mesmo ponto de vista, D9 diz *“No experimento utilizei a temperatura e a pressão, isso ajudou para que ocasionasse uma compressibilidade das moléculas com mais facilidade”*, utilizou o termo compressibilidade para justificar a resposta, e indica a relação de variáveis temperatura e volume.

Por fim, houve quatro respostas consideradas insatisfatórias, de acordo com o quadro 13, associadas a erros conceituais, como em *“a variação de temperatura e volume, utilização da pressão como nas máquinas térmicas”* (D11), quando na verdade, não há variação de volume em ambos experimentos. Como também, na seguinte frase *“na simulação utilizei o volume entre as moléculas, a pressão e a variação entre elas, na máquina térmica acontece à mesma coisa”* (D12), na simulação possa ser que a caixa exploda manipulando volume e temperatura, mas no experimento essa relação não aconteceu.

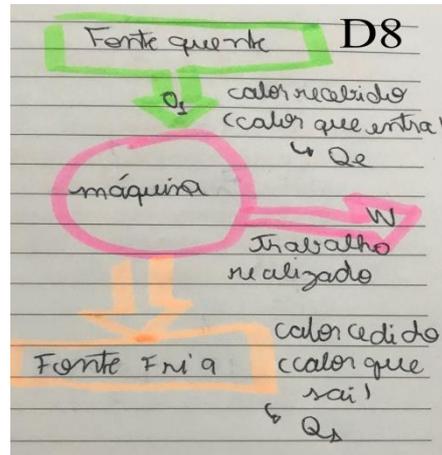
Embora que, a identificação de fórmulas e lei seja necessária, observou-se que de modo geral os discentes conseguem de forma eficaz explicar o fenômeno, relacionar ao conteúdo específico e compreender a CTS, mas não utilizam a expressão matemática. O receio dos estudantes de não utilizarem os termos matemáticos, pode derivar de uma discalculia, bloqueio de números desde a fase inicial dos estudos, ou que o modo como foi abordado o conceito na aplicação não lhe chamou atenção necessária.

5.4 QUARTA ETAPA- Análise das representações dos modelos mentais

A quarta etapa consistiu na análise dos modelos mentais, de acordo com o quinto momento da sequência didática, em que foi solicitado aos discentes *“Desenhe, como você imagina o funcionamento da máquina térmica considerando os aspectos microscópico e macroscópico do fenômeno, representando as substâncias gasosas presentes no mesmo”* (APÊNDICE E). Então, estruturaram-se os critérios e justificativas (quadro 15), identificando diversos modos mentais de acordo com os autores Johnson-Laird (1983), Johnstone (1982) e Justi (2010).

Observou-se a partir da análise das respostas dos discentes, que houve 4 representações da máquina térmica com aspectos do modelo cinemático de Johnson-Laird (1983), como apresentado na figura 11.

Figura 11: Fluxograma do modo cinemático baseado em Jonhson-Laird (1983).

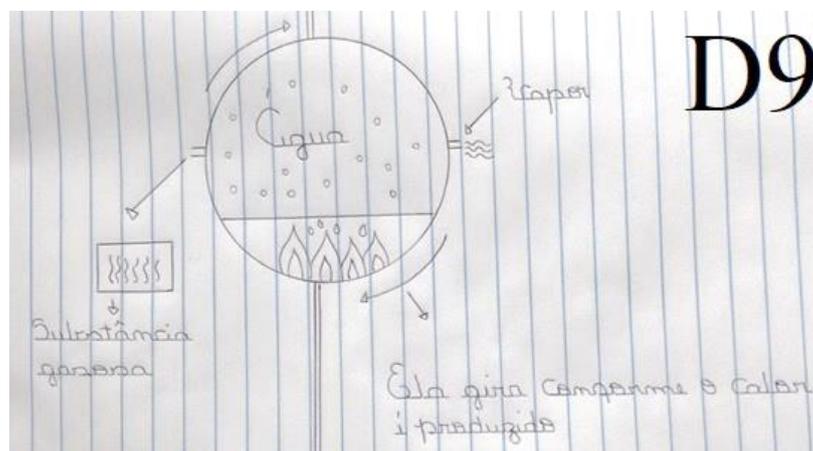


Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se que D8 utilizou setas para indicar a entrada da fonte quente e a saída da fonte fria, e aponta com a seta o trabalho realizado, proporcionando a ideia do movimento que a máquina térmica faz para gerar energia; então de acordo com Jonhson-Laird (1983) a proposta de D8 é caracterizada como modo cinemático por representar mudanças e movimentos sem haver uma descontinuidade temporal, logo, para a máquina térmica funcionar é preciso que realize o movimento da figura 11. Como também, a representação de D8 se enquadra no modo macroscópico de Johnstone (1982), por representar no modo como a máquina térmica é representada nos livros de química.

Ainda na análise do modelo cinemático, é possível identificar na representação de D9, a relação de movimento contínuo através do círculo, como visto na figura 12.

Figura 12: Representação no modelo cinemático Jonhson-Laird (1983).



Fonte: Dados da pesquisa.

Demonstrando aspectos importantes para que o funcionamento da máquina aconteça de forma eficaz, fazendo uso do modo submicroscópico (JOHNSTONE, 1982) representado as substâncias; gasosas, vapor, calor fornecido e água que está contida no recipiente para ocorrer o desempenho. Muitos discentes não possuem a consciência de introduzir os aspectos submicroscópicos em suas representações, dificultando a ideia da compreensão do fenômeno por falta dessa representação.

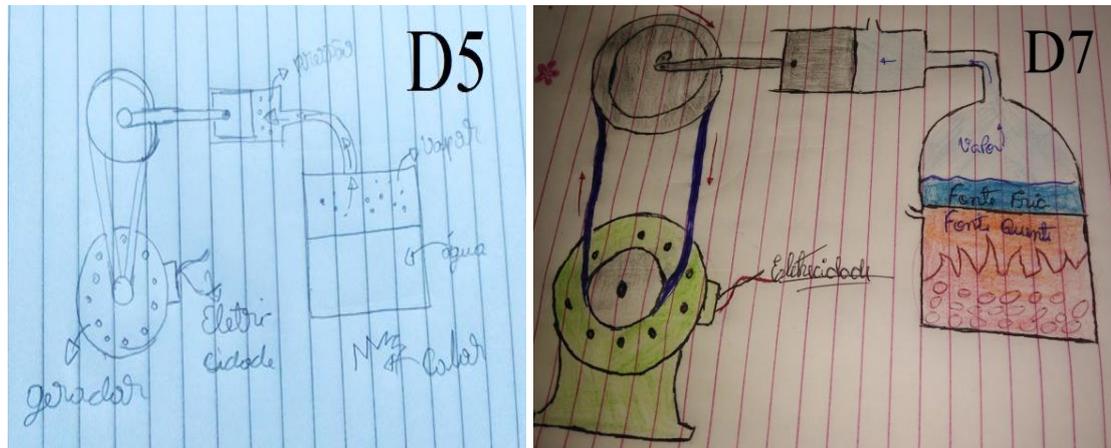
Quando perguntou-se a D9 como foi realizar um desenho explicando a máquina térmica, teve-se a seguinte fala:

D9: É muito difícil, eu pensei em alguma coisa pra você saber que estava funcionando, né?! Tivesse uma base. Não sei se você viu na imagem que tem uns fios segurando do lado e do outro uma bola em que ela girasse, pra saber se tá funcionando aquele experimento e dentro da bola, tem uma comporta com fogo e com água, como aquecedor. Ai, pra saber se estava funcionando tinha que ter uma base pra ela girar no caso.

Então, D9 apresenta que houve dificuldades, mas conseguiu explicar o funcionamento da máquina térmica, e sentiu a necessidade de analisar a veracidade do próprio modelo mental, que inclusive tem aspectos distintos de como foi apresentado na aplicação. A procura da veracidade de modelo assemelha-se muito a necessidade de comprovar a ciência utilizando equações, como fazem em muitas propostas didáticas, logo a construção do conhecimento do estudante é uma perspectiva distinta, devido à verificação do conhecimento através de um modelo mental.

Na representação dos alunos D5 e D7 é identificada uma descrição de acordo com Johnstone (1982) do modo macroscópico, do modo concreto (JUSTI, 2010) e a imagem (JHONHSON-LAIRD, 1983), sendo representações na forma tridimensional que explicam o fenômeno comparado ao objeto real, como visto na figura 13 a seguir.

Figura 13: Representação macroscópica do modelo mental de uma máquina térmica.



Fonte: Dados da pesquisa.

É observada, também a preocupação de D5 e D7 de desenhar o reservatório que contém água, a válvula para passar o fluido e cilindro, como também o gerador e a eletricidade. Entretanto, os discentes não representam a válvula de saída levando a compreensão errônea de que as máquinas térmicas são 100% eficiente, quando na verdade há liberação de fonte fria.

Quando perguntou-se aos discentes como foi para eles terem que representar o funcionamento da máquina térmica, houve a seguinte fala:

D5: só pensei em como é gerado a energia e fiz um desenho, basicamente. Como funciona um gerador e essas coisas.

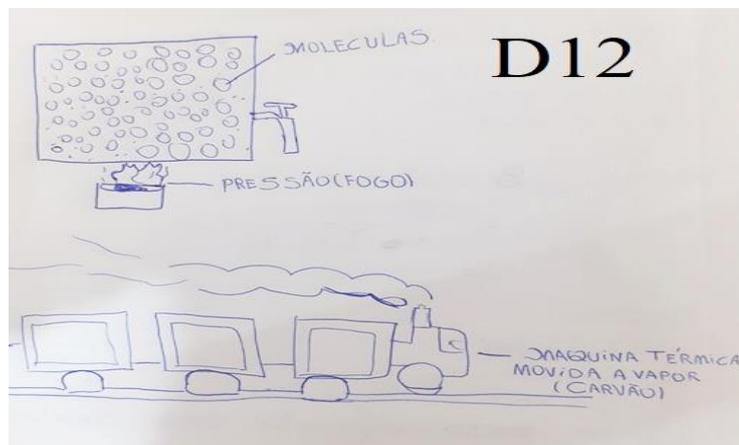
Mediadora: Você pensou na visão mais macroscópica ou microscópica, ou no geral?

D5: Pensei em colocar os dois, não sei se ficou certo.

As representações de D5 e D7 contêm a energia elétrica e como isso acontece através do funcionamento da máquina vapor, como também apresentam as variáveis que foram discutidas, logo se pode dizer que D5 (o discente que justificou o ponto de vista) teve a consciência de manter o elo entre o macroscópico e submicroscópico.

Na representação D12 (figura 14) acerca do funcionamento da máquina térmica, tem-se o modelo mental imagem (JHONSON-LAIRD, 1983) e o modo concreto (JUSTI, 2010), onde o objeto está sendo representado como na forma real e em 3D.

Figura 14: Modelo mental categorizado a partir das relações entre o triângulo de Jhonson-Laird (1983) e modo concreto de Justi (2010)



Fonte: Dados da pesquisa.

Há duas representações em D12, que embora façam parte de um todo ambas na forma como expressado não explicam qual a compreensão que o discente possui. Pois, a representação submicroscópica dita por Johnstone (1982) é apresentada, entretanto não possui significados ou relações da compreensão do discente. Diante disso, é visto que D12 tentou manipular o que foi discutido na etapa 4 com o PhET Colorado (*a caixa que teve a intenção de representar a máquina térmica*), no entanto, a fonte de calor que é descrita está associada à pressão, quando na verdade a fonte de calor faz com que as moléculas entrem em um grau de agitação maior e com isso o choque entre as moléculas, gerando pressão interna, essa mesma pressão impulsiona o vapor a escapar. Quando questionou-se D12 acerca da sua representação, obteve-se o seguinte diálogo:

Mediadora: D12 conta pra gente, como você se sentiu pra ter que colocar em um papel, algo que você nem sabia que estava pensando sobre, que é como funcionava uma máquina térmica?

D12: meio que, a primeira coisa que veio na minha mente foi se é microscópico tem que ter moléculas, então eu vou fazer um monte de bolinhas, para representar as moléculas e embaixo eu vou fazer o fogo, para dizer que essas moléculas estão agitadas. E depois, eu fiz como se fosse a bombinha, para ter uma representação de onde essas moléculas existiram. Ai, embaixo, eu fui e fiz o trem, porque ele é movido a carvão, então achei interessante fazer ele assim.

Após D12 explicar o seu modelo, a perspectiva é que a discente compreendeu o funcionamento, entretanto na representação não foi tão perceptível às relações. Algo que, chamou atenção foi o trem para representar a sua fonte de energia, o carvão, então a discussão de CTSA realizada no início da aplicação se faz presente em D12 com suas interpretações, mesmo que, não tenha explanado sobre poluente atmosférico, fica subtendido.

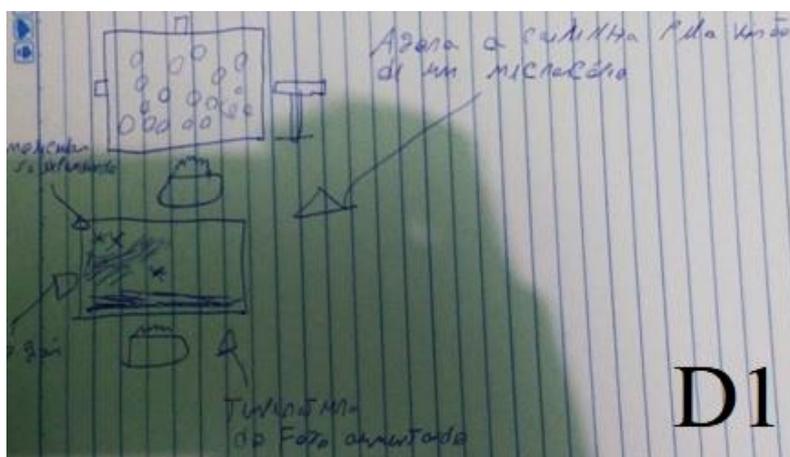
Por fim, D1 tenta representar o fenômeno (figura 15) no modo submicroscópico (JOHNSTONE, 1982), porém não consegue, mesmo identificando às moléculas, o gás e a temperatura, o modelo não estabelece relações para explicar o desempenho da máquina térmica, sendo apenas uma identificação de variáveis.

De modo geral, é possível afirmar que há necessidade pelos discentes de realizar modelos perfeitos, mesmo sendo explicado que a pretensão é analisar como o conhecimento foi construído. Então, quando perguntou-se ao discente como foi ter que desenhar o funcionamento da máquina térmica, D1 diz:

D1: Quando você falou pra fazer isso ai, já começou a vim um “moi” de coisa na minha cabeça, de como pensar. Ai, eu fiz primeiro o desenho como era no microscópico e depois tentei fazer na minha visão no microscópico, que seria lá a temperatura aumentando, o ar, o gás, as moléculas se mexendo lá dentro.

Observa-se, na figura 15 que o estudante quis realizar dois modelos mentais, com a tentativa de diferenciar a simulação do PhET Colorado e o modelo da sua mente, mesmo sabendo que, ambos se assemelham.

Figura 15: Representação do funcionamento da máquina térmica.



Fonte: Dados da pesquisa

Embora que, as variáveis envolvidas na máquina a vapor tenham sido discutidas no modo simbólico, macroscópico e submicroscópico, de modo geral é observado a preocupação dos discentes de não estarem fazendo a “forma correta” das representações. Como também, a necessidade deles de recorrerem ao navegador da internet em certos momentos, mesmo sabendo que a internet é uma ferramenta crucial, deve ser manipulada com reflexões e críticas, e ela que não substitui o contato para acompanhar a construção individual do discente, como questionamentos enquanto desenhavam gestos e expressões em tempo real, por exemplo.

5.5 QUINTA ETAPA: Questionário de validação.

O questionário de validação (APÊNDICE F) foi a última etapa da aplicação da sequência didática, a fim de identificar o que os alunos acharam sobre a atividade, destacando “O que mais chamou a atenção deles e como eles compreenderam a importância de se estudar este assunto”. Obteve-se diversas perspectivas e “revoltas” que os estudantes apresentaram em suas falas, como em D8:

Me chamou a atenção pelo fato de que vivemos em uma bolha capitalista, onde empresas anseiam ganhar mais e mais e não têm a consciência de que devemos criar um mundo mais sustentável, afinal, ele é o nosso lar (D8)

o estudante remete às grandes empresas como causadoras de maior parte do impacto ambiental, por outro lado D12 diz, “*me chamou bastante atenção, o fato de que não é apenas dinheiro envolvido, mas sim a política ou seja, se isso não mudar vamos continuar poluindo mais e mais. Afinal moramos em um planeta e não em volta de Política*”; o homem é político, logo todos acontecimentos envolvem questões políticas e geralmente estão envolvidas com grandes empresas, e por estarem unidas o impacto ambiental apenas cresce. Mas, ao mesmo tempo em que D8 e D12 estão indignadas, D traz um pouco de esperança e reflexão:

D1: O que mais me chamou a atenção foi o fato de que podemos mudar sim, mas as pessoas não querem, porque se todos nós fazemos nossa parte, conseguiríamos salvar o mundo, mas por egoísmo e não se preocupar tanto, acabamos ficando cegos, e não vendo a realidade, achei interessante todos os aspectos das aulas, gostei muito de aprender mais sobre o meio ambiente, sobre as moléculas, coisas que nunca tinha visto aprofundado antes.

Apesar de não ter o controle de manipular a política e as empresas de grandes portes que produzem poluentes atmosféricos para o meio ambiente, temos a possibilidade de analisar nossos próprios atos e tentar mudar individualmente, realizando tomadas de decisões consciente e coerentes.

Adicionando mais uma pauta na reflexão, D5 diz “*o que mais me chamou atenção é como utilizamos os gases para gerar energia, como funciona uma máquina térmica e os impactos da mesma no meio ambiente*”, pela descrição o estudante compreende que não tinha conhecimento acerca de como máquinas a vapores produzem energias e poluição ambiental.

A segunda pergunta do questionário de validação esteve em torno de “quais elementos das aulas os discentes acharam que foram mais importantes para aprendizagem e quais acharam que foram desnecessários”, diante disso D9 comenta:

Como você falou a aula foi uma troca de conhecimento, não mudaria nada, todas as minhas dúvidas foram esclarecidas, e tenho em mente que podemos mudar o mundo, o problema tem a solução só basta termos um ponto de iniciativa. O problema não só está no mundo, mas está nas pessoas que não tomam uma iniciativa, não devemos colocar problemas nas coisas, mas sim resolvê-las. (D9)

É possível analisar que D9 aborda a necessidade da tomada de decisões e não direciona a culpa apenas para órgãos políticos e empresas, mas se identifica dentro do problema, precisando encontrar soluções, a partir da aula que foi ministrada. Na mesma perspectiva, D8 explica que *“a aula foi como um todo, muito proveitosa, além de recordar conceitos fundamentais da química, me fizeram pensar mais no meio ambiente, e como pequenas coisas já podem ajudar a salva-lo”*, outro aluno D11 diz, *“a aula foi super necessária me fez lembrar os assuntos relacionados aos gases, além de ver que posso ajudar o meio ambiente com pequenas mudanças no meu dia a dia”*; então, além de compreender os danos ambientais decorrentes do uso de máquinas térmicas, D9 e D11 apontam entendimento do conhecimento específico da aplicação.

Por fim, D1 apresenta-se disposto a mudar alguns hábitos em sua vida em relação à poluição atmosférica:

D1: O fato de falar de algo relevante para nossa sociedade, o meio ambiente é algo muito importante, com certeza depois dessa aula, vou passar a valorizar mais, pois nós somos os próprios destruidores do mundo, ainda dá tempo de mudar, é só querermos. Acho que todos os pontos foram positivos, aprendi bastante sobre as moléculas e outros. Parabéns pela aula excelente.

Lembrando que, D1 foi o único discente que não havia estudado o conteúdo de propriedades dos gases, mas que apesar disso, conseguiu se posicionar muito bem em relação às questões CTS e a tomada de decisão.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da adaptação da sequência didática para o modo remoto e os discentes serem voluntários avulsos com certa timidez, conseguiu-se alcançar os objetivos traçados, que foi explorar uma abordagem CTS para promover o entendimento das propriedades dos gases na atmosfera e investigar como a experimentação de uma máquina térmica e a simulação das “Propriedades dos gases” por meio da simulação PhET, poderiam auxiliar na compreensão a nível atômico molecular e na tomada de decisões dos conceitos de propriedades dos gases.

Os discentes conseguiram desenvolver argumentos e ainda auxiliar o colega que ainda não havia tido contato com a problemática. Alguns discentes mostraram-se com mais maestria ao discutir sobre os aspectos sócio-histórico-ambiental da utilização de máquinas térmicas, outros apresentaram opiniões que pontuaram a tomada de decisão, o senso crítico, e a relação de custo-benefício, outros as trocas dos gases poluentes pelas empresas e a necessidade de atitudes individuais e coletivas

De modo geral, na primeira etapa com o pré-questionário houve respostas distintas e semelhantes, levando a compreender que alguns alunos realizaram pesquisas prévias então à ferramenta que tinha como objetivo entender o que os discentes sabiam do conteúdo, auxiliou para ser uma pesquisa de reconhecimento de qual conteúdo seria estudado. Na segunda etapa identificaram-se frases que procuravam manter relações e construção do conhecimento, do que explicações pontuais. Na Terceira etapa, alguns estudantes apresentaram dificuldades em explicar o funcionamento da máquina térmica utilizando o experimento e o PhET, apenas escolhendo uma rota para se expor, em contrapartida pontuam facilmente os elos no modo macroscópico utilizando CTSA e a tomada de decisão, enquanto no modo submicroscópico parece ser algo novo para descrever, mas conseguem representar; e o modo simbólico não foi representado de maneira alguma. A quarta etapa revelou a dificuldade dos discentes de realizarem modelos mentais e a necessidade de descrever modelos perfeitos, e que apesar do modo macroscópico ser a zona de conforto; os discentes realizaram diversos modelos mentais de acordo com a teoria de Jonhson-Laird (1983), Johstone (1982), Justi (2010), cerca do mesmo fenômeno. E por fim, a quinta etapa, a validação apresenta-se como uma reação dos discentes ao que foi construído até então.

Ao aplicar uma sequência didática por mais que se imagine quais pautas serão discutidas, sempre é possível se surpreender e ao utilizar a abordagem CTS e os recursos da simulação e experimentação PhET, com uma análise também voltada aos modos representativos é desafiador e necessário. A abordagem CTS é área ampla desta pesquisa que

engloba os demais recursos, e observou-se que a sequência didática sem a discussão que a abordagem apresenta, talvez não tivesse sido tão proveitosa, mesmo sabendo que todos os pontos de discussão que a CTS apresenta não foram alcançados, mas os dados que se obteve na pesquisa traduz a luz do conhecimento que é construído quando é discutida com os discentes, em nível de diálogo, de perspectivas diferentes, tomada de decisão, senso crítico, relação de custo-benefício, visão ambiental, etc.

No entanto, apenas a CTS não seria suficiente dentro da análise baseada nos modos representativos, pois se tinha a necessidade de perpassar pelos três modos (simbólico, macroscópico, submicroscópico), então os recursos como a experimentação adentram, mantendo o elo com a CTS como também o macroscópico, focando também no conteúdo específico “Propriedades dos gases”, mas também introduz sutilmente a pauta do submicroscópico.

Entretanto, apenas utilizando de CTS e experimentação para apresentar o modo submicroscópico talvez não sejam tão eficazes, logo as TICs se apresentam como forte aliada ao utilizar simulações que representam o experimento realizado na perspectiva macroscópica, só que enfatizando o que está acontecendo no submicroscópico. A simulação acontece através da manipulação das variáveis, mas o diferencial foi pedir que os estudantes explicassem o que fizeram com base no modo submicroscópico, sendo um modo de utilizar os termos químicos e manter relação ao que foi discutido na experimentação. Portanto, a abordagem e os recursos utilizados justificam-se na tentativa de atingir os modos representativos na construção do conhecimento.

Porém, a sequência didática aplicada possui limitações como, a necessidade de acesso a internet e computadores para a utilização da simulação. Por outro lado, a maioria dos estudantes já havia estudado o conteúdo de Propriedades dos Gases e houve uma explicação da teoria dos gases durante a aplicação, e não houve respostas que apresentassem o modo simbólico, com equações, levando a acreditar que pode ter sido uma falha na SQ ou que os estudantes não se apegam as equações e o modo simbólico, concluindo que utilizar apenas o modo simbólico para explicar o fenômeno não é eficaz e caso a SQ didática tivesse apenas esse foco, não se teria os dados coletados com aprofundamento.

Houve também limitações na discussão, que pode ser derivado, talvez, de muitos dos estudantes não estarem acostumados com tantos recursos utilizados para a explicação de um fenômeno, e manter relações de início é complicado, então, de fato não foram todos os discentes que atingiram a discussão nos três modos representativos. Entretanto, não significa que os discentes não compreenderam ou não construíram conhecimento, mas justificando o

fato de ser desafiador o uso desta SQ, requer também paciência e a necessidade de acompanhar o ritmo da turma e dos estudantes individualmente. Portanto, se no futuro os estudantes entrarem em contato com a utilização de abordagem CTS, experimentação e TICs juntas ou separadas, possa ser que lidem e mantenham elos com mais facilidade.

Por fim, apesar das limitações a utilização da SQ é válida, e além de ser utilizada com o conteúdo de Propriedades dos Gases e as Máquinas térmicas, pode ser também aplicada em diversas temáticas como o Ciclo da água, Alimentos, Radioatividade, pH do Oceano e entre outros.

REFERÊNCIAS

8 cidades que estão tirando carros de suas ruas. ÉPOCA NEGÓCIOS ONLINE, São Paulo, abr.2019. Disponível em:< <https://epocanegocios.globo.com/Mundo/noticia/2019/03/8-cidades-que-estao-tirando-carros-de-suas-ruas.html>>. Acesso em: 14.nov. 2020.

ALVES, E. M; MESSEDER, J.C. ELABORAÇÃO DE UM VÍDEO COM ENFOQUE CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS) COMO INSTRUMENTO FACILITADOR DO ENSINO EXPERIMENTAL DE CIÊNCIAS. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências- VII Enpec*, 2009, Florianópolis, SC, 2009, p.1-11. Disponível em:<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/185.pdf>

ARAGÃO, M. J. História da química. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
ARAÚJO, A.O DE; MORTIMER, E.F. Estudo preliminar sobre a utilização do perfil conceitual de calor em um curso para manutenção e instalação de aparelhos de refrigeração. **ANAIS XVI ENEQ/X EDUQUI**, 2012. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7369/5151>. Acesso em: 10.sete.2020.

BARBOSA, L.N; OLIVEIRA, E.C; DEL PINO, J.C. Technologicalresourcesand transversal themes in theteachingofphysics. Santa Maria, RS: **Ciência e Natura**, n.1, v.38, p.494-512, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/18407>. Acesso em:06.mai.2019.

BARROSO, F. F.; CARVALHO, S. A.; HUGUENIN, J. A. O.; TORT, A. C. Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de Pierre Lucie. Florianópolis,SC:**Revista Brasileira de Ensino de Física**,n.2, v.40, p.1-9, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n2/1806-1117-rbef-40-02-e2501.pdf>. Acesso em: 05.mai.2019.

BCC NEWS BRASIL. Os 15 países que emitiram mais CO2 nos últimos 20 anos (e em que posição está o Brasil). 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50811386>

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular-BNCC. Brasília, DF: Presidência da República, 2018. Disponível em:https://cafecomsociologia.com/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf. Acesso em: 25.jun.2019.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais- PCN. Brasília, DF: Presidência da República, 2018. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/educacao-basica/documentos-da-educacao-basica/orientacoes-educacionais-complementares-a-os-parametros-curriculares-nacionais-pcn--quimica-p.-87-110/view>. Acesso em:25.jun.2019.

BRASIL. SOBRE O PROTOCOLO DE MONTREAL. Programa Brasileiro de Eliminação dos HFCs. 2017. Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/site/quem-somos/protocolo-de-montreal/sobre-o-protocolo-de-montreal> acesso em: 25. Nove.2020

CAMPAGNER, M. R; MORIS, V. A da S; PITOMBO, L.M; CARMO, J.B do; PAIVA, J.M.F de. Filmes poliméricos baseados em amido e lignossulfonatos: preparação,

propriedades e avaliação da biodegradação. São Carlos: **Polímeros**, n. 6, v.24, p. 740-751, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/po/v24n6/a16v24n6.pdf>. Acesso em: 30.mai.2019.

CARBINATTO, B. Poluição atmosférica cai mundo afora com a pandemia de Covid-19. Revista Super Interessante: Abril Mídia S A, 2020. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/poluicao-atmosferica-cai-mundo-afora-com-a-pandemia-de-covid-19/>. Acesso em: 10.nove.2020

CARDOSO, S. O. de O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. Florianópolis, SC: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n.2, v.29, p.891-934, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n2p891>. Acesso em: 5.mai.2019.

DASSOLER, O. B; LIMA, D. M. S. A formação e a profissionalização docente: características, ousadia e saberes. In: IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul. n.9, 2012, Caxias do Sul, p.1-11. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/3171/522>. Acesso em: 6.abr.2019.

ECYCLE. HFC: substituto do CFC, gás também traz impactos. 2020. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/1880-hfc-gas-cfc-gases>. Acesso em: 04. outu.2020.

ESCÓRCIO, C.R.Utilização do software PhET simulation como ferramenta de incremento no ensino do tema propriedade dos gases.2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências naturais/Química). Universidade Federal do Maranhão, São Bernardo, 2018. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/handle/123456789/2408> acesso em: 11. maio. 2020.

FALCHI, L. de F. O; FORTUNATO, I. Simulação PhET e o ensino da tabuada na educação básica: relato de experiência. Araraquara, SP :**Política e Gestão Educacional**, n.1, v.22, p.439-452, 2018. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/rpge/article/view/10672>. Acesso em: 5.mai.2019.

FERRAZ, A. Pós-pandemia traz desafio de manter redução dos impactos humanos na natureza. Jornal: Folha de Pernambuco, julh. 2020. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/pos-pandemia-traz-desafio-de-manter-reducao-dos-impactos-humanos-na-na/143051/>. Acesso em: 27.nove.2020.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, O. C DE O. Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. São Paulo: **Química Nova na Escola**, n.2, v.32, p.101-106, 2010. Disponível em: webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc31_3/08-RSA-4107.pdf. Acesso em: 8.jun.2019.

FERREIRA, L. H; HARTWIG, D.R; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química. São Paulo: QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. v.32, n. 2, p. 101-106, 2010. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf. Acesso: 30.sete.2019.

FERREIRA, P.F.M; JUSTI, R. da S. Modelagem e “fazer ciência”. São Paulo: **Química nova na escola**, n.28, p.32-36, 2008. Disponível em: <http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc28/08-RSA-3506.pdf>. Acesso em: 9.jun.2019.

FIGUEIRÊDO, A.M.T.A de; NASCIMENTO, M.M.A do; LIMA, L.V dos S.L; SALES, F.R.P; ARAÚJO, R de C; SOUZA, N. S de. Contextualizando a temática gases no Ensino Médio sob uma perspectiva dialogada e experimental. João Pessoa: **Revista Principia**, v.27, p. 81-88, 2015. Disponível em: <http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/download/534/316>. Acesso em: 9.jun.2019.

FONSECA, M. R. M. da. Química: Ensino médio. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.
FONTES, A; CARDOSO, A. Formação de professores de acordo com a abordagem Ciência/Tecnologia/Sociedade. **Revista Electrónica de Enseñanza de lasCiencias** v. 5, n. 1, 2006. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART2_Vol5_N1.pdf. Acesso em: 30.sete.2019.

GARCIA, L. A. M. G. **Competências e Habilidades: você sabe lidar com isso?**.Brasília: **Educação e Ciência On-line**. Disponível em: https://www.academia.edu/5135546/Competências_e_Habilidades_você_sabe_lidar_com_iss_o?auto=download. Acesso em: 12. jun. 2019.

GASES do efeito estufa: Dióxido de Carbono (CO₂) e Metano (CH₄). Dicionário Ambiental. ((o))eco, Rio de Janeiro, abr. 2014. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28261-gases-do-efeito-estufa-dioxido-de-carbono-co2-e-metano-ch4/>>. Acesso em: 07. Outu.2020.

GERHARDT, T. E; RAMOS, I. C.A; RIQUINHO, D. L; SANTOS, D. L. dos. Estrutura do projeto de pesquisa. In: GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D.T (org). Método de Pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIORDAN, M. Experimentação e Ensino de Ciências. São Paulo: **Química nova na escola**, n.10, p.43-49, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf> Acesso em: 02.06.2019.

GOMES, L. A de P. Simulações de química disponíveis no PhET colorado: um estudo de caso para o conteúdo densidade de massa. 2017. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Centro de Formação de Professores, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, Paraíba, Brasil, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/7727> acesso em: 11. maio.2020

GONÇALVES, F. P; MARQUES, C. A. CONTRIBUIÇÕES PEDAGÓGICAS E EPISTEMOLÓGICAS EM TEXTOS DE EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA. Porto Alegre, RS: **Investigações em Ensino de Ciências**. v.11, p. 219-238, 2006. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/494/297>. Acesso em: 30.sete.2019.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. São Paulo: **Química Nova na Escola**, n.3, v. 31, p.198-202, 2009. Disponível

em:http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc31_3/08-RSA-4107.pdf. Acesso em: 8.jun.2019.

HENRIQUE, A.A.M.P. **Avaliação da flamabilidade e dos resíduos de queima de tintas acrílicas à base d'água**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <http://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/12392>. Acesso em:29.mai.2019.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models: towards a cognitivescienceoflanguage, inference, andconsciousness**. Cambridge, MA: Harvard University Press,1983.

JOHSTONE, A. H. The developmentofchemistryteaching: a changngresponseto a changingdemand. Scotland: **JournalofchemicalEducation**, n.9, v.70, p.701-705, 1993. Disponível em:<http://digicoll.library.wisc.edu/cgi-bin/JCE/JCE-idx?type=div&did=JCE.JCE07009.i0015>. Acesso em: 22.jun.2019.

JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, L.P do; MALDANER, O.A. (org).Ensino de química em foco. . Ijuí: Editora Unijuí, p. 210-230, 2010.

JUSTI, R.S. **Proposição de um modelo para análise do desenvolvimento do conhecimento de professores de ciências sobre modelos**. In: Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, n.4, 2003, Belo Horizonte, MG, p.1-12. Disponível em: <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL153.pdf>. Acesso em: 30. sete.2019.

KASSEBOEHMER, A.C. O MÉTODO INVESTIGATIVO EM AULAS TEÓRICAS DE QUÍMICA: ESTUDO DAS CONDIÇÕES DA FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO. Tese (Doutorado em Ciências) -Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/6184?show=full>. Acesso em:30.sete.2019.

KASSEBOEHMER, A.C; FERREIRA, L.H. O método investigativo em aulas teóricas de química envolvendo a separação de gases atmosféricos. In: Congreso internacional sobre investigacióndidáctica de lasciencias, n.9, 2013, Girona: **Enseñanza de lasciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p.1822-1826. Disponível em:<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307476>. Acesso em:30. sete.2019.

LIMA, R. A de. Estratégias didáticas com a utilização de simulações PHET em conjunto com atividades experimentais para ensinar química na educação básica. 2019. Dissertação de Mestrado (Educação em Ciências e Matemática). Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019. Disponível: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34207> acesso em: 11. maio.2020

MACÊDO, J. A. de; DICKMAN, A. G; ANDRADE, I. S. F. De. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de Eletricidade. Florianópolis, SC: **Caderno brasileiro de Ensino de Física**, n.1, v.29, p.562-613, 2012.Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/2175-7941.2012v29nesp1p562/22936>. Acesso em: 5.mai.2019.

- MAHAN, B. M. Química: um curso universitário. 4.ed, São Paulo: Blucher, 1995.
- MENDES, A.P; SANTANA, G.P; PESSOA-JÚNIOR, E.S.F. USO DO SOFTWARE PhET COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE BALANCEAMENTO DE REAÇÃO QUÍMICA. Manaus: Revista Amazônica de Ensino de Ciências, n.16, v.8, p.52-60, 2015. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/167/165> acesso em: 11.maio.2020.
- MIRANDA, L.G. Limites e possibilidades das TICs na educação. Lisboa: **Sísifo/Revista de ciências na educação**, n.3, p.41-50, 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/971185-Limites-e-possibilidades-das-tic-na-educacao.html>. Acesso em: 10.jun.2019.
- MOREIRA, J.R.S. APLICAÇÕES DA TERMODINÂMICA: notas de aula de PME3240, Termodinâmica I, (PARTE II). 2017. Disponível em: <http://www.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2017/06/APOSTILA-TERMO-PARTE-2.pdf>. Acesso em: 20.sete.2020.
- MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. Paraná: **R. Bras. De Ensino de C&T**, n.2, v.7, p.1-20, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/132559/000983274.pdf?sequence=1>. Acesso em: 8.jun.2019.
- MOREIRA, M.A. MODELOS MENTAIS. Porto Alegre, RS: **Rev. Investigações em Ensino de Ciências**, n.3, v.1, p.193-232, 1996. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/634>. Acesso em: 9.mai.2019.
- NETO, M.S; PICCOLO, M. de C; JUNIOR, C.C; CERRI, C.C, BERNOUX, M. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma cerrado. Paraná: **Revista: Bras. Ci. Solo**, n.35, p.63-76, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-06832011000100006&lng=e&tlng=pt. Acesso em: 8.jun.2019.
- NEVES, L. S. das; FARIAS, R.F de. História da química: um livro texto para graduação. 2.ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2011.
- OLIVEIRA, N; SOARES, M. H. B. As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de ensino médio e suas interações com o lúdico. *In*: ENCONTRO DE ENSINO DE QUÍMICA - ENEQ, 2010, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.sbg.org.br/eneq/xv/resumos/R1316-1.pdf>. Acesso em: 20.sete.2019.
- PASSOS, I.N.G; SOUSA, J.L dos S; SOUSA, S.F de; LEAL, R.C. UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE PhET NO ENSINO DE QUÍMICA EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE GRAJAÚ, MARANHÃO. Palmas: Revista Observatório, n.3, v. 5, p. 335-365. 2019. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/4626/15353> acesso em: 11.maio.2020.
- PERRENOUD, P. **10 Novas Competências para Ensinar**: convite à viagem. Porto Alegre: Editora Artmed, 2000.

PRSYBYCIEM, M. M. A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA EM UM ENFOQUE CTS NO ENSINO DAS FUNÇÕES QUÍMICAS INORGÂNICAS ÁCIDOS E ÓXIDOS NA TEMÁTICA AMBIENTAL. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2351>. Acesso em: 30. sete.2019.

REAL, J.L.G. **Riscos ambientais em aterros de resíduos sólidos com ênfase na emissão de gases**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências e em Engenharia Civil) -Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: http://www.getres.ufrj.br/pdf/REAL_JLG_05_t_M_int.pdf. Acesso em: 11. mai. 2019.

REDIN, M; SANTOS, G de F dos; MIGUEL, P; DENEGA, G. L; LUPATINI, M; DONEDA, A; SOUZA, A. D. E. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Santa Maria: **Ciência Florestal**, n.2, v. 21, p. 381-392, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v21n2/1980-5098-cflo-21-02-00381.pdf>. Acesso em: 3.jun.2019.

RIBEIRO, A. A.; GRECA, I. M. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS E FERRAMENTAS DE MODELIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO QUÍMICA: UMA REVISÃO DE LITERATURA PUBLICADA. São Paulo: **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, n.4, v. 26, p. 542-549, 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000400017. Acesso em: 7.mai.2019.

RIBEIRO, A. A; GRECA, I. M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. São Paulo: **Química Nova**, n.4, v.26, p. 542-549, 2002. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=4640. Acesso em: 2.mai.2019.

ROCHA, J. C; ROSA, A. H; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2009.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. Bauru, SP: Rev. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, 2001, p.95-111. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132001000100007. Acesso em:30.sete.2019.

SANTOS, W.L. dos; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. Minas Gerais: **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, n. 2, v. 2, p.1-123, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00110.pdf>. Acesso em: 8.jun.2019.

SCHNETZLER, R. P. CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ENSINO DE CIÊNCIAS. Brasília: **Em Aberto**, n.55, v.11, p.17-22, 1992. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/quimica/const_conhec_ens_cien_schnetzer.pdf. Acesso em:10.mai.2019.

SCHNETZLER, R.P; SANTOS, L.P dos. Educação em Química. Compromisso com a Cidadania. SANTOS, 4. ed. Porto Alegre: UNIJUI, 2010.

SILVA, R. R. DA. MACHADO, P.F.L. TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, L.P. DO. MALDANER, O. A. Ensino de química em foco. Ijuí: Editora Unijuí, p.232-261, 2010.

SILVA, S. R. da; MELO, C. A. de S.A. Utilização da simulação “força e movimento” da plataforma PhET, como recurso didático no processo de ensino-aprendizagem no ensino médio. Universidade Federal do Maranhão, UFMA: **Revista Educação e Emancipação**, n.2, v.9, p. 257-277, 2016. Disponível em: <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/reducaoemancipacao/article/view/5902>. Acesso em: 7.mai.2019.

SOARES, A. A.; MORAES, L. E.; OLIVEIRA, F. G. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simulações interativos. Florianópolis, SC: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n.3, v.32, p.915-933, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p915>. Acesso em: 5.mai.2019.

SOARES-LEITE, W. S; NASCIMENTO-RIBEIRO, C. A. do. A inclusão das TICs na educação brasileira: problemas e desafios. Bogotá: **magis, Revista Internacional de Investigación en Educación**, n.5, v.10, p.173-187, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2810/281024896010.pdf> acesso em: 20.maio.2020.

SOUSA, E. M; PAIVA, J.C.M. O Uso de Multirrepresentação e Ciclos de Interação em uma Aula Virtual de Química. São Paulo: **Química Nova na Escola**, n.4, v.40, p. 302-313, 2018. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_4/11-CP-66-17.pdf. Acesso em: 25.mar.2019.

SUART, R.C. A experimentação no Ensino de Química: Conhecimentos e caminhos. In: SANTANA, E. M. SILVA. E. L. Tópicos em Ensino de Química. São Carlos: **Editora Pedro & João Editores**, 2014. p. 63-88.

TEIXEIRA, P. M. M. A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA SOB A PERSPECTIVA DA PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA E DO MOVIMENTO C.T.S. NO ENSINO DE CIÊNCIAS. Bauru, SP: **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132003000200003&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso: 30.set.2019.

TENÓRIO, A.; TAVARES, M. A. de.; TENÓRIO, T. O emprego de jogos educativos digitais como recurso auxiliar para a aprendizagem de funções polinomiais do 1º grau. Caxias do Sul, RS: **REMAT**, n.2, v.2, p.29-45, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/REMAT/article/download/1289/1109>. Acesso em: 5.mai.2019.

TORRES, P. L; IRALA, E. A. F. APRENDIZAGEM C LABORATIVA: TEORIA E PRÁTICA. Paraná: Coleção Agrinho, p.61-93, 2014. Disponível em: http://www.agrinho.com.br/site/wp-content/uploads/2014/09/2_03_Aprendizagem-colaborativa.pdf. Acesso em: 30.sete.2019.

VALENTE, J.A. Informática na Educação no Brasil: Análise e contextualização histórica. In: VALENTE, J. A; FREIRE, F.M.P; ROCHA, H.V da; D’ABREU, J. V; BARNAUSKAS,

M.C.C; MARTINS, M.C; PRADO, M.E.B.B. **O computador na sociedade do conhecimento**. São Paulo: Editora Nied, UNICAMP, 1999, p.11-28.

VASCONCELOS, F.C.G.C de. **Levantamento e análise das Simulações do PhET para o ensino e aprendizagem de Química**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, n.10, 2015, Águas de Lindóia, SP, p.1-8. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0336-1.PDF>. Acesso em: 30.sete.2019.

VASCONCELOS, F.C.G.C.de. **ESTRATÉGIA FELXQUEST: Possibilidades para a flexibilização do conhecimento**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2016.

VAZ, C.R; FAGUNDES, A.B; PINHEIRO, N. A.M. O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação: Uma Revisão. In: I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009. Disponível em: http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/1%20CTS/CTS_Artigo8.pdf. Acesso em: 30.sete.2019.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ASPECTOS HISTÓRICOS E DIFERENTES ABORDAGENS. **Belo Horizonte: Rev. Ensaio**, n.3, v.13, p.67-80, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v13n3/1983-2117-epec-13-03-00067.pdf>. Acesso em: 10.jun.2019.

APÊNDICE A- Descrição da sequência didática

Quadro 1- Descrição dos momentos a serem realizados na SD.

Sequência Didática
<p>1º Momento:</p> <p>Ação: Aplicar um questionário de sondagem com questões abertas.</p> <p>Objetivo: Analisar o que os discentes compreendem por gases no meio ambiente</p> <p>Instrumento/Recurso: Questionário no apêndice B</p> <p>Conteúdo: Emissão de gases</p> <p>Tempo: 50 min</p>
<p>2º Momento:</p> <p>Ação: Gerar uma discussão em relação ao questionamento sobre máquinas térmicas</p> <p>Objetivo: Promover o levantamento de hipóteses com o conhecimento prévio acerca das máquinas térmicas</p> <p>Instrumento/Recurso: Gravação de voz e questão no apêndice C.</p> <p>Tempo: 50 min</p>
<p>3º Momento:</p> <p>Ação: Leitura sobre o contexto histórico de máquinas térmicas e o impacto da utilização no ambiente</p> <p>Objetivo: Discutir o texto apresentado associando com as hipóteses levantadas no momento 2.</p> <p style="padding-left: 40px;"> Gerar discussão para que os discentes realizem a tomada de decisão sobre o que fariam para que os combustíveis utilizados agredissem menos o meio ambiente.</p> <p style="padding-left: 40px;">Analisar o custo-benefício dos combustíveis apresentados na tomada de decisão e os que são utilizados no atual momento.</p> <p>Instrumento/Recurso: Texto de apoio no anexo A.</p> <p>Tempo: 50 min</p>
<p>4º Momento:</p>

Ação: Realizar experimentação visando à construção de uma máquina térmica.

Objetivo: a. investigar quais são as propriedades dos gases envolvidas no sistema montado.

b. discutir quais são os tipos de gases emitidos e o impacto no ambiente

c. compreender o mecanismo de uma máquina térmica

Instrumento/Recurso: Roteiro para a experimentação no anexo B

Tempo: 2 aulas de 50 min

5° Momento:

Ação: Os discentes terão que utilizar do PhET na simulação “Propriedades dos gases”, buscando relacionar com o experimento da máquina térmica destacando os aspectos microscópicos.

Objetivo: a. investigar quais são as relações construídas acerca do nível microscópico.

b. analisar como os discentes descrevem o nível simbólico ao detalhar no nível microscópico.

Instrumento/Recurso: Computadores e Questão no apêndice D.

Tempo: 50 min

6° Momento:

Ação: Elaboração de desenhos, nos quais os alunos irão explicar como ocorre o comportamento das propriedades dos gases através da máquina térmica.

Objetivo: Analisar por meio de modelos mentais como os discentes construíram o elo entre o experimento e o conteúdo de gases

Instrumento/Recurso: Questão no apêndice E.

Tempo: 50 min

7° Momento:

Ação: Discutir a pergunta investigativa do 2° momento.

Objetivo: Analisar quais são as novas concepções dos discentes acerca da discussão inicial após sequência de momentos realizados, como também, quais são as tomadas de decisão diante a situação.

Instrumento: gravação de voz e questão do 2° momento

Tempo: 50 min

8º Momento:

Ação: Aplicar um questionário para validar a sequência didática desenvolvida.

Objetivo: Compreender as contribuições da sequência didática para a construção do conhecimento pelos discentes.

Instrumento: Questionário no apêndice F.

Tempo: 50 min

APÊNDICE B- Questionário 1- Análise prévia

Nome completo:

Idade:

1. O que você compreende do termo ‘Gases’? Exemplifique sua resposta.
2. O que você entende por gases poluentes no meio ambiente? Justifique sua resposta.
3. Você sabe dizer onde são encontrados os gases que você citou na questão 2? Justifique.
4. Você sabe quais são as substâncias gasosas emitidas pelos automóveis? Exemplifique sua resposta.
5. Como funciona uma máquina térmica?
6. Qual o combustível utilizado em uma máquina térmica?
7. Quais são os gases produzidos por uma máquina térmica e que vão para atmosfera?
8. Na sua concepção, o funcionamento das máquinas térmicas pode agredir o meio ambiente? Se sim, por quê?

APÊNDICE C- Questionário 2- Prévia sobre Máquinas Térmicas

Nome completo:

Idade:

Sabendo que o uso de Máquinas Térmicas aumentou no período da revolução industrial e está presente na sociedade atualmente em carros, trens, geladeira, usina nuclear, disserte sobre os seguintes pontos:

Refleta e responda as seguintes perguntas:

1. Explique por meio da experimentação como funciona uma máquina térmica.
2. Quais são os tipos de gases emitidos e o impacto no ambiente de uma máquina a vapor como a do experimento?
3. Quais são as propriedades dos gases envolvidas no sistema montado?

APÊNDICE D- Simulação PhET

Agora, que você possui uma noção acerca do funcionamento de uma máquina térmica, utilize o Simulação PhET para desenvolver a sua própria máquina térmica, para isto você terá que:

- a) Tente relacionar o que você observou no experimento reproduzindo na simulação.
- b) Relate o passo a passo do comportamento das moléculas que você manipulou na simulação.
- c) Explique com base nas propriedades dos gases as relações existentes entre o que foi realizado na simulação e o funcionamento da máquina térmica.

APÊNDICE E- Questão imagética

Desenhe, como você imagina o funcionamento da máquina térmica considerando os aspectos microscópico e macroscópico do fenômeno, representando as substâncias gasosas presentes no mesmo.

APÊNDICE F- Questionário de validação

Mediante a vivência realizada com estes recursos e as informações exploradas sobre os gases e as suas propriedades químicas, descreva o que mais lhe chamou a atenção e como você compreende a importância de se estudar este assunto. Quais elementos das aulas você acha que foi mais importante para sua aprendizagem e quais, você acha que foram desnecessários.

ANEXO A

Texto de apoio sobre Máquinas Térmicas (Adaptado)

Emissões de poluentes por veículos automotores

Thainá Louzada dos Santos

A queima de combustíveis fósseis gera poluição atmosférica nos grandes centros urbanos. Esses combustíveis, em sua queima incompleta, ao serem utilizados em máquinas térmicas e veículos automotores, lançam grande quantidade de gás carbônico na atmosfera, fazendo destes os grandes vilões no que se refere ao aquecimento global e efeito estufa.

A população mundial cresceu aceleradamente com o desenvolvimento das cidades, sendo necessária a produção em larga escala dos bens de consumo (Miranda, 2012). Dessa forma, por volta de aproximadamente 250 anos atrás, surgiram as primeiras fábricas e com elas o homem fez uma nova revolução, mudando totalmente a face do planeta: a Revolução Industrial (Instituto Unibanco, 2003).

Ainda segundo o Instituto Unibanco (2003) a grande vítima dessa reviravolta foi o meio ambiente, para onde foram emitidas as fumaças de carvão das máquinas a vapor; mais tarde esse mesmo local foi aquecido e poluído pela queima de gases derivados do petróleo.

Fomentada pelo espírito capitalista, a Revolução Industrial modificou toda a estrutura econômica e social da Europa e, conseqüentemente, de todo o mundo (Caniato; Nascimento, 2010).

Um dos maiores problemas que assolam a sociedade é a poluição atmosférica, que alcançou proporções mundiais. Seus impactos são severamente notados nas comunidades e no meio ambiente, que são negativamente afetados de modo constante pelos níveis elevados de poluição do ar (Instituto Unibanco, 2003).

Entre os países que sofreram notável aumento na motorização individual, o Brasil ganha lugar de destaque, fato que implica a intensificação do tráfego de veículos nos grandes centros urbanos, bem como congestionamentos cada vez mais frequentes (Drumm et al., 2014).

De acordo com Teixeira et al. (2008), os veículos automotores causam emissões com grande variedade de substâncias tóxicas, as quais, em contato com o sistema respiratório, podem causar diversos efeitos negativos à saúde, principalmente em crianças e idosos.

O rápido aumento da frota, como consequência do crescimento da população, a inadequação dos sistemas viários para atendimento das demandas de trânsito e transporte e a ineficiência dos transportes coletivos vêm causando um processo de saturação das vias de tráfego dos centros urbanos de forma contínua. O aumento da emissão de gases poluentes causados pela manutenção inadequada dos motores e pela deterioração e adulteração dos sistemas de escapamentos dos veículos nessas vias é agravado pela diminuição da velocidade média dos veículos, acarretando muitas vezes níveis de poluição superiores aos padrões aceitáveis (Dutra et al., 2004).

Constituição e classificação dos poluentes automotores

A constituição dos poluentes emitidos pelo tubo de escapamento dos veículos é gerada durante a reação incompleta que ocorre no motor (Dutra et al., 2004).

Segundo Cunha (2002), a qualidade do ar de uma região sofre influência direta dos níveis de poluição atmosférica, os quais estão vinculados a um complexo de fontes emissoras móveis (veículos automotores, aviões e trens) e estacionárias (indústrias, queima de lixo,

emissões naturais entre outras). O transporte e a diluição na atmosfera, bem como a magnitude do lançamento, determinam o estado atual da qualidade do ar atmosférico.

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em dois grupos: poluentes primários e poluentes secundários. Os primários são emitidos diretamente pelas fontes e podem, na baixa atmosfera, sofrer transformações e reações fotoquímicas, dando origem aos poluentes secundários. Estes necessitam de certo tempo para sua formação e ocorrem à medida que as massas de ar se deslocam; é comum que concentrações elevadas desses poluentes atinjam áreas mais afastadas das fontes de emissão que os poluentes primários (Loureiro, 2005).

Para Drumm et al. (2014), os poluentes primários estão submetidos a processos complexos de transporte, mistura e transformação química após sua emissão para a atmosfera, fato que permite uma distribuição variável das suas concentrações na atmosfera tanto no tempo como no espaço.

As distribuições das concentrações de poluentes na atmosfera dependem basicamente das condições de emissão e meteorológicas, podendo alguns poluentes, antes de atingir o nível do solo, ser transportados a grandes distâncias (Tundo; Zecchini, 2007).

Principais poluentes atmosféricos e suas fontes

Gases Poluentes	Fontes
Monóxido de carbono (CO)	Proveniente de combustões incompletas em veículos automotores, é um gás incolor inodoro e venenoso; devido à sua origem, pode ser encontrado em altos níveis de concentração em áreas de intensa circulação de veículos nos centros urbanos (Drumm et al., 2014). Esse poluente é emitido em centenas de milhões de toneladas diariamente, oriundas de processos naturais e antropogênicos; além disso, apresenta grande toxicidade ao ser humano, tendo em vista sua afinidade com a hemoglobina (Guimarães, 2011).
Material particulado (MP)	Esta classificação abrange uma classe de poluentes constituída de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera devido ao pequeno tamanho (PCPV, 2005). Quanto menor o tamanho das partículas maior o efeito sobre a saúde, devido à facilidade de penetrar profundamente no aparelho respiratório (Vesilind; Morgan, 2011).
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	Altamente tóxico ao ser humano, este gás apresenta cor marrom alaranjada, odor forte e irritante; pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos, compostos orgânicos e à formação da chuva ácida (Vesilind; Morgan, 2011).
Ozônio (O ₃)	Principal componente da névoa fotoquímica, é um gás altamente reativo, incolor e inodoro nas concentrações ambientais. É produzido quando hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio reagem na atmosfera ativados pela radiação solar; exerce também importante função ecológica ao absorver radiações ultravioletas do Sol, porém pode ser nocivo nas camadas inferiores da atmosfera (Braga, 2005).

Impactos da poluição atmosférica

Estabelecer relação direta entre determinado poluente e os efeitos que ele provoca no meio ambiente não é fácil, considerando sua dispersão no ar, a distância que sua concentração alcança e o seu tempo de exposição. Dessa forma, a poluição atmosférica pode causar impactos locais, regionais e globais (Mota, 2000).

<i>Locais de impactos</i>	<i>Consequências</i>
<i>Local</i>	Um dos seus principais efeitos é o dano à saúde humana, quando a concentração de poluentes do ar aumenta sem que sejam dispersos pela ação da meteorologia, da topografia e de outros fatores. O efeito <i>smog</i> é outro impacto muito conhecido nas grandes cidades, caracterizado pela diminuição na visibilidade e prejudicando o tráfego em geral (Drumm et al., 2014). Ao inalar o <i>smog</i> , o indivíduo desenvolve uma inflamação respiratória que pode persistir por até 18 horas, provocando dificuldade em respirar e intensificando asma, alergias e problemas cardíacos (Miranda; Baptista, 2008).
<i>Regional</i>	Os impactos regionais apresentam como característica a observação de seus efeitos a distâncias maiores das fontes; um dos principais exemplos é a chuva ácida. Essas chuvas podem se deslocar por quilômetros de distância de seu ponto de origem devido a correntes aéreas e regimes pluviais, levando seus efeitos deletérios a regiões onde esses gases não são normalmente observados (Mota, 2000).
<i>Global</i>	O efeito estufa é o problema de maior importância causado pelo uso dos combustíveis fósseis, podendo ser definido como o aumento da temperatura média da Terra devido à concentração atmosférica exacerbada de alguns gases, como o gás carbônico, os clorofluorcarbonos, o metano e os óxidos nitrosos. Entre os gases causadores do efeito estufa, o de maior importância é o gás carbônico, que é o principal composto resultante da combustão completa de combustíveis; quando em grande quantidade, junto com outros poluentes, forma um filtro na atmosfera. Segundo Pinto (2005), 32% das emissões de carbono no Brasil são provenientes das atividades de transporte. Esse número é considerado elevado em comparação com a média mundial e justificado pelo predomínio do modal rodoviário sobre os demais.

Referências: SANTOS, Thainá Louzada do. Emissões de poluentes por veículos automotores. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2016. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/16/7/emisses-de-poluente-por-veiculos-automotores>
Acesso em: 26.outu.2019

Anexo B

Slide sobre Propriedades dos gases



Propriedades dos Gases

Trailer do documentário, Seremos História?

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=l0pxnF5JMME>

Lei de Robert Boyle-Edme Mariotte;

Sistema sem ser modificado

Pressão = Constante
Volume = Constante

Sistema modificado

Pressão = Constante
Temperatura = Variável
Volume = Alterado

O produto da pressão pelo volume é um valor aproximadamente constante

...para seus experimentos prosseguirem

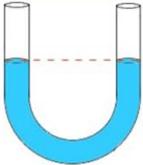
a pressão e o volume deveriam estar à uma temperatura constante, logo:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Denominada de transformações isotermas (Termas de Temperatura CONSTANTE)

Lei de Robert Boyle-EdmeMariotte;

Sistema sem ser modificado



Pressão = Constante
Volume = Constante

O produto da pressão pelo volume é um valor aproximadamente constante

Sistema modificado



Pressão = Constante
Temperatura = Variável
Volume = Alterado

...para seus experimentos prosseguirem

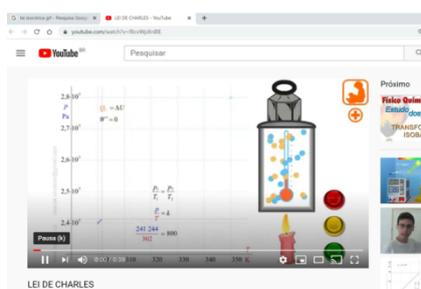
a pressão e o volume deveriam estar à uma temperatura constante, logo:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Denominada de transformações isotermas (Termas de Temperatura CONSTANTE)

Lei de Charles e Gay-Lussac (1802)

... Determinada através de estudos comportamentais sobre o efeito da temperatura



Analisou que:

a pressão exercida na expansão dos gases é proporcional ao aumento de temperatura, do mesmo modo, a redução da temperatura acarreta em uma diminuição na pressão, com um volume constante

Denominada de transformação isocórica (tendo como volume constante)

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$$