



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

**Michel Duarte Pergentino de Lucena**

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ABORDAGEM DA  
TEMÁTICA COMBUSTÃO**

**Recife- 2020**

**Michel Duarte Pergentino De Lucena**

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ABORDAGEM DA  
TEMÁTICA COMBUSTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa De Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional do Departamento de Química, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, orientada pela Profa. Dra. Ângela Fernandes Campos.

**Recife – 2020**

Dados Internacionais de Catalogação  
na Publicação Universidade  
Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas

---

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

- L935a Lucena, Michel Duarte Pergentino de Lucena  
Aprendizagem baseada em problemas na abordagem da temática combustão / Michel Duarte  
Pergentino de Lucena Lucena. - 2020.  
92 f.
- Orientadora:  
Angela Fernandes  
. Inclui  
referências e  
apêndice(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado  
Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2020.
1. aprendizagem baseada em problemas (ABP). 2. combustão. 3. metodologias ativas. 4. ensino  
de ciências. I. , Angela Fernandes, orient. II. Título
-

**Michel Duarte Pergentino De Lucena**

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ABORDAGEM DA  
TEMÁTICA COMBUSTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa De Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional do Departamento de Química, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, orientada pela Profa. Dra. Ângela Fernandes Campos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Ângela Fernandes Campos (orientadora)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Lucas dos Santos Fernandes  
Universidade Federal do Vale do São Francisco

---

Prof. Dr. Bruno Silva Leite  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico este trabalho, primeiramente, à Deus, que me concedeu coragem, força de vontade e perseverança para superar todos os momentos difíceis a que me deparei ao longo do mestrado, ao meu pai Paulo Roberto Pergentino de Lucena, e minha mãe Andrea Duarte Barbosa, por serem imprescindíveis na minha vida.

Quero agradecer a minha professora orientadora Angela Fernandes Campos, pelo empenho dedicado ao meu projeto de pesquisa e a paciência durante todo o desenvolvimento do meu projeto de pesquisa.

Gostaria de agradecer a todos os colegas e professores do PROFQUI-UFRPE por todos os ensinamentos proporcionados pelas diversas reflexões propostas durante as inúmeras sextas e sábados que convivemos juntos.

Gostaria de agradecer a todos os meus amigos e amigos pelo incentivo durante este processo que se iniciou desde ao processo de seleção até a defesa do projeto.

Gostaria de agradecer a Izabella por todas as palavras de incentivo durante o mestrado, pelo apoio dado durante o processo de seleção, por todo suporte dado para que este sonho se tornasse uma realidade.

## RESUMO

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) consiste na metodologia amplamente estudada e que estimula os alunos a unir a prática e a teoria no processo de aprendizagem, entretanto, há pouca produção acadêmica quando articulada à temática da combustão. A pesquisa objetivou analisar a Aprendizagem Baseada em Problemas como mobilizadora da compreensão de conteúdos químicos por estudantes do ensino médio a partir da temática combustão. O estudo tomou como base construtos acerca do ensino e aprendizagem de ciências, buscou conceituar exercício e problema, apontando os tipos de problema (escolar, qualitativo, quantitativo e pequenas pesquisas) e foi fundamentado conforme o Modelo de Aprendizagem Baseada em problemas (ABP), além de alguns aspectos conceituais sobre o tema combustão reportados na literatura. De caráter qualitativo, o presente trabalho contou com a aplicação de um instrumento de pesquisa validado pela literatura à 34 alunos (as) de uma escola privada do Recife, durante um curso de férias proposto pela instituição. Os (as) alunos (as), separados em 6 grupos, participaram de uma sequência didática planejada em quatro momentos (aulas) que envolveu vivência dos instrumentos didáticos, tais como: vídeo sobre o tema combustão, atividade experimental, títulos de revistas e websites, exposição formal do conteúdo. Os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios para atender aos objetivos propostos, entretanto, em primeiro momento tenha revelado dificuldades na proposição da solução, com a vivência dos instrumentos e sequência didáticos foi percebida uma evolução conceitual dos estudantes, sendo a aplicação de ABP promissora para o processo educativo e formação social dos alunos. Dos quatro grupos de estudantes, dois responderam de forma satisfatória, um de forma parcialmente satisfatória e apenas um não conseguiu responder satisfatoriamente nem transpor o obstáculo presente no enunciado do problema proposto. Conclui-se, portanto, ser recomendável a expansão do uso da ABP atrelado à química, bem como a utilização do produto educacional gerado pela presente pesquisa.

**Palavras-chave:** aprendizagem baseada em problemas (ABP); combustão; metodologias ativas; ensino de ciências.

## ABSTRACT

The present study involves Problem-Based Learning (PBL), a widely studied methodology that encourages students to unite practice and theory in the learning process, however, there is little academic production when related to combustion. The research aimed to analyze Problem-Based Learning as a potential source of the understanding of chemical contents by high school students from the combustion theme. The study was based on constructs about science teaching and learning, sought to conceptualize exercise and problem, pointing out the types of problem (school, qualitative, quantitative and small research) and was based on the Problem Based Learning Model (PBL), in addition to some aspects on the subject of combustion reported in the literature. Mostly qualitative, the present work relied on the application of a research instrument validated by the literature to 34 students from a private school in Recife. The students, separated into 6 groups, participated in a didactic sequence planned in four moments (classes) which involved: experience of didactic instruments (video on the subject of combustion, experimental activity, magazine and website titles, formal exposure of the content). The results obtained were satisfactory to meet the proposed objectives, given that, although at first it revealed difficulties in proposing the solution, with the experience of the instruments and didactic sequence, a conceptual evolution of the students was perceived, being the application of PBL and other active methodologies, promising for the educational process and social formation of students. Of the four groups of students, two responded satisfactorily, one group partially satisfactorily and only one group was unable to respond satisfactorily or overcome the obstacle present in the statement. It is concluded, therefore, that it is strongly recommended to expand the use of PBL linked to chemistry, as well as the use of the educational product generated by this research.

**Keywords:** Problem Based Learning Model (PBL); combustion; active methodology; science teaching.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01.</b> Tipologia dos problemas.....	25
<b>Figura 02.</b> Relação entre problemas científicos, cotidianos e escolares.....	27
<b>Figura 03.</b> Tipologia dos problemas escolares.....	27
<b>Figura 04.</b> Sequência metodológica da resolução de problemas em sala de aula.....	34
<b>Figura 05.</b> Conteúdo programático de uma escola particular localizada em Recife.....	41
<b>Figura 06.</b> Estratégias para a formulação de problemas a partir de exercícios.....	46
<b>Figura 07.</b> Recorte de uma imagem do site da revista época.....	47
<b>Figura 08.</b> Recorte de uma reportagem do site das nacoesunidas.org.....	47
<b>Figura 09.</b> Recorte de uma reportagem do site g1.globo.com.....	47
<b>Figura 10.</b> Recorte de uma reportagem do site g1.globo.com.....	48
<b>Figura 11.</b> Recorte de uma reportagem do site g1.globo.com.....	48
<b>Figura 12.</b> Recorte de uma reportagem do site ecycle.com.....	48
<b>Figura 13.</b> Recorte de uma reportagem do site correiobraziliense.com.....	48
<b>Figura 14.</b> Recorte de uma reportagem do site emtempo.com.br.....	48
<b>Figura 15.</b> Recorte de uma reportagem do site noticiasagricolas.com.br.....	49
<b>Figura 16.</b> Chama gerada pela combustão incompleta da gasolina.....	51
<b>Figura 17.</b> Resposta de um estudante para a questão 01 do quadro 09.....	59
<b>Figura 18.</b> Resposta de um estudante para a questão 02 do quadro 09.....	60
<b>Figura 19.</b> Resposta de um estudante para a questão 02 do quadro 09.....	60
<b>Figura 20.</b> Resposta de um estudante para questão 02 do quadro 09.....	61
<b>Figura 21.</b> Resposta de um estudante para questão 03 do quadro 09.....	61
<b>Figura 22.</b> Resposta de um estudante para a questão 03 do quadro 09.....	62
<b>Figura 23.</b> Resposta de um estudante para questão 04 do quadro 09.....	65
<b>Figura 24.</b> Resposta de um estudante para questão 04 do quadro 09.....	65
<b>Figura 25.</b> Resposta de um estudante para questão 04 do quadro 09.....	65
<b>Figura 26.</b> Resposta de um grupo de estudantes para a questão 01 do quadro 10.....	68
<b>Figura 27.</b> Resposta de um grupo de estudantes para a questão 01 do quadro 10.....	69
<b>Figura 28.</b> Resposta de um grupo de estudantes para a questão 01 do quadro 10.....	69

<b>Gráfico 01.</b> Respostas dos alunos a questão 01 do quadro 09.....	59
<b>Gráfico 02.</b> Respostas dos alunos a questão 02 do quadro 09.....	59
<b>Gráfico 03.</b> Respostas dos alunos a questão 03 do quadro 09.....	58
<b>Gráfico 04.</b> Respostas dos alunos à questão 04 do quadro 09.....	64
<b>Quadro 01.</b> Características dos problemas e exercícios.....	16
<b>Quadro 02.</b> Exemplos de problemas e exercícios.....	17
<b>Quadro 03.</b> Estudos sobre problemas propostos pelo grupo de pesquisa da UFRPE.....	19
<b>Quadro 04.</b> Problemas escolares qualitativos.....	28
<b>Quadro 05.</b> Problemas escolares quantitativos.....	29
<b>Quadro 06.</b> Exemplos de problemas do tipo pequenas pesquisas.....	30
<b>Quadro 07.</b> Passos e Ações a serem seguidos segundo ABP.....	33
<b>Quadro 08.</b> Questionário criado tendo como referencial o estudo de Silva e Pitombo.....	42
<b>Quadro 09.</b> Categorias para análise das respostas do questionário apresentado no quadro 08.....	43
<b>Quadro 10.</b> Questionário adaptado do estudo de Goi e Santos.....	50
<b>Quadro 11.</b> Categorias para análise das respostas do questionário exibido no quadro 09.....	52
<b>Quadro 12.</b> Tempo destinado para cada etapa da Aula 01.....	53
<b>Quadro 13.</b> Tempo destinado para cada etapa da Aula 02.....	54
<b>Quadro 14.</b> Tempo destinado para cada etapa da Aula 03.....	55
<b>Quadro 15.</b> Tempo destinado para cada etapa da Aula 04.....	56
<b>Quadro 16.</b> Assertivas para posicionamentos dos estudantes tendo como referencial a escala Likert.....	57
<b>Quadro 17.</b> Resultado da pesquisa com Alunos para Levantar as Dificuldades.....	73

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	09
<b>1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	13
1.1. ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS.....	13
1.2. O CONCEITO DE EXERCÍCIO E DE PROBLEMA.....	15
1.3. TIPOS DE PROBLEMAS.....	25
1.3.1. Problemas Escolares.....	27
1.3.1.1. Problema Escolar Qualitativo.....	28
1.3.1.2. Problema Escolar Quantitativo.....	28
1.3.1.3. Problemas do tipo Pequenas Pesquisas.....	30
1.4. Modelo De Aprendizagem Baseada Em Problemas (ABP).....	31
1.5. Alguns Aspecto Sobre O Tema Combustão Reportados Na Literatura.....	35
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	39
<b>2.1. Procedimentos Metodológicos</b> .....	39
<b>2.2. Contexto da Pesquisa</b> .....	40
<b>2.3. Identificação das concepções prévias dos estudantes do ensino médio referentes à conteúdos relacionados a temática combustão</b> .....	42
<b>2.4. Análise das respostas dos estudantes ao questionário de concepções prévias</b> .....	43
<b>2.5. Análise do desempenho dos estudantes do ensino médio após a vivência de uma sequência didática articulada a um problema na abordagem da temática combustão</b> .....	44
<b>2.6. Planejamento da sequência didática</b> .....	44
<b>2.6.1. Elaboração do problema</b> .....	44
<b>2.6.2. Seleção de reportagens e títulos de revistas e websites sobre poluição ambiental e combustão dos combustíveis</b> .....	46
<b>2.6.3. Elaboração de uma atividade experimental envolvendo a combustão da gasolina e do álcool</b> .....	49
<b>2.6.4. Análise das questões relacionadas a atividade experimental</b> .....	51
<b>2.7. Reaplicação do problema elaborado e análise das respostas dos estudantes</b> .....	52
<b>2.8. Intervenção didática</b> .....	53
<b>2.9. Investigação das dificuldades dos estudantes após a vivência de uma sequência didática pautada na aprendizagem baseada em problemas articulada a temática combustão</b> .....	56
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	58
3.1. Identificação Das Concepções Prévias Dos Estudantes Do Ensino Médio Referentes À Conteúdos Relacionados A Temática Combustão.....	58

3.2.	Análise Do Desempenho Dos Estudantes Do Ensino Médio Após A Vivência De Uma Sequência Didática Articulada A Um Problema Na Abordagem Da Temática Combustão....	65
3.2.1.	Análise Das Hipóteses Iniciais Apresentadas Pelos Estudantes.....	66
3.2.2.	Análise da intervenção didática relacionada à atividade experimental e as questões respondidas pelos estudantes.....	67
3.2.3.	Reaplicação Do Problema Elaborado E Análise Das Respostas Dos Estudantes.....	70
3.3.	Investigação Das Dificuldades Dos Estudantes Após A Vivência De Uma Sequência Didática Pautada Na Aprendizagem Baseada Em Problemas Articulada A Temática Combustão.....	73
4.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>86</b>

## INTRODUÇÃO

A pesquisa em ensino de Ciências/Química a partir da década de 70, no Brasil, tem contribuído de forma significativa para a discussão da problemática que envolve o ensino e a aprendizagem de Ciências/Química. Schnetzler (2002) reporta em seu estudo algumas tendências internacionais de investigação na área de ensino que, de certa forma, também influenciaram as tendências nas pesquisas brasileiras na área de ensino. Pesquisas em relações ciência, tecnologia e sociedade (CTS), linguagem e comunicação em sala de aula, modelos e analogias, concepções espontâneas e conflitos cognitivos, aulas experimentais e laboratoriais, uso de novas tecnologias na educação, formação de professores, resolução de problemas, dentre outros, contribuíram de forma significativa para o aprimoramento da educação química (GÓI e SANTOS, 2004).

As reflexões e discussões realizadas por pesquisadores da área que formam uma comunidade científica impactaram os modelos de ensino e aprendizagem. As ideias sobre o que é ensinar e o que é aprender foram evoluindo ao longo do tempo e são frutos dos desdobramentos das pesquisas da Didática das Ciências, na qual o ensino e a aprendizagem de Química estão inseridos.

Uma das contribuições advindas dessas reflexões e discussões foi o questionamento do modelo de ensino tradicional, também conhecido como transmissão-recepção. Neste modelo, o professor é o detentor do conhecimento e o processo educativo é centrado na figura do professor. O estudante é um indivíduo passivo, detentor das informações trazidas pelo professor e desprovido de conhecimentos prévios relevantes. Aliado a estas questões tem-se o grande desafio de tornar o ensino de Ciências prazeroso, instigante, mais interativo, dialógico e baseado em atividades capazes de persuadir os alunos a admitirem as explicações científicas para além dos discursos autoritários, prescritivos e dogmáticos (WILSEK e TOSIN, 2012). A ênfase no ensino é na transmissão de um número significativo de informações sobre a ciência desprovidas de sentido e realidade para o estudante. Nesta perspectiva, ensinar é transmitir informações e aprender é absorvê-las de forma acrítica pelos estudantes.

Em contraposição a esta perspectiva de ensino foram propostas as metodologias ativas na qual se insere a aprendizagem baseada em problemas, conhecida no Brasil como ABP.

Um dos objetivos dessas novas estratégias de ensino é possibilitar uma participação mais ativa do estudante durante o processo de ensino e aprendizagem, tornando-o mais autônomo. Esta autonomia permite que o aluno se sinta mais capaz, motivando-o a se envolver durante o processo de aprendizagem.

O uso da ABP propõe ao (à) estudante uma maior aproximação com a realidade vivenciada por ele. O professor estimula o (a) aluno (a) a buscar respostas que irão além da escola, onde ele irá estabelecer relações entre a teoria e prática, de forma contextualizada e criativa.

A aprendizagem baseada em problemas pode contribuir para dinamizar a sala de aula e possibilita que o conhecimento químico seja construído pelos estudantes.

A escolha da estratégia de ensino por resolução de problemas nesta pesquisa, deveu-se, inicialmente, a sugestão da professora orientadora que possui vasta experiência demonstrada em vários estudos realizados por estudantes em diferentes níveis: iniciação científica, especialização em ensino de química, mestrado e doutorado. As publicações oriundas destes estudos, especialmente as que envolvem sequências didáticas planejadas e aplicadas com uso da ABP encontram-se atualmente sistematizadas num website com o endereço: [www.rpeq.ufrpe.br](http://www.rpeq.ufrpe.br). O processo de construção do website pode ser encontrado no estudo de Freitas (2017).

Após uma leitura aprofundada destas publicações nasceu uma motivação para a construção de produto educacional baseado em uma sequência didática pautada em ABP para minha dissertação de mestrado. Destaco também, o fato da estratégia didática, ABP, proporcionar a construção de uma aula que leva em consideração a realidade vivenciada pelo aluno e que possibilita uma maior interação entre os estudantes e o professor e estudante durante a sequência, me impulsionou nessa direção.

Segundo Oñorbe e Sánchez (1996a), as pesquisas sobre a resolução de problemas em química, na qual se insere a metodologia ABP, apresentam dificuldades em sua sistematização devido à diversidade de concepções na comunidade científica sobre os conceitos de problema e de resolução de problemas. Apesar dessa diversidade, as investigações sobre a resolução de problemas na área de ensino de ciências estão orientadas basicamente em três linhas de pesquisa: (i) variáveis que influenciam o processo de resolução; (ii) a resolução de problemas entre especialistas (expertos) e iniciantes (novatos); (iii) o desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas (PERALES, 2000; CAMPOS e FERNANDES, 2013). Neste sentido, este estudo se insere no item (iii), pois, envolve a elaboração, aplicação e avaliação de uma estratégia didática pautada na ABP relacionada à temática combustão.

No cenário atual, a diversidade de recursos pedagógicos e tecnológicos existentes e a abrangência dos conhecimentos científicos abordados nas escolas indica a necessidade de metodologias que as levem em consideração. Há diversos trabalhos, no ensino de ciências, que evidenciam a contribuição no processo de ensino-aprendizagem, quando o estudante participa ativamente do processo. A Resolução de Problemas como investigação possibilita o professor que, ao ensinar, o faz de maneira participativa, dialogada, num processo no qual cada aluno expõe as suas ideias proporcionam um ambiente favorável a apropriação dos conceitos e fenômenos (WISEK e TOSIN, 2012).

Segundo Castellan (1977), a combustão refere-se a um processo químico que envolve uma reação de oxidação (reação com oxigênio). Os produtos obtidos na reação não podem ser convertidos nos reagentes iniciais, logo o processo é considerado irreversível. Para uma aprendizagem significativa da combustão, como reação química, se faz necessário o uso de estratégias que facilitem a compreensão do aluno. A literatura que discute sobre o ensino de química considera fundamental para o ensino e aprendizagem identificar as concepções iniciais dos alunos sobre o fenômeno, desenvolver atividades diversas, trabalhar com temas geradores e desconstruir a linearidade da ciência (AMARAL e MEDEIROS, 2017).

Amaral e Medeiros (2017) realizaram recentemente uma revisão bibliográfica na revista Química Nova na Escola (QNEsq) sobre a temática combustão. A pesquisa revelou que o estudo da combustão referente ao período compreendido entre 1995 e 2016 permaneceu presente no âmbito de interesse dos pesquisadores; a abordagem da combustão como conteúdo central apresentou uma tímida produção na QNEsq; os estudos encontrados envolveram uma abordagem direta de explicação do processo de reação química da combustão, relacionando esta temática com temas mais amplos como impactos ambientais, história da química e experimentos; as investigações se concentraram no âmbito acadêmico, com predomínio da produção dos professores universitários, havendo uma insuficiência ou lacuna em outros âmbitos educacionais. A análise da pesquisa também revelou apenas um estudo, de Goi e Santos, (2009) que envolveu a análise de uma experiência de utilização de atividades experimentais em laboratório de química a partir da metodologia da resolução de problemas.

Sob esta perspectiva, este trabalho se propõe a responder a seguinte questão de pesquisa: A aprendizagem baseada em problemas articulados a temática combustão possibilita a compreensão de conteúdos químicos pelos estudantes do ensino médio?

## **Objetivo Geral**

Analisar se a aprendizagem baseada em problemas possibilitou a compreensão de conteúdos químicos por estudantes do ensino médio a partir da temática combustão.

## **Objetivos Específicos**

- I. Identificar as concepções prévias dos estudantes do ensino médio referentes à temática combustão;
- II. Verificar a compreensão dos estudantes do ensino médio após a proposição de uma sequência didática articulada a um problema na abordagem da temática combustão.
- III. Investigar as dificuldades dos estudantes após a vivência de uma sequência didática pautada na aprendizagem baseada em problemas articulada a temática combustão.

Dessa forma, a estrutura do trabalho está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 traz a fundamentação teórica com discussão dos tópicos: 2.1. Ensino e aprendizagem de ciências; 2.2. O conceito de exercício e problema; 2.3. Tipos de problemas; 2.3.1 Problemas Escolares; 2.3.1.1 Problema Escolar Qualitativo; 2.3.1.2. Problema Escolar Quantitativo; 2.3.1.3. Problemas do tipo Pequenas Pesquisas; 2.4. Modelo de Aprendizagem Baseada em problemas (ABP); 2.5 Alguns aspectos sobre o tema combustão reportados na literatura. O capítulo 3 aborda sobre os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa buscando a articulação com o problema de pesquisa e os objetivos específicos. O capítulo 4 traz os resultados e discussão da pesquisa. O capítulo 5 aborda sobre as considerações finais.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 Ensino e Aprendizagem de Ciências.

A partir da década de 1960, como lembra Porlán (1998), com o desenvolvimento tecnológico, criou-se uma preocupação de que era importante “ensinar mais e melhor a Ciência”, com o intuito de aumentar a produção tecnológica e científica da sociedade. Na década de 1980, foi constatado que o crescimento tecnológico não provocou, necessariamente, significativa aprendizagem para os estudantes e surgiu a ideia de “Ciência para todos os cidadãos”, levando para as escolas disciplinas científicas e a versão positivista do método científico.

O ensino das Ciências Exatas, principalmente a Química, tem gerado grande insatisfação nos estudantes por conta das dificuldades no processo de aprendizagem. Isso ocorre devido à permanência da maneira tradicional de ensino, em sala de aula sem que haja interdisciplinaridade, sendo o ensino descontextualizado e gerando desinteresse nos (as) estudantes por não conseguirem relacionar o conteúdo visto em sala de aula com os fatos do cotidiano.

O ensino de Química deve possibilitar aos alunos a compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo químico de forma abrangente e integrada. A aprendizagem de forma contextualizada, colaborativa e significativa, possibilita a correlação dos fundamentos teóricos e práticos, adquiridos, para que estes possam perceber a importância socioeconômica da Química, numa sociedade avançada, no sentido tecnológico (TREVISAN e MARTINS, 2006).

Contudo, de acordo com Vygotsky (1987), o processo de aprendizagem se realiza através da relação interpessoal e intersubjetiva entre o professor, o estudante e o objeto de conhecimento, numa relação lógica na qual estão presentes diversos fatores (cognitivos, psicomotores, neurológicos, afetivos, pedagógicos, sociais, históricos e culturais). Com isso, faz-se necessário que haja uma relação entre discente e docente de mútua confiança, gerando um desenvolvimento humano e crítico de aluno e professor.

No cenário do ensino de ciências no Brasil não é difícil listar os inúmeros desafios para a educação científica. Tem-se ausência ou precárias estruturas físicas e as condições de formação e atuação de professores são fatos que demandam tempo, investimento público e social e políticas de Estado voltadas para atingir-se os resultados a longo prazo na melhoria do

ensino de ciências e demais disciplinas. Em 2007, foi apresentada pela Academia Brasileira de Ciências o documento “Ensino de ciências e educação básica: propostas para um sistema em “ com proposta para o aprimoramento do ensino básico, especialmente o ensino de ciências. Passaram-se mais de 10 anos e os problemas persistem. Além de cobrar dos gestores da área de educação, cabe aos educadores implementarem soluções independentes e que possam ser feitas de imediato e com resultados práticos no ensino e na aprendizagem de Ciências. O ensino de ciências é desafiador, pois traz temas que geralmente tratam de assuntos invisíveis a olho nu, mecanismos biológicos complexos que ocorrem no interior de células ou fenômenos químicos que acontecem dentro de reatores ou até nas cozinhas das nossas casas, mas que em geral são abstratos, tanto para o estudante como para o professor (SILVA, FERREIRA e VIERA, 2017).

A formatação da sala de aula tradicional é um dos grandes desafios ao professor do ensino médio quando se trata de tornar o ensino-aprendizagem de ciências com significado para os alunos, com apropriação de conceitos e conhecimentos úteis à vida cotidiana. O ensino por investigação é necessário para o efetivo aprendizado e deve sempre levar em consideração a lógica da disciplina e dos alunos. Para isso, pode-se estabelecer conexões entre diversos pontos dos conteúdos, executar estudos de caso a partir de problemas cotidianos, apresentar textos atuais, propor discussão entre os alunos, explorar conhecimento prévios dos estudantes para que eles exponham problemas e debatam alternativas de soluções. Deve-se estimular a construção de pensamentos e argumentos e conduzir os (as) estudantes a um caminho a apropriação de conceitos científicos, proposição de problemas e suas soluções e absorção do significado dos conteúdos apresentados em sala de aula. Percebe-se que na construção do conhecimento científico são importantes: a prática através de Experimento, levantar hipóteses, levantar problemas e obter soluções para problemas propostos (SILVA, FERREIRA e VIERA, 2017).

O ensino de ciências juntamente com a abordagem construtivista do conhecimento levou a intitulação como Ciência, Tecnologia e Sociedade de forma que haja um questionamento da forma tradicional de estudo da natureza e a diferenciação entre conhecimento teórico e prático e levando a democratização do conhecimento científico e tecnológico de forma atual e contextualizada. A concretização do aprendizado de ciência é resultado do envolvimento do estudante com a construção do conhecimento a partir daquilo que ele já sabe a partir de suas experiências e vida cotidiana. Assim, o ensino de ciências

necessita se originalizar da problematização de temas relevantes ao estudante e que envolvam contextos históricos, sociais, econômicos e culturais (SILVA, FERREIRA e VIERA, 2017).

A maioria dos estudantes tem uma visão equivocada das disciplinas de exatas, devido à complexidade e por exigir maior capacidade de concentração nas questões, gerando uma barreira ao conhecimento. Dessa forma, a abordagem do professor, em sala de aula, deve ser de maneira que forneça aptidão ao aluno em participar de decisões da sociedade, sabendo dos defeitos delas.

Segundo Pozo (1998), é necessário um ensino que desenvolva nos estudantes a capacidade de aprender a aprender, despertando a necessidade da criação de problemas. A ABP pode contribuir nesse sentido. Do ponto de vista metodológico, a ABP tem como ponto de partida a proposição de enunciado que se configure como um problema para o indivíduo. Portanto, é imprescindível trazer a discussão sobre o que diferencia um problema de um exercício, tópico 2.2, que será discutido a seguir.

## 1.2. Conceitos de Exercício e de Problema.

É importante estabelecer uma diferenciação entre os termos problema e exercício no contexto escolar. Para o termo “problema” há alguns elementos que podem caracterizá-lo, que são: a) quando existe a presença de uma barreira ou obstáculo, ou seja, algo que impeça a resolução do enunciado proposto ao indivíduo de forma imediata; b) relevância, pois o processo de resolução representará um importante progresso, (Meirieu, 1998); c) motivação para busca da solução. Neste último, é importante que no enunciado haja a presença de um contexto, podendo ser real ou fictício, mas que permita a articulação com o conhecimento científico, ou o conhecimento químico. (Lopes, 1994).

Por outro lado, o termo “exercício” é utilizado para uma atividade didática que permite ao estudante a utilização de conhecimentos ou habilidades instrumentais básicas, já conhecidas, para a sua resolução (ECHEVERRÍA e POZO, 1998). Os exercícios são utilizados para treinar um conceito e o uso de técnicas, equações ou leis químicas ou ainda para dar exemplo a conteúdos ensinados em sala de aula.

A definição de problema só ocorre quando pode ser constatado que não se dispõe de ferramentas automáticas, permitindo a resolução do mesmo de forma imediata sem que haja algum processo de reflexão ou uma tomada de decisão sobre os próximos passos a serem seguidos (ECHEVERRÍA e POZO, 1998). Segundo Perales, (2000), um problema é

constituído por uma situação incerta, que faz com que quem o resolve padeça tentando encontrar sua solução e assim reduza a tensão inerente a essa incerteza.

O ensino construído através de problemas tornará possível que os estudantes construam o conhecimento que constitui a cultura e a ciência da nossa sociedade, bem como fornecer a eles a habilidade e estratégia para que possam aprender por conta própria novos conhecimentos, possibilitando o desenvolvimento da autonomia nos estudantes.

Além disso, é importante destacar que o termo “problema” é idiossincrático, ou seja, se reveste de um caráter de subjetividade, pois, para algumas pessoas, um enunciado pode representar um problema enquanto para outras pode ser apenas um exercício. A seguir, no quadro 01, estão algumas características dos termos problema e exercício apontadas por Gonçalves et. al. (2007), que trazem uma diferenciação entre eles.

Quadro 01 - Características dos problemas e exercícios

<b>Problema</b>	<b>Exercício</b>
A estratégia para solução é desconhecida.	A estratégia para a solução é conhecida.
Existem várias estratégias para chegar à solução.	Existe apenas uma estratégia para chegar à solução.
Possui várias soluções.	Possui uma única solução.
É de resolução mais complexa por envolver vários conteúdos.	É de fácil resolução por envolver poucos conteúdos.
Implica a aplicação e combinação de várias habilidades instrumentais básicas de forma contextualizada.	Implica apenas a aplicação de habilidades instrumentais básicas sem contextualização.
É preciso a apropriação do problema e motivação para efetuar a resolução.	Não é preciso a apropriação para efetuar a resolução.

Fonte: Gonçalves, 2007

O quadro 02 a seguir mostra alguns exemplos de problemas e exercícios extraídos de Freire (2013).

Quadro 02 – Exemplos de problemas e exercícios

Problema	Exercício
<p>01. Três frascos de vidro transparentes, fechados, de formas e dimensões iguais, contêm cada um a mesma massa de líquidos diferentes. Um contém água, o outro, clorofórmio e o terceiro, etanol. Os três líquidos são incolores e não preenchem totalmente os frascos, os quais não têm nenhuma identificação. Sem abrir os frascos, como você faria para identificar as substâncias? A densidade (d) de cada um dos líquidos, à temperatura ambiente, é igual a: <math>d(\text{água}) = 1,0 \text{ g/cm}^3</math>; <math>d(\text{etanol}) = 0,8 \text{ g/cm}^3</math>; <math>d(\text{clorofórmio}) = 1,4 \text{ g/cm}^3</math>.</p>	<p>01. Faça o Balanceamento da seguinte equação:  <math>\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \text{ -----} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2</math></p>
<p>02. Quais transformações químicas e físicas ocorrem na água captada por uma Estação de Tratamento de Água (ETA) até chegar à torneira de sua residência como água adequada ao consumo humano?</p>	<p>02. Analise as equações a seguir e classifique como fenômenos físicos ou químicos:            a) <math>[\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_{3(\text{s})} + 3\text{H}^+_{(\text{aq})}]</math>            b) <math>\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}</math></p>
<p>03. Qual é a concentração de íon cloro da água da torneira?</p>	<p>03. Calcule a concentração em mols por litro de íon cloro numa solução formada a partir da dissolução de 2,0g de NaCl em 1L de água?</p>
<p>04. Em um cilindro se introduz uma quantidade de metano. Qual é a pressão em seu interior?</p>	<p>04. Usando a equação dos gases ideais calcule a pressão do gás metano no interior de um cilindro de 45L onde contem 3,3Kg desse gás a 20°C.</p>

05. Asfixiar-se-á uma pessoa que esteja dormindo em um apartamento no qual se queima gás em uma estufa?	05. Quantos litros de oxigênio medidos nas CNTP são necessários para a combustão de 100L de butano medidos nas mesmas condições?
---	--

Fonte: Freire, 2013

Para a resolução do problema 01 do quadro 02, por exemplo, o estudante deve identificar que todos os frascos são idênticos e possuem três líquidos diferentes, cujas massas desses líquidos são idênticas. Com isso o estudante deve pensar que os volumes dos líquidos serão diferentes, visto que todos os líquidos são de natureza diferente apresentando densidades diferentes. Assim, o estudante irá conseguir identificar o clorofórmio, a água e etanol pelo volume apresentado nos frascos. Como a densidade e o volume são grandezas inversamente proporcionais, o frasco que tiver o menor volume será o do clorofórmio (maior densidade), o de maior volume será o do etanol (menor densidade) e o de volume intermediário será o da água.

Para a resolução do exercício 01, o estudante deve apenas balancear as equações, acertando os coeficientes estequiométricos, fazendo com que haja a mesma quantidade de átomos no reagente e na solução, contemplando assim, a conservação das massas proposta pelo cientista Lavoisier.

É importante destacar que exercícios e problemas têm funções definidas e ambos apresentam vantagens e desvantagens para o processo de ensino e aprendizagem. A manipulação de exercícios pelos estudantes permite que eles consolidem habilidades desenvolvidas, como manuseio de equações, unidades de grandezas, conversão de unidades de grandeza, etc. Os problemas planejados e propostos pelo professor podem favorecer o desenvolvimento de competências nos estudantes, pois, possibilitarão a mobilização de conceitos, procedimentos e atitudes. Existem estudos que trazem a resolução de problemas em Química como potencial para o desenvolvimento de diversas aprendizagens nos estudantes relacionadas com conteúdos químicos do tipo conceitual, procedimental e atitudinal. Pode-se afirmar que da década de noventa até os dias atuais houve um crescimento significativo de pesquisas que envolvem a proposição de problemas em Química como ponto de partida para a aprendizagem, e associado a isso elaboração/utilização/desenvolvimento de instrumentos didáticos como forma de dar subsídios aos estudantes para se posicionarem diante dos problemas propostos. As referidas pesquisas envolvem estudantes em diferentes níveis de

ensino. Algumas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa intitulado “Resolução de Problemas no Ensino de Química encontram-se no quadro 03”.

Quadro 03. Estudos sobre problemas propostos pelo grupo de pesquisa da UFRPE.

Problemas	Instrumentos Didáticos	Conteúdo Químico	Nível de Ensino
<p>1- O diamante é uma substância que apresenta uma dureza elevada. Por isso, é utilizado na perfuração de rochas. Na sua composição apresenta apenas átomos de carbono. A grafite é uma substância que possui resistência baixa. É empregada na fabricação de lápis e também é constituída apenas por átomos de carbono. Na escala de dureza o diamante é o mais duro com valor igual a 10 e a grafite é um dos materiais mais moles com dureza igual a 1. A grafite é um condutor elétrico ao contrário do diamante que é considerado um isolante. Por conduzir eletricidade a grafite é utilizada em fornos elétricos. Por que há diferença de dureza tão acentuada nessas substâncias uma vez que ambas são constituídas apenas por carbono? Por que só a grafite conduz corrente elétrica? Que tipo de ligação química ocorre nessas substâncias? (FERNANDES, 2014).</p>	<p>Questionário de concepções prévias (FERNANDES et al, 2010), vídeos, simulação computacional sobre as estruturas cristalinas do diamante e grafite</p>	<p>Ligação Química (covalente)</p>	<p>Superior (Química)</p>
<p>2- Os vasos são objetos que estão comumente presentes na decoração dos ambientes de uma casa. Eles podem ser constituídos por vários materiais: vidro, gesso, barro, prata, porcelana, etc. Suponha que uma casa contém dois vasos idênticos, sendo um de prata e outro de gesso, e que os dois despenquem de uma prateleira. Ao cair ao chão, o vaso de gesso quebra-se em vários pedaços enquanto que o de prata apenas</p>		<p>Ligação</p>	

<p>amassa. Porque o comportamento dos vasos foi tão diferente? Como você representaria a estrutura microscópica das ligações presentes nas substâncias constituintes desses vasos? (FERNANDES, 2013).</p>	<p>Hipermídia e vídeos.</p>	<p>Química (iônica e metálica)</p>	<p>Superior (Química)</p>
<p>3- Seis homens foram presos em flagrante roubando fios de cobre da empresa de telefonia Oi, embaixo do viaduto do Cabanga. A polícia chegou até os suspeitos por meio de denúncias anônimas de que uma quadrilha estaria furtando o material próximo ao viaduto. Ao chegar ao local, os policiais encontram um caminhão caçamba com 13 tubos de fios de cobre. Cada tubo possui cerca de seis metros. De acordo com informações repassadas pelos suspeitos aos policiais, cada quilo de fio de cobre seria vendido a R\$ 7. Após a prisão, o grupo foi encaminhado à Delegacia de Plantão da Boa Vista. Todos foram autuados por furto qualificado e formação de quadrilha. A reportagem acima relata o roubo de fios de cobre. Porque esse metal é utilizado na transmissão de energia elétrica? Justifique sua resposta considerando os aspectos macroscópico, teórico e representacional do conhecimento químico.</p>	<p>Questionário de concepções prévias (CAMPOS et al, 2013)  Hipermídia sobre ligação metálica (Cavalcanti et al, 2013), vídeos, atividade experimental</p>	<p>Ligação Química (Metálica)</p>	<p>Superior (Química)</p>
<p>4- As origens do estudo químico da isomeria remetem ao século XVIII, quando dois grandes cientistas da época, os alemães Liebig e Wöhler enviam, independentemente, artigos relatando a descoberta de determinado composto de prata (AgCNO) para publicação. Porém, o editor nota que apesar da mesma fórmula proposta nos dois artigos, as propriedades citadas eram bem diferentes. Pensando na estrutura dos</p>	<p>Questionário, entrevista, texto e modelos moleculares.</p>	<p>Isomeria</p>	<p>Superior (Química)</p>

<p>compostos, qual explicação você daria?</p> <p>5- Para o tratamento anti-tumoral em pacientes em estado inicial, o diretor-médico de um importante hospital da Região Metropolitana do Recife faz um pedido de determinada substância a um laboratório químico da região, expressando no fax enviado apenas a fórmula “molecular” do composto: <math>[Pt(NH_3)_2Cl_2]</math>. produto químico foi feito, mas apenas algumas amostras se mostraram eficientes no tratamento da doença. O que pode ter ocorrido? (SIMÕES NETO et al, 2013).</p>			
<p>6- (Adaptado de “O Estado de S. Paulo” - Estadão - 29 de outubro de 2009) <a href="http://www.estadao.com.br/noticias/geral,-santos-hospital-e-acusado-de-simular-radioterapia,458297,0.htm">http://www.estadao.com.br/noticias/geral,-santos-hospital-e-acusado-de-simular-radioterapia,458297,0.htm</a>) Um dos mais importantes hospitais do litoral paulista foi investigado em 2009, sob a suspeita de ter simulado tratamentos de radioterapia oferecidos a pacientes com câncer. O Ministério Público Estadual (MPE) apurou que pelo menos sete doentes passaram pelo chamado acelerador linear – dispositivo que emite feixes de radiação sobre a área afetada – em um período em que o aparelho estava quebrado. Em depoimento, uma técnica do setor de radioterapia confirmou a prática e disse ter recebido ordens para ludibriar pacientes, que teriam partido de um dos médicos responsáveis pela unidade de radioterapia do local desde 1986. Os pacientes que eram tratados nesta unidade de radioterapia foram relocados para outros hospitais. A unidade está fechada desde julho de 2009, quando surgiram as primeiras</p>	<p>Questionário de concepções prévias (SILVA et al, 2013)</p> <p>Charge, simulações, aulas teóricas e um texto adaptado.</p>	<p>Radioatividade, processos de decaimento, tempo de meia-vida.</p>	<p>Superior (Química)</p>

<p>denúncias de que um dos equipamentos de radioterapia funcionava com a bomba de cobalto (fonte de radiação) vencida havia dois anos. A direção do hospital abriu sindicância para apurar os indícios de irregularidades no atendimento aos pacientes e se comprometeu a repassar ao MP as informações coletadas. “Estamos estarecidos com o que aconteceu”, disse o diretor técnico do hospital.</p> <p>Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida? O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento? Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?</p>			
<p>7- É comum em países muito frios que as pessoas coloquem sal para ajudar a derreter a neve e impedir que se forme novamente nas estradas, a fim de que se evitem acidentes. Outro fenômeno interessante que acontece é quando adicionamos uma porção de sal em água fervendo, pois a mesma pára de ferver, precisando ser mais aquecida para que volte à fervura. Utiliza-se também o sal para desidratar e conservar os alimentos. Como esses fatos podem ser explicados utilizando os aspectos representacional, macroscópico e microscópico do conhecimento químico? (VERÍSSIMO, 2011).</p>	<p>Questionário, texto didático, atividades experimentais</p>	<p>Propriedades Coligativas</p>	<p>Ensino Médio (Química)</p>
<p>8- Um agricultor que possui uma</p>			

<p>pequena propriedade de solo arenoso, no interior do estado de Pernambuco, costumava cultivar uma monocultura de feijão por longos períodos. Após alguns anos, observou-se que sua produção vinha diminuindo a cada colheita. Para que ele volte a obter a produção de antes, é necessária uma correta adubação no solo, mas como determinar a quantidade necessária e qual o melhor tipo de adubo para essa plantação? (LACERDA et al, 2012).</p>	<p>Texto, estruturas moleculares e um jogo.</p>	<p>Misturas, Substância simples, substância composta e Elemento Químico</p>	<p>Ensino Médio (Química)</p>
<p>9- O cálcio é um elemento químico de extrema importância para a vida, sendo muito abundante no organismo animal onde é encontrado na forma de mineral. Grande parte desse elemento está presente no esqueleto e nos ossos. É considerado também um nutriente por excelência, assim como as vitaminas, carboidratos e proteínas. As principais funções do cálcio são: na formação, manutenção e desenvolvimento de ossos e dentes, coagulação do sangue, contração muscular, ativador de enzimas e secreção de hormônios, entre outras. Sua falta na nossa alimentação ocasiona sérios problemas nutricionais. No mundo animal observa-se que quando há deficiência desse mineral, ocorrem sequelas como: pelo sem brilho, olhar tristonho, queda na produção leiteira, osteoporose e anorexia, entre outras. Trabalhando com casca de ovos de galinha no laboratório, de que maneira podemos determinar a presença do íon cálcio (<math>Ca^{2+}</math>)? Como responder a esse problema, utilizando os aspectos fenomenológico, teórico e representacional do conhecimento químico?</p>	<p>Questionário de concepções prévias (LUCENA et al, 2012), atividades experimentais</p>	<p>Reações químicas, diferenciação entre processos químicos e físicos associados com conteúdos de Medicina Veterinária</p>	<p>Ensino Superior (Medicina Veterinária)</p>
<p>10- Alguns brinquedos, como por exemplo, os conhecidos como os “geloucos” e outros enfeites infantis como estrelinhas de plástico que são colocadas no teto do quarto de crianças, para imitar um céu estrelado, elas brilham no escuro. Estes objetos intrigam, fascinam as crianças</p>	<p>Questionário de concepções prévias, Confecção de</p>	<p>Fenômenos de fosforescência e sua relação com</p>	<p>Ensino Médio (Química)</p>

<p>e a todos nós. Por quê isso ocorre? (CAMPOS, 2013).</p>	<p>objetos fosforescentes na forma de bonecos de biscuit (resina dopada com sulfeto de cobre e zinco, ZnS:Cu<sup>2+</sup>), atividades experimentais</p>	<p>o modelo atômico de Bohr; ideias sobre quantização de energia, níveis eletrônicos</p>	
<p>11- O prefeito de uma cidade no interior de Pernambuco observou que nos últimos anos houve uma crescente produção de lixo ocasionada pelos moradores de sua cidade. Tendo já este problema gerado muitas doenças e um enorme prejuízo aos cofres públicos, pensou em resolvê-lo. Para que o prefeito consiga acabar com essa questão social complexa é necessária uma correta conscientização desta população e controlar a produção do lixo local, mas como orientar a população a mudar suas atitudes e quais as possíveis formas de tratamento para o lixo? (DA SILVA, 2014).</p>	<p>Análise de figuras da internet sobre reações químicas e processos físicos, seminários com confecção de cartazes sobre lixo e o meio ambiente, vídeo.</p>	<p>Reações químicas, processos físicos, diversas formas de tratamento do lixo.</p>	<p>Ensino médio (Química)</p>
<p>12- No final de semana após um almoço em família você foi escalado para lavar as louças em sua casa utilizando sabão líquido. Nesse momento, em conversa sobre assuntos de Química com seu irmão Gabriel, que cursa Licenciatura em Química, você fez algumas perguntas propostas por seu professor nas aulas de Química: P1). Como o sabão líquido é produzido nas indústrias que fabricam Produtos de Limpeza? P2). Ocorre algum tipo de transformação durante a</p>	<p>Palestra, atividade e oficial experimental, texto didático, elaboração de questões.</p>	<p>Reações químicas de saponificação, ácido e base, pH, indicadores de pH,</p>	<p>Ensino Médio (Química)</p>

produção de sabão líquido? Justifique sua resposta. (SOUZA e BATINGA, 2013).		funções orgânicas Processo de fabricação do sabão líquido.	
--	--	---	--

Fonte: [www.rpeq.ufrpe.br](http://www.rpeq.ufrpe.br)

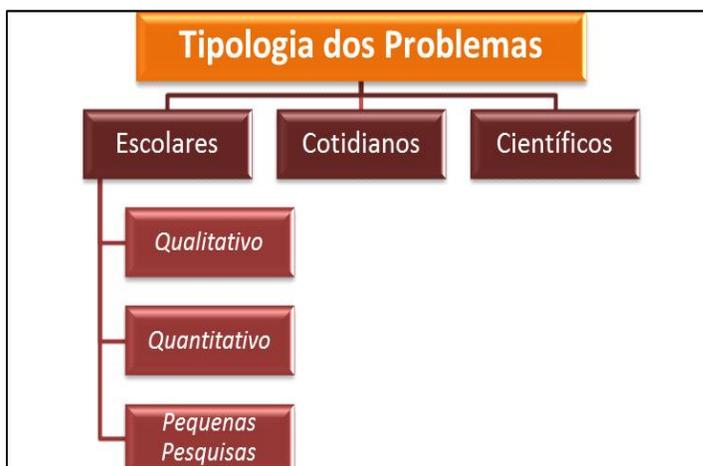
É válido ressaltar que os estudos na íntegra sobre os problemas abordados no quadro 03 podem ser encontrados no website: [www.rpeq.ufrpe.br](http://www.rpeq.ufrpe.br).

No tópico a seguir são apresentadas as tipologias dos problemas.

### 1.3 Tipos De Problemas.

Na literatura, os autores trazem diferentes classificações ou tipologias de problemas. Nesta investigação serão descritas as ideias trazidas por Pozo (1998) e Pozo & Crespo (2009). Segundo esses autores os problemas podem ser de três tipos: científicos, cotidianos, escolares (figura 01).

Figura 1. Tipologia dos problemas



Fonte: Pozo, 1998.

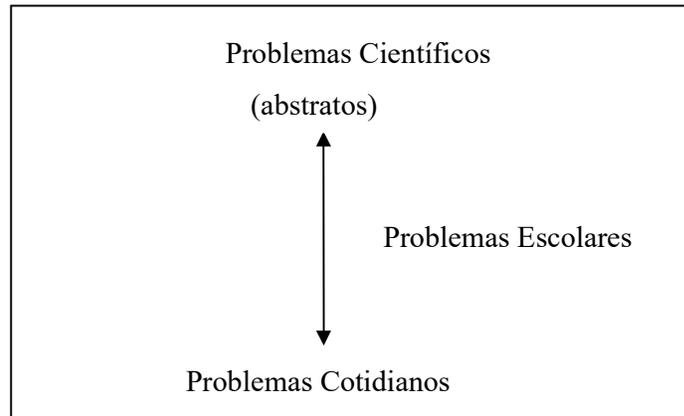
Segundo Pozo (1998) os problemas científicos estão relacionados com aquelas situações que ocorrem no âmbito da pesquisa científica e que contribuem para o progresso da ciência uma vez que a ciência cresce à medida que os problemas surgem, são solucionados, novos problemas surgem. Um exemplo deste tipo de problema foi o que aconteceu quando os pesquisadores buscaram um entendimento sobre a natureza da matéria, ou seja, do que era constituída a matéria. Esse problema perdurou por séculos tendo contribuição de diversas áreas do saber, mais especificamente, contribuições importantes da Física e da Química. Diversas teorias que envolvem os modelos atômicos surgiram, muitos deles articulados a experimentos científicos envolvendo tubos de descarga contendo gás, interações entre eletricidade e matéria, interações entre radiação e matéria (espectroscopia), dentre outros. Ainda, segundo Pozo (1998), a pesquisa científica apoia-se principalmente na elaboração de modelos teóricos para interpretar os fatos da natureza, assim exige abstração por parte do pesquisador. Por isso, podemos dizer que o conhecimento científico é abstrato por natureza.

Trazendo a relação da ideia de um problema científico para uma situação didática escolar, o estudante ao se deparar com um problema científico resolveria um problema seguindo etapas que têm relação, mesmo que de forma simplificada, com o método científico ou da ciência que envolve curiosidade, formulação de hipóteses, utilização/apropriação de modelos teóricos, etc.

Para Pozo (1998), os problemas cotidianos são ditos espontâneos do mundo real, que podem surgir a qualquer momento no dia-a-dia das pessoas e que requer uma solução. São problemas não intencionais, surgem de forma inesperada, mas também demandam um processo ou técnicas para se chegar a uma solução. Para isso, o resolvidor faz uso do conhecimento cotidiano, conhecimento científico, ou do senso comum (concreto).

Assim, o conhecimento científico se dá numa dimensão da abstração por parte do indivíduo e o conhecimento cotidiano se dá numa dimensão concreta, sendo construído pelo indivíduo por meio das experiências vivenciadas por ele nos diversos contextos do mundo real. Os problemas escolares, aqueles em que os estudantes se deparam com contexto escolar devem constituir uma aproximação entre os problemas científicos e cotidianos.

Figura 02. Relação entre problemas científicos, cotidianos e escolares.



Fonte: O Autor, 2019.

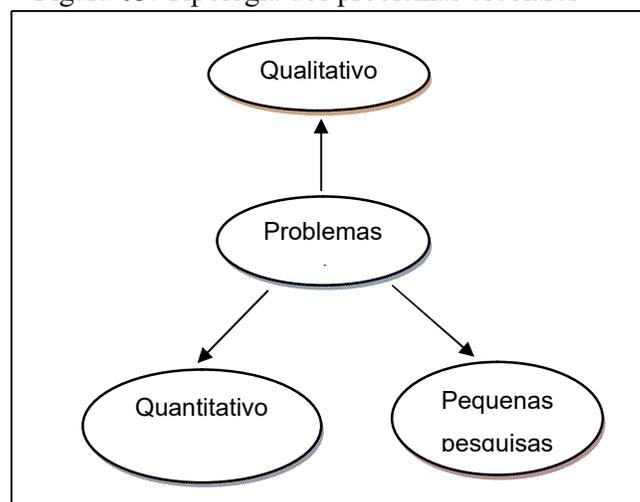
O professor necessita então na busca por trabalhar com problemas escolares a aproximação dos conhecimentos científicos e conhecimentos cotidianos já trazidos, construídos pelos estudantes ao longo de suas experiências cotidianas e acadêmicas (figura 2).

A função dos problemas escolares é conectar os problemas do cotidiano com os científicos, fazendo com que os estudantes criem situações progressivas, avançando no conhecimento de forma que evolua para aprender novas formas de pensar e agir que se aproximem da resolução de problemas científicos.

### 1.3.1 Problemas Escolares

Pozo e Crespo (2009) classificam os problemas escolares como sendo: qualitativos, quantitativos e pequenas pesquisas (figura 03).

Figura 03. Tipologia dos problemas escolares



Fonte: Pozo e Crespo, 2009.

#### *1.3.1.1 Problema Escolar Qualitativo*

São problemas escolares qualitativos os que não necessitam da utilização de cálculos numéricos e que não precisam de experiências ou manipulações experimentais, ou seja, são resolvidos através de raciocínios teóricos (POZO, 1998). Estes são importantes na introdução de novos assuntos, pois geram reflexão dos estudantes e em aulas seguintes podem ser complementados com atividades didáticas. Esses problemas têm o intuito de fazer o estudante relacionar fatos ou conceitos científicos com situações do seu cotidiano, interpretando através dos conhecimentos pessoais. Este é um tipo de problema utilizado para a construção de conceitos científicos, no qual os estudantes devem utilizar conhecimentos prévios, gerando uma hipótese e assim procurando as possíveis soluções possíveis para o mesmo. No quadro 04 a seguir estão alguns exemplos de problemas escolares qualitativos.

#### Quadro 04. Problemas escolares qualitativos

Como ocorre o processo de formação da ferrugem?

Explique quimicamente: por que quando colocamos um copo sobre uma vela que está acesa em um prato ela se apaga?

Fonte: Batinga, 2011

Pozo (1998) considera que a abordagem de problemas qualitativos também tidos como problemas abertos possibilita a ativação dos conhecimentos prévios dos estudantes, potencializando dessa forma as interações entre o professor e os estudantes.

#### *1.3.1.2. Problema Escolar Quantitativo*

Os problemas escolares quantitativos apresentam um enunciado que envolve principalmente quantidades, fazendo com que os estudantes façam uso de dados numéricos para a resolução. Segundo Pozo (1998), os problemas quantitativos, diferentemente do que ocorre nos problemas qualitativos, os estudantes devem se basear em cálculos matemáticos, na comparação de dados e na utilização de fórmulas e equações. Isso aproxima os alunos a

diversas técnicas e algoritmos, fornecendo um importante material para a resolução de problemas mais complexos.

A grande questão que envolve o manuseio de problemas quantitativos no contexto escolar é quando os estudantes consideram que um problema foi resolvido quando se obtém um valor (dado numérico), sem uma reflexão crítica sobre o que foi obtido. Por isso, deve-se ressaltar a importância de verificar a complexidade dessas equações matemáticas para que a parte química do problema não seja mascarada e se torne apenas um problema matemático. Porém, é o problema mais adequado para a compreensão de leis da natureza, pois permite criar simples relações entre diversas grandezas científicas.

Os problemas escolares quantitativos são usados frequentemente nas aulas de Química (POZO, 1998). Esses problemas são importantes quando se objetiva desenvolver e consolidar nos estudantes a manipulação de grandezas, medidas, transformações de unidades articuladas a diferentes grandezas, manipulações de cálculos, etc. No entanto, quando a ênfase no ensino acontece nessa direção, há pouco ganho conceitual por parte dos estudantes. Segundo Pozo “A quantificação nos problemas de ciências é um meio para facilitar a compreensão e a abordagem dos conceitos científicos, mas não constitui a finalidade do problema (1998, p.83)”. Pozo (1998) coloca que o resultado obtido não é um fim em si mesmo mas um meio para que professor e estudantes reconheçam os conceitos que foram utilizados na resolução e interpretem os dados dentro do marco teórico da ciência utilizado. O quadro 5 a seguir ilustra alguns problemas escolares considerados quantitativos.

#### Quadro 05. Problemas escolares quantitativos

Na reação de combustão do pentano ( $C_5H_{12}$ ), este composto reagiu com o oxigênio para produzir dióxido de carbono e água. Ajuste a reação e calcule a massa de água que se obtém a partir de 216 gramas de pentano.

Uma solução é preparada dissolvendo-se 5g de ácido clorídrico em 35g de água. Agita-se para que o ácido dissolva totalmente, e no final obtemos uma solução cuja densidade é

Fonte: Pozo e Crespo, 2009.

Atualmente, os problemas quantitativos citados por Pozo são considerados exercícios, pois já se tem um caminho definido para resolução, ainda que em muitas questões quantitativas necessite de várias etapas para se chegar a solução, o estudante sabendo o

percurso de etapas definidos ou o algoritmo necessário para a resolução do mesmo, em outra situação similar ele conseguirá resolver o enunciado proposto.

### *1.3.1.3. Problemas do tipo Pequenas Pesquisas*

Os problemas denominados pequenas pesquisas são aqueles que envolvem uma atividade prática, podendo ocorrer tanto no laboratório como fora dele. As pequenas pesquisas possibilitam a aproximação do estudante com o trabalho científico, pois, as atividades elaboradas exigem que os alunos observem, levantem questionamentos, formulem hipóteses. Também favorecem ações procedimentais por parte dos estudantes como estratégias de busca, análise de dados, etc. O quadro 06 a seguir traz alguns exemplos de problemas escolares do tipo pequenas pesquisas.

#### Quadro 06. Exemplos de problemas do tipo pequenas pesquisas

Determinar se os sucos de melancia e laranja apresentam comportamento ácido ou básico. Qual destes sucos possui maior valor de pH?

Quando soltamos um corpo ele é atraído pela terra e cai livremente até o solo. Se deixamos cair dois corpos, um grande e outro pequeno, qual chegará antes ao chão? Desenhe um experimento que permita responder a essa pergunta e determine quais fatores

Fonte: Batinga, 2011; Pozo e Crespo, 2009.

Da mesma maneira que foi discutido em relação aos problemas quantitativos, se as pequenas pesquisas não forem bem trabalhadas pelo professor com os estudantes elas também podem ser consideradas apenas exercícios. Particularmente se a atividade for guiada por um conjunto de instruções em que o estudante se limita a seguir um exemplo para ilustrar um princípio ou uma lei da química ou física ou em reprodução de experimentos tradicionais, como explicitam Pozo & Crespo (2009).

Sob esta perspectiva neste estudo utilizaremos a resolução de problemas articulados a uma sequência didática, como ponto de partida para compreensão de conteúdos químicos relacionados à temática combustão. Os estudantes serão inicialmente confrontados com uma situação problemática aberta e qualitativa. Desta maneira, os alunos serão conduzidos a adquirirem seus próprios conhecimentos, através de estratégias e atividades de resolução realizadas por eles, que visam a compreensão de conceitos químicos subjacentes ao problema proposto (ENGEL, 1997; LEITE e AFONSO, 2001).

#### 1.4. Modelo de Aprendizagem Baseada em problemas (ABP)

O modelo de aprendizagem baseada em problemas surgiu na década de sessenta (60) na faculdade de Medicina no Canadá. Naquele contexto havia uma insatisfação da comunidade pelo fato dos estudantes não estarem adquirindo os conhecimentos esperados durante a formação. Nesta perspectiva o modelo de ensino e aprendizagem baseado em resolução de problemas surge como um distanciamento e alternativa ao modelo de ensino tradicional (transmissão-recepção), centrado no professor, com pouca participação dos estudantes e fundamentado na memorização e acúmulo de informações.

As experiências exitosas do modelo ABP empregado na faculdade de Medicina foram ponto de partida para que o modelo fosse utilizado em outros campos de conhecimento. Assim, é possível encontrar atualmente essa metodologia em uso em diferentes áreas do saber, como: administração, pedagogia, enfermagem, economia, química (RIBEIRO, 2010).

O modelo de aprendizagem baseado em problemas é considerado atualmente uma metodologia ativa, pois o aluno é parte central no processo educativo. Nesta direção, geralmente os estudantes trabalham em conjunto, sendo parceiros uns dos outros, cooperadores no processo de resolução do problema proposto pelo professor. O professor neste caso, não é mero transmissor de informações a serem “absorvidas pelos estudantes”. Cabe a ele pensar em: (i) enunciados que incluem contextos e/ou temáticas articulados a conhecimentos científicos; (ii) ter uma ideia sobre o nível cognitivo dos estudantes que compõem sua turma a fim de que o enunciado não seja considerado tão fácil e a princípio resolutivo pelos estudantes; nem tão difícil de tal forma que os estudantes evitem a aprendizagem. Também, o professor necessita ter clareza sobre os objetivos de aprendizagem a fim de incluir no enunciado o (s) obstáculo (s) desejado (s). Assim, o professor precisa ser um estrategista, no sentido de pensar um problema como ponto de partida e ao mesmo tempo elaborar atividades que se constituam em possibilidades de caminho de orientação para os estudantes seguirem e superarem o (s) obstáculo (s) presente (s) no problema proposto.

Não há na literatura um caminho metodológico único definido para o uso da ABP no contexto escolar. Autores como Leite e Afonso (2001) e Esteves (2005) propuseram orientações referentes ao uso da ABP bem como sua aplicação.

Segundo Leite e Afonso (2001), o ensino baseado em uma estratégia que usa como enfoque a resolução de problemas segue um modelo organizado em 4 fases que apresentam

objetivos diferentes, são eles: (i) a seleção de um contexto problemático, (ii) formulação dos problemas, (iii) resolução do (s) problema (s) e (iv) síntese e avaliação do processo.

A primeira fase (i) tem como início a seleção de um contexto ao qual os problemas serão elaborados. O professor é figura única e primordial para esta etapa. O contexto problemático selecionado deve possibilitar ao professor abordar os conceitos desejados, assim como diferentes problemas que despertem interesse e motivem os alunos na busca por soluções para os problemas expostos.

A segunda fase (ii) consiste em uma etapa onde o professor atua como orientador e os alunos são os principais sujeitos desta etapa. Nesta etapa, os estudantes são expostos ao problema. Segundo Leite e Afonso (2005), a partir de uma análise do problema, os alunos são conduzidos (não diretamente) a formular questões relacionadas aos seguintes aspectos: “O que já sei/já me é familiar?”, “O que não sei/não compreendo/nunca ouvi falar?”, “O que gostaria de saber/aprofundar sobre este assunto?”. As prováveis respostas dos alunos, sobre o problema exposto, surgem nesta fase. O professor, nesta etapa incentivará, de forma indireta, os alunos a utilizarem os seus conhecimentos prévios. Posteriormente, o professor discutirá as questões levantadas pelos alunos e as possíveis hipóteses e soluções encontradas pelos mesmos, possibilitando assim, uma aprendizagem cooperativa.

Na terceira fase (iii), o professor, mais uma vez, atuará como orientador e o aluno é o principal sujeito desta etapa e será responsável por solucionar as questões que surgiram na segunda fase, assim como a situação problemática ao qual foram expostos. Para a resolução dos problemas, os alunos devem reinterpretar os problemas, estabelecer estratégias para a resolução e identificar as possíveis ações para a resolução das mesmas. Para tanto, os estudantes terão acessos a instrumentos didáticos selecionados previamente pelo professor; além disso, os estudantes poderão buscar informações ou realizar atividades que não lhe foram propostas, contudo, é papel do professor fornecer informações suficientes para a resolução dos problemas. Os estudantes e o professor devem realizar uma síntese final dos conhecimentos – conceituais, procedimentais e atitudinais – adquiridos e/ou gerados (FREITAS, 2017).

Na quarta fase (iv), professor e estudante, trabalharão em conjunto buscando responder perguntas como: “O que é que eu aprendi de novo?” e “O que ficou por esclarecer?” (LEITE e AFONSO, 2005). Nesta etapa, professor e aluno avaliarão a(s) possível (eis) solução (es) para o problema exposto, tal como validarão a(s) possível (eis) solução (es)

encontrada(s). No final, professor e estudante avaliarão todo o processo de resolução, levando em consideração os seguintes pontos: a efetividade desta estratégia para a aprendizagem do conhecimento científico, o desenvolvimento social, ético, moral e pessoal do estudante e os conhecimentos desenvolvidos.

Schmidt (1983) também propõe algumas etapas e ações a serem seguidas quando for utilizada a ABP. As etapas e ações estão descritas no quadro 8 a seguir.

Quadro 07. Passos e Ações a serem seguidos segundo ABP

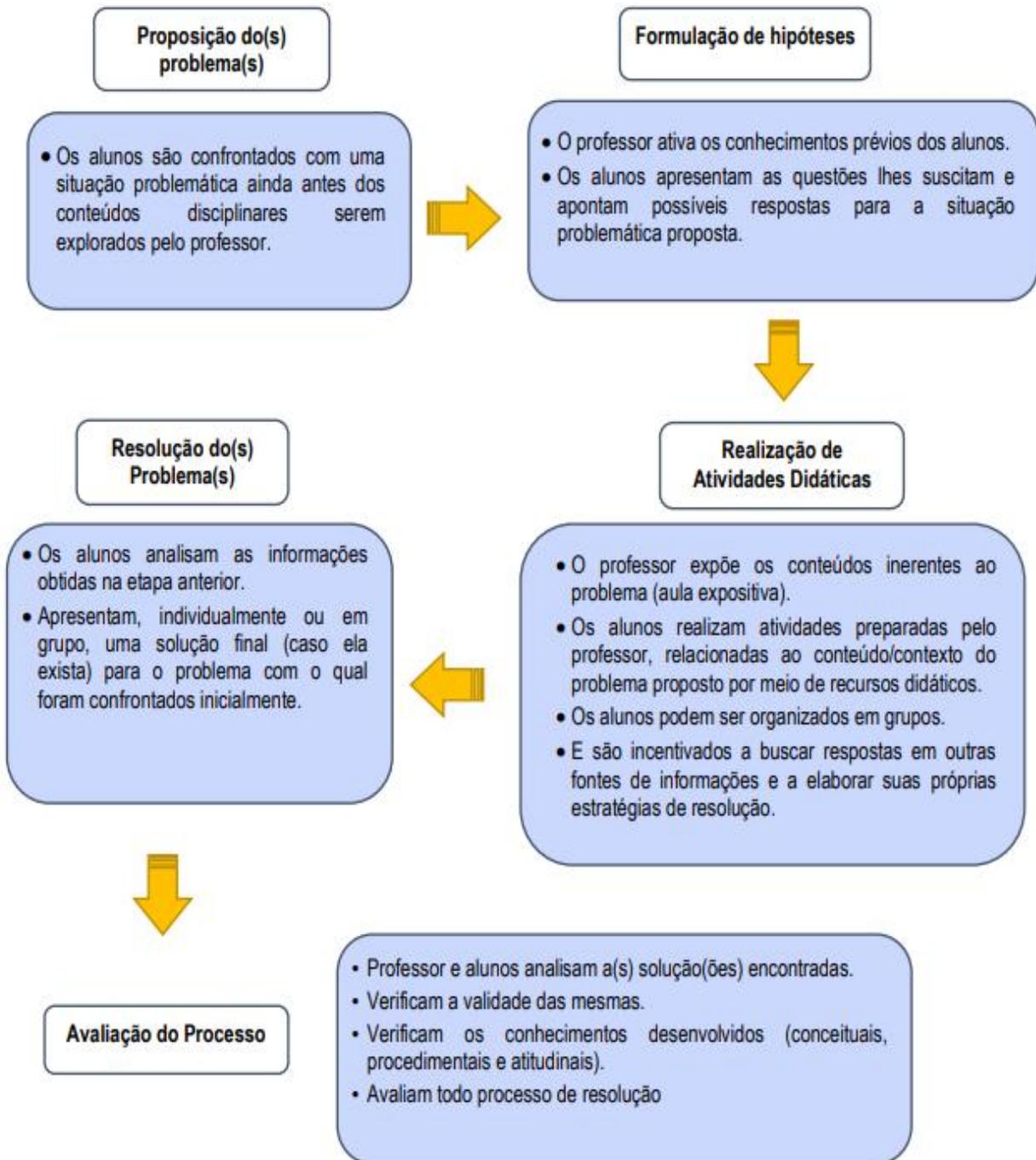
<b>Passos</b>	<b>Ações</b>
1º. Esclarecer termos e expressões no texto do problema.	Esclarecimento de todos os termos presentes no enunciado do problema.
2º. Definir o problema.	Estabelecer quais as informações ou meios necessários para solucionar o problema.
3º. Analisar o problema.	Propor soluções para o problema de acordo com os próprios conhecimentos (brainstorm).
4º. Sistematizar a análise e hipóteses de explicação, ou solução do problema.	Sistematizar as soluções propostas no passo anterior e elaborar um plano de aplicação de uma possível solução.
5º. Formular os objetivos de aprendizagem.	Estabelecer quais conhecimentos são necessários aprender para solucionar o problema.
6º. Identificar fontes de informação e adquirir novos conhecimentos individualmente.	Identificar os recursos necessários para adquirir os conhecimentos para solucionar o problema.
7º. Sintetizar conhecimentos e revisar hipóteses iniciais para o problema.	Apresentar uma solução para o problema de acordo com os conhecimentos adquiridos nos passos anteriores.

Fonte: Fernandes, 2014.

Observe que o primeiro envolve o esclarecimento das possíveis dúvidas dos estudantes quanto aos termos empregados no enunciado. A segunda etapa envolve um levantamento quanto às informações expostas no enunciado. A etapa seguinte estabelece um momento em que os estudantes irão analisar o enunciado, propor hipóteses e possíveis soluções. Depois os alunos irão sistematizar as possíveis soluções propostas no passo anterior e elaborar um plano de aplicação. A quinta etapa envolve o estabelecimento de quais conhecimentos são necessários aprender para solucionar o problema. Na sexta etapa os estudantes terão contato com as atividades pensadas e planejadas pelo professor a fim de que os estudantes possam adquirir novas compreensões sobre os conteúdos trabalhados. Na sétima etapa os estudantes irão rever suas hipóteses iniciais e trazer uma possível solução para o problema proposto.

A partir de um levantamento feito por Freitas (2017) sobre as principais orientações metodológicas da abordagem de ensino por resolução de problemas, a autora propõe um esquema, mostrado na figura 4, que, de modo geral, engloba os aspectos para esta abordagem didática e norteará este trabalho.

Figura 04. Sequência metodológica da resolução de problemas em sala de aula



Fonte: Freitas, 2017

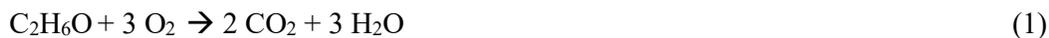
### 1.5 Alguns Aspectos Sobre O Tema Combustão Reportados Na Literatura.

A definição científica de combustão, conforme Castellan (1977) consiste em uma reação de oxidação que sofre alteração em relação ao seu estado original, ou seja, os produtos do estado final não podem ser revertidos ao estado original. Ou seja, essa transformação é um processo irreversível e o sistema, depois da reação, encontra-se em temperatura mais quente. Assim, haverá transferência de calor para vizinhança com o objetivo de restaurar o sistema à sua temperatura inicial. Nesse caso, é uma reação química exotérmica ( $q < 0$ ), ou seja, libera energia sob forma de calor, sendo negativo o valor do seu calor de reação (MEDEIROS e AMARAL, 2017).

Segundo Farias e Santos (2002), combustão é uma reação química em que são necessários calor (alta temperatura), combustível e comburente, em proporções adequadas. É importante ressaltar que toda combustão é um processo exotérmico e irreversível, e a energia liberada pode ser aproveitada em diversos sistemas. Neste processo, dito irreversível, depois da reação, o produto encontra-se a uma temperatura maior do que antes da reação ocorrer, e o sistema tentará restaurar a temperatura inicial, exalando calor – sendo, assim, uma reação exotérmica.

Segundo Amorim, Dal Pino e Ridenti (2018), a reação de combustão completa indica o que conhecemos como proporção estequiométrica. Em uma reação de combustão completa, haverá apenas uma proporção entre a quantidade de matéria do combustível e a quantidade de matéria do oxidante ( $O_2$ ), levando em consideração que as únicas espécies químicas produzidas neste processo sejam  $H_2O$  e  $CO_2$  e desconsiderando a dissociação que poderia resultar do aumento da temperatura do meio. Usualmente, as equações de combustão completa são representadas mantendo o coeficiente estequiométrico do combustível igual à unidade.

Segundo os autores supracitados a reação de combustão incompleta é uma outra possibilidade para reação de combustão. Porém, para que uma reação de combustão seja considerada incompleta, a proporção molar entre combustível e oxidante apresentará um valor maior que o observado na proporção estequiométrica (combustão completa). No caso da combustão completa do etanol, resulta:



Observa-se que a proporção entre a quantidade de matéria do combustível (etanol) e a quantidade de matéria do oxidante (gás oxigênio), na equação 1, é 1:3.

No caso da combustão incompleta do etanol, pode-se ter as seguintes possibilidades:



Verifica-se que a proporção entre a quantidade de matéria do combustível (etanol) e a quantidade de matéria do oxidante (gás oxigênio), na equação 2, é 1:2 e, na equação 3, é 1:1. Constata-se que, na combustão incompleta, a quantidade de comburente consumido durante a reação é sempre inferior à quantidade de comburente consumido na combustão completa, evidenciando que o fornecimento de comburente, na reação de combustão, é um fator imprescindível para que a combustão seja considerada completa ou incompleta.

Conforme Duarte, Radünz e Rodrigues (2016), a Entalpia ou o calor de reação é a quantidade de energia liberada ou absorvida de uma determinada reação, podendo ser medida através de sua variação. A variação da Entalpia pode ser calculada através da diferença entre a entalpia dos produtos e a dos reagentes, portanto, a entalpia de uma reação é definida como o calor liberado ou absorvido em uma reação, e é simbolizado por  $\Delta H$ , e tem a seguinte fórmula para calcular:  $\Delta H_{\text{total}} = \Delta H_{\text{produtos}} - \Delta H_{\text{reagentes}}$ .

Segundo Duarte, Radünz e Rodrigues (2016), a entalpia de combustão é a variação da energia liberada como forma de calor na combustão total de 1 mol de uma substância (Combustível), considerando que todos os reagentes participantes da reação estejam em seu estado padrão (temperatura de 25°C, pressão de 1 atm). As reações de combustão são sempre exotérmicas, pois liberam calor para a vizinhança, e assim a variação de entalpia será sempre negativa.

No exemplo a seguir tem-se a reação de combustão de 1 mol de gás metano (sob  $T = 25^\circ\text{C}$  e  $P = 1 \text{ atm}$ ):



Segundo Medeiros e Amaral (2017), para o entendimento da combustão, é importante o resgate da história do fogo com seu uso e domínio até chegar ao entendimento da combustão pela ciência. Para eles, o processo de combustão envolve períodos da história da humanidade e da química que devem ser considerados em sala de aula, para que haja

entendimento da totalidade que envolve o fenômeno da combustão. Além disso, os produtos gerados pela combustão de composto orgânico podem ser relacionados com temas que abordam impactos ambientais, tais como: efeito estufa, chuva ácida, acidificação dos mares e da terra, etc. (MEDEIROS e AMARAL, 2017).

Em discussões na literatura sobre aprendizagem em Química, ressalta-se a baixa qualidade dos meios didáticos mais utilizados para a compreensão desta ciência, principalmente dos estudantes do ensino médio. Um estudo de revisão (Méheut et al., 1985; Boujaoude, 1991; Ross, 1991; Watson et al., 1995 e 1997), de diversas nacionalidades, buscando entender as ideias dos estudantes sobre queima e combustão, mostrou que esses estudantes possuem dificuldade na compreensão do assunto. O conhecimento de muitos discentes é baseado em experiências do cotidiano, associando que na queima sempre aparece fogo (Méheut et al., 1985; Boujaoude, 1991; Ross, 1991; Watson et al., 1995 e 1997). Outros têm a ideia de que os materiais combustíveis são destruídos ou transformados em cinzas ou evaporam quando queimados e que o material queimado desaparece. Com isso, pode-se dizer que os estudantes não utilizam explicações e interpretações químicas para a definição de combustão e queima.

Maldaner (1995), através de relatos de docentes em sala de aula, identificou que ao primeiro contato esses estudantes não conseguiam falar perfeitamente da reação de combustão através de linguagem química. Em um exemplo, uma professora solicitou aos discentes que listassem combustíveis para que ela lhes desse a fórmula química. Os estudantes listaram gás de cozinha, etanol, gasolina, óleo diesel, querosene, madeira, metanol, gás natural, vela etc. A professora, então, informou que os combustíveis que eles listaram eram, na verdade, mistura de substâncias combustíveis, havendo várias possibilidades para as fórmulas. Dada a fórmula química dessas substâncias, os estudantes perceberam que o carbono e hidrogênio eram representativos nos combustíveis. Em seguida, a professora mostrou a equação II e explicou que, desde que houvesse gás oxigênio suficiente, seria formado gás carbônico e água. Essa reação poderia acontecer sempre que houvesse carbono e hidrogênio no combustível, assim como na combustão do etanol (equação I). As equações I e II são apresentadas a seguir:

**Equação 1:** Etanol e gás oxigênio  $\rightarrow$  gás carbônico e água



Assim, os estudantes começaram a falar de reações de combustão com mais propriedade, usando a linguagem química correta, distinguindo reagentes, produtos e condições de ocorrência da combustão. Além disso, perceberam que os combustíveis mais comuns, aqueles que contêm carbono e hidrogênio, passam por este tipo de fenômeno químico e produzem  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Dessa forma, foram capazes de representar a combustão dessas substâncias através de equações química.

Recentemente, Amaral e Medeiros (2017) realizaram um levantamento dos artigos publicados na Revista Química Nova na Escola (QNEsc), pela importância que esta tem na divulgação de trabalhos voltados para a educação em Química, entre os anos de 1995 e 2016, e constatou que, de 618 (seiscentos e dezoito) artigos publicados, 78 (setenta e oito), ou seja, 12,62% dos artigos, apresentavam o termo combustão. Neste estudo, os anos de maiores publicações foram os anos de 2009 e 2015, com dez e oito publicações, respectivamente. Isso mostra que, ao longo de mais de vinte anos, os pesquisadores continuaram interessados no assunto que envolve combustão.

Ressalta-se que a importância dos estudos da combustão, este está associado aos impactos ambientais e, conseqüentemente, aos direitos sociais, além de estar diretamente ligado à produção e energia, como no caso da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis. A combustão tem papel fundamental no desenvolvimento científico e tecnológico e é indispensável para a sociedade.

Goi e Santos (2009) utilizaram problemas com o tema “reações de combustão e impacto ambiental”, que abordaram questões como o potencial energético de alguns combustíveis (carvão, etanol, gasolina), a emissão de partículas poluidoras e a busca por alternativas para a redução de emissão de poluentes, para estudantes da 2ª série do ensino médio. Os problemas utilizados foram qualitativos semiabertos, que têm como função tirar a responsabilidade de aprendizado do professor e passá-la para o aluno, além de ter um potencial de construção de conhecimento. Esses problemas exploram as ideias dos alunos e propõem tarefas que encorajam a discussão e o debate sobre o tema.

Nos problemas propostos por Goi e Santos (2009), os estudantes se organizaram em grupos, levantaram hipóteses, planejaram soluções e experimentos que comprovassem suas hipóteses baseadas nas referências bibliográficas e nas informações disponibilizadas pela professora e, por fim, os alunos realizaram atividades práticas em laboratório para analisar se as estratégias seguidas foram suficientes para a resolução, sempre havendo debates entre alunos do grupo. Os estudantes relataram que as atividades experimentais foram fundamentais

para a construção do aprendizado, que os problemas exigiram raciocínio e pesquisas bibliográficas e que, quanto maior o número de estratégias adotadas, maior era a chance de sucesso na atividade. Além disso, os discentes relataram que o auxílio de laboratório de química foi de grande importância para resolução de problemas com o tema “reações de combustão e impacto ambiental”. Como sempre houve debates orais entre os estudantes, esse trabalho foi importante devido à contribuição para o aprimoramento da argumentação dos estudantes, visto que estudantes que não participavam em sala de aula demonstraram interesse para expor aos colegas suas ideias sobre as situações.

Assim, destaca-se a relevância deste trabalho considerando as dificuldades dos estudantes relacionadas a conteúdos que envolvem combustão, a importância da referida temática retratada nas pesquisas supracitadas e a tímida abordagem de estratégias didáticas com uso de resolução de problemas articulados à combustão.

A seguir, é abordada a metodologia, com as etapas e ações necessárias para responder à questão de pesquisa: a abordagem por resolução de problemas possibilita a compreensão de conteúdos químicos pelos estudantes do ensino médio a partir da temática combustão?

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Procedimentos Metodológicos**

Esta investigação caracteriza-se como um estudo de natureza predominantemente qualitativa. Porém, também fazemos uso de uma abordagem quantitativa, a fim de auxiliarmos na análise e interpretação dos dados obtidos por meio dos instrumentos de coleta utilizados (OLIVEIRA, 2011).

A escolha de instrumentos de coleta de dados adequados, em uma pesquisa, influi diretamente no resultado da pesquisa, logo, quanto mais robusta for a técnica de medida escolhida, maior será a precisão e a confiabilidade dos dados coletados. Consequentemente, é essencial discernir as situações que podem afetar a qualidade de uma medida, pois, afeta diretamente na qualidade dos dados obtidos.

Neste trabalho, os instrumentos de coleta utilizados foram: questionários (coleta dos dados quantitativos) e grupos focais (coleta dos dados qualitativos). Os questionários ou survey é uma técnica que utilizará das mesmas indagações para todas os indivíduos que

responderão e que garante o anonimato para todos. Indagações que confrontam finalidades específicas da pesquisa científica estarão presentes neste tipo de instrumento.

Aplicada cuidadosamente, esta técnica apresenta elevada confiabilidade. Podem ser desenvolvidos para medir atitudes, opiniões, comportamento circunstâncias da vida do indivíduo, e outras questões. Quanto à aplicação, os questionários fazem uso de materiais simples como lápis, papel, formulário, etc. Podem ser aplicados individualmente ou em grupos, por telefone, ou mesmo pelo correio. Pode incluir questões abertas, fechadas, de múltipla escolha, de resposta numérica, ou do tipo sim ou não (BARBOSA, 2008).

Segundo Barbosa (2008), as etapas fundamentais para elaboração de um questionário são: (i) Justificativa; (ii) Definição dos objetos; (iii) Redação das questões e afirmações; (iv) Revisão; (v) Definição do formato; (vi) Pré-teste e (vii) Revisão final.

A escolha de grupos focais tem como objetivo coletar informações, a nível qualitativo, a partir de discussões informais, com grupos pequenos (até 12 pessoas). Os indivíduos que participam dos grupos focais são incentivados a discutirem entre si, uma determinada situação proposta pelo mediador. Os indivíduos presentes nos grupos focais apresentam algumas características importantes, como: nível de escolaridade, condição social, etc. A função do mediador é incentivar a discussão, da temática proposta, entre todos os participantes do grupo focal, evitando que algum indivíduo prevaleça durante a reflexão proposta.

Segundo Barbosa (2008), as principais características de um grupo focal são: (i) grupos com pequeno número de pessoas (até 12 pessoas); A conversação concentra-se em poucos tópicos (máximo de 5 tópicos); Cada sessão dura aproximadamente 90 minutos; O moderador tem uma agenda onde estão delineados os principais tópicos a serem abordados. Estes tópicos são geralmente pouco abrangentes, de modo que a conversação sobre os mesmos se torne relevante; Há a presença de um observador externo (o qual não se manifesta) para captar reações dos participantes.

## **2.2 Contexto da Pesquisa**

Participaram da pesquisa uma turma de 34 alunos da 3º série do ensino médio de uma escola privada de Recife, em Pernambuco. A escolha do contexto problemático (poluição ambiental) e dos conteúdos afins, como termoquímica, deveu-se inicialmente à preocupação com o relato destes alunos sobre a dificuldade que eles sentiam ao estudar essa temática, instigando a busca por alternativas que facilitassem o processo de ensino-aprendizagem.

Outro fator preponderante para a escolha do tema deve-se ao fato da tímida produção de trabalhos relacionados à ABP articulada à combustão, conforme retratado no estudo de Amaral e Medeiros (2017).

A sequência didática proposta neste trabalho foi inserida em um projeto da instituição escolar, conhecido como: curso de férias. O curso de férias, consiste em quatro momentos, durante as férias escolares. O segundo dia do curso de férias foi adiado para outra semana devido às fortes chuvas que ocorreram em Recife. Este projeto é aplicado para duas turmas diferentes: Uma turma de 1º e 2º ano do ensino médio e a outra turma contempla alunos do 3º ano, do ensino médio e este foi o público alvo da sequência didática proposta neste trabalho.

A instituição escolar, na qual foi desenvolvida a pesquisa, apresenta no currículo da disciplina Química a temática combustíveis inserida na unidade que há abordagem sobre termoquímica. O conteúdo programático da segunda série do ensino médio é apresentado na figura 5. Assim, os estudantes partícipes da pesquisa já vivenciaram a temática combustíveis tendo, a princípio, conhecimentos prévios esperados para a vivência da sequência didática construída neste estudo.

Figura 05. Conteúdo programático da 2º série do ensino médio de uma escola particular localizada em Recife.

#### **I UNIDADE: OS COMPOSTOS ORGÂNICOS**

- Hidrocarbonetos,
- Funções orgânicas
- Propriedades físicas dos compostos orgânicos
- Gases

#### **II UNIDADE:**

- Soluções
- Propriedades coligativas
- Termoquímica

#### **III UNIDADE:**

- Cinética Química
- Equilíbrios Químicos Moleculares
- Equilíbrio Iônico

Fonte: O Autor, 2019.

O produto educacional proposto neste trabalho consiste em uma sequência didática que auxilia professores a abordar o tema: combustão, durante a abordagem do conteúdo

didático termoquímica. A sequência didática consistiu, inicialmente na elaboração de um problema e, posteriormente, a sequência foi aplicada baseada nas orientações de Freitas, citada anteriormente, para aplicação de uma sequência didática baseada na ABP. O problema foi elaborada a partir de um exercício escolar proposto no principal exame de admissão para instituições de ensino superior, o ENEM.

### 2.3 Identificação das concepções prévias dos estudantes do ensino médio referentes à conteúdos relacionados à temática combustão

Para responder ao primeiro objetivo desta pesquisa, foi elaborado como instrumento de coleta de dados um questionário tendo como referencial as pesquisas disponibilizadas, na revista QNEsq, que abordam sobre conteúdos relacionados à combustão. A análise do questionário foi feita a partir de categorias, *a priori*, também estabelecidas a partir das pesquisas sobre a temática. O quadro 08 mostra as questões apresentadas aos estudantes e os objetivos que elas apresentam.

Quadro 08. Questionário construído tendo como referencial o estudo de Silva e Pítombo.

Questão	Objetivo
A partir de seus conhecimentos científicos, explique se há diferenças entre combustão e queima.	Identificar as principais concepções prévias sobre combustão e analisar as associações que os estudantes propuseram entre os conceitos de queima e de combustão.
O fenômeno combustão é encontrado em nosso dia a dia em diversas situações. Sobre este fenômeno, cite duas situações onde podemos observá-lo ocorrendo em nosso dia a dia.	Identificar as associações estabelecidas pelos estudantes sobre as situações que envolvem a temática combustão, vivenciadas por eles durante o dia a dia.
O aquecimento global é um dos impactos ambientais gerados pela queima de combustíveis fósseis, como gasolina e diesel. Com suas palavras, discuta o (s) motivo (s) que causa (m) o aquecimento global devido à queima de combustíveis fósseis.	Identificar as concepções dos estudantes a respeito dos impactos ambientais provenientes da queima de combustíveis fósseis, assim como as possíveis associações da temática combustão e suas representações químicas com os impactos gerados pela queima dos diversos combustíveis.
A busca por estratégias que diminuam os	

impactos ambientais causados a partir da queima de combustíveis fósseis é uma realidade mundial. Assim, proponha e discuta duas estratégias possíveis para a diminuição dos impactos ambientais gerados pela queima de combustíveis fósseis.	Identificar as concepções dos estudantes quanto às estratégias pensadas por eles para a minimização dos impactos ambientais proveniente da queima de combustíveis.
--	--

Fonte: Silva e Pitombo (2006).

## 2.4 Análise das respostas dos estudantes ao questionário de concepções prévias

Para análise das respostas dos estudantes ao questionário de concepções prévias, foram estabelecidas categorias comumente utilizadas na metodologia qualitativa de pesquisa científica (OLIVEIRA, 2011). As categorias *a priori* foram definidas como: satisfatória, parcialmente satisfatória e não satisfatória, tendo como fundamento de análise o referencial consensual científico sobre combustão.

Quadro 09. Categorias para análise das respostas do questionário apresentado no quadro 08.

	Satisfatória	Parcialmente Satisfatória	Não Satisfatória
<b>Questão 01</b>	O estudante apresenta fatores que diferenciam a combustão da queima, como: a velocidade da reação, a geração de energia e a espontaneidade da reação.	O estudante afirma que há diferença entre combustão e queima, apontando, no mínimo, uma diferença.	O estudante afirma que não há diferença entre combustão e queima.
<b>Questão 02</b>	O estudante cita dois ou mais exemplos corretos do fenômeno de combustão em nosso cotidiano.	O estudante cita apenas um único exemplo ou cita mais de um exemplo, porém, apenas um é correto.	O estudante não cita nenhum exemplo correto ou não responde à questão.
<b>Questão 03</b>	O estudante faz a relação entre os gases poluentes emitidos pela queima dos combustíveis fósseis com o aquecimento global.	O estudante cita de forma superficial, não relatando os gases provenientes da combustão dos combustíveis fósseis.	O estudante não estabelece relação entre o aquecimento global e os gases emitidos pela combustão dos combustíveis fósseis.

<b>Questão 04</b>	O estudante faz menção a duas estratégias esperadas para diminuir o impacto ambiental causado pelos combustíveis fósseis.	O estudante faz menção apenas a uma estratégia coerente para diminuir o impacto ambiental ou cita mais de uma estratégia, porém, apenas uma estratégia é coerente.	O estudante não menciona nenhuma estratégia coerente para diminuir o impacto ambiental causado pelos combustíveis fósseis.
-------------------	---	--	--

Fonte: O Autor, 2019.

## 2.5 Análise do desempenho dos estudantes do ensino médio após a vivência de uma sequência didática articulada a um problema na abordagem da temática combustão

A fim de atingir o segundo objetivo deste estudo, inicialmente foi planejada uma sequência didática tendo como fundamento teórico-metodológico a aprendizagem baseada em problemas. Como ponto de partida, elaborou-se o enunciado de um problema. Em seguida, planeja-se a sequência didática com base nas ações metodológicas disponíveis em Freitas (2017). O planejamento da sequência didática será discutido de forma mais detalhada a seguir.

## 2.6 Planejamento da Sequência Didática

### 2.6.1 Elaboração do problema

Para elaboração do problema partiu-se de uma questão objetiva abordada no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), enunciado 1, questão de número 50 do ENEM de 2011. A questão é considerada como exercício quando a analisamos à luz das discussões que trazem a diferenciação entre problema e exercício, como: estratégia única para a obtenção da solução; possuir uma única solução, orientações que possibilitam a obtenção da solução. Outras características que diferenciam problemas de exercícios já foram discutidas neste trabalho, no capítulo de fundamentação teórica.

**Enunciado 1:** Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão ( $\Delta H^{\circ}_C$ ), definido como a energia liberada na

queima completa de um mol de combustível no estado padrão. O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu  $\Delta H_c^\circ$ .

Substância	Fórmula	$\Delta H_c^\circ$ (kJ/mol)
benzeno	$C_6H_6$ (L)	-3 268
etanol	$C_2H_5OH$ (L)	-1 368
glicose	$C_6H_{12}O_6$ (s)	-2 808
metano	$CH_4$ (g)	-890
octano	$C_8H_{18}$ (L)	-5 471

Fonte: INEP

Neste contexto, qual dos combustíveis, quando queimado completamente, libera mais dióxido de carbono no ambiente pela mesma quantidade de energia produzida?

- A) Benzeno.
- B) Metano.
- C) Glicose.
- D) Octano.
- E) Etanol.

A resposta esperada para essa questão é a letra C, Glicose, pois libera, na combustão completa dos cinco combustíveis propostos e liberando a mesma quantidade de energia a partir da sua combustão, uma quantidade maior de  $CO_2$  para a atmosfera.

Este exercício escolar, proposto no exame nacional do ensino médio exige que o estudante tenha desenvolvido a habilidade 25 - Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção – incluída na competência da área 7 - Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

O enunciado 01 exposto neste trabalho foi transformado em problema segundo as orientações propostas por Lopes (1994) para a formulação de problemas a partir de exercícios de manuais escolares. Estas orientações estão disponíveis em Freire e Santos (2013) e são mostradas na figura 06 a seguir:

Figura 06. Estratégias para a formulação de problemas a partir de exercícios.

<b>Estratégias para a transformação de enunciados de exercícios em problemas</b>
Aumentar o número de dados que são necessários para responder à(s) questão(ões) formulada(s)
Diminuir ou anular o número de dados explícitos que são necessários para responder à(s) questão(ões) formulada(s)
Retirar algumas ou todas as orientações para a resolução
Acrescentar informação à situação física apresentada no enunciado, no sentido de torná-la mais complexa

Fonte: O Autor, 2019

Pelo exposto na figura 06, algumas informações como: fórmula dos combustíveis e definição de entalpia de combustão foram retirados do enunciado 1, pois orientavam a resolução da questão e limitaria o número de soluções possíveis, caracterizando-o como um problema escolar quantitativo ou, como é classificado atualmente, exercício. Segundo Lopes (1994), um problema aberto é aquele que proporciona várias soluções para o estudante e um problema fechado é aquele possibilita uma única solução. Assim, após a transformação do exercício segundo orientações de Lopes (1994) obtivemos o enunciado do problema descrito a seguir e que foi ponto de partida para discussão com os estudantes da temática combustão.

**Enunciado do problema:** Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão ( $\Delta H^0_C$ ). O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu  $\Delta H^0_C$ :

Substância	$\Delta H^0_C$ [kJ/mol]
benzeno	-3 268
etanol	-1 368
glicose	-2 808
metano	-890
octano	-5 471

Fonte: O autor (2019)

Qual dos combustíveis, quando queimado completamente, é mais poluente ao ambiente?

### 2.6.2 Seleção de reportagens e títulos de revistas e websites sobre poluição ambiental e combustão dos combustíveis.

Para estabelecer um debate com os alunos sobre os impactos da combustão dos combustíveis no ambiente, foram selecionadas da internet reportagens (Figs. 07-15) e

mostrados aos alunos títulos de revistas e websites com o objetivo de aproximar o (a) estudante do tema proposto pela sequência didática.

Figura 07. Recorte de uma imagem do site da revista época



Fonte: epoca.globo.com

Figura 08. Recorte de uma reportagem do site das nacoesunidas.org.



Fonte: nacoesunidas.org.

Figura 09. Recorte de uma reportagem do site g1.globo.com.



Fonte: g1.globo.com

Figura 10. Recorte de uma reportagem do site g1.globo.com.



Fonte: g1.globo.com

Figura 11. Recorte de uma reportagem do site g1.globo.com.



Figura 12. Recorte de uma reportagem do site ecycle.com.



Figura 13. Recorte de uma reportagem do site correiobraziliense.com.



Figura 14. Recorte de uma reportagem do site emtempo.com.br.



Fonte: emtempo.com.br.

Figura 15. Recorte de uma reportagem do site noticiasagricolas.com.br.



Fonte: noticiasagricolas.com.br.

### 2.6.3 Elaboração de uma atividade experimental envolvendo a combustão da gasolina e do álcool.

Tendo como referencial o estudo de Goi e Santos (2009) foi elaborado um experimento envolvendo a combustão da gasolina e do álcool a fim de que os estudantes observassem e comparassem a fuligem gerada e a coloração da chama durante o processo de combustão.

Os materiais e o procedimento utilizado durante a atividade experimental são apresentados a seguir.

#### **Materiais**

- 6 Pires de fundo branco;
- 20 mL de gasolina;
- 20 mL de etanol;
- 2 Pipetas de 10 mL;
- 1 Caixa de palito de fósforo;
- 6 Cadinhos;
- 2 Béqueres 250 mL;

- 2 Peras;
- 34 Máscaras de proteção.

**Procedimento**

- Transferir 20 mL de álcool e 20 mL de gasolina do béquer para o cadinho;
- Acender os palitos de fósforo e, com cuidado, aproximar os palitos dos cadinhos que contém o álcool e a gasolina. Observar a coloração das chamas nas duas cápsulas;
- Aproximar o pires da chama – a uma distância de 4 à 6 cm da chama. Após 10 segundos, observe o fundo do pires;
- Observar e anotar os resultados obtidos no procedimento.

Como forma de sistematizar as ideias apresentadas pelos estudantes após a vivência da atividade experimental, foram propostas duas questões para eles responderem que constam no quadro 10 a seguir.

Quadro 10. Questionário adaptado do estudo de Goi e Santos (2009).

Questão	Objetivo
Proponha uma representação para o fenômeno da combustão a partir das observações realizadas no experimento da combustão do etanol e da gasolina.	Identificar as concepções dos estudantes quanto ao aspecto representacional do fenômeno combustão.
A coloração da chama oriunda da combustão de um determinado combustível nos permite identificar se uma combustão é incompleta ou completa. Cite as principais diferenças entre os tipos de combustão observados a partir do experimento da queima do etanol e da gasolina.	Identificar as concepções dos estudantes quanto ao aspecto fenomenológico do fenômeno combustão.

Fonte: Goi e Santos, 2009

A partir dessas observações, eles responderam as questões que constam no quadro 10 e refletiram sobre os impactos ambientais gerados pela combustão completa e incompleta desses combustíveis, assim como o papel dos combustíveis como agente poluidor.

Os estudantes foram separados em grupos. Os mesmos grupos da aula 2 foram mantidos para essa atividade experimental, e durante o experimento, os estudantes trabalharam de forma cooperativa, discutindo entre eles as observações e separando as tarefas entre os mesmos.

Durante a realização do experimento, os estudantes não apresentaram dificuldades no manuseio de materiais de laboratório e das substâncias químicas envolvidas na prática. Os estudantes foram incentivados a trabalharem de forma autônoma e debateram sobre as questões que envolviam a prática, tanto entre os colegas, quanto com o professor. A figura 16 mostra a chama oriunda da combustão incompleta da gasolina.

Figura 16. Chama gerada pela combustão incompleta da gasolina.



Fonte: O Autor, 2019

#### **2.6.4 Análise das questões relacionadas à atividade experimental**

Para análise das respostas dos alunos às questões respondidas após a vivência da atividade experimental, foram estabelecidas categorias *a priori*, definidas como: satisfatória, parcialmente satisfatória e não satisfatória, tendo como fundamento de análise o referencial consensual científico sobre combustão completa e incompleta.

Quadro 11. Categorias para análise das respostas do questionário referente à atividade experimental.

Questões	Satisfatória	Parcialmente Satisfatória	Não Satisfatória
<b>Questão 01</b>	O estudante apresenta as duas equações químicas referentes à combustão incompleta da gasolina e à combustão completa do álcool.	O estudante apresenta apenas uma das equações químicas referentes à combustão incompleta da gasolina e à combustão completa do álcool.	O estudante não apresenta nenhuma das equações ou representou as equações de forma incorreta.
<b>Questão 02</b>	O estudante cita as principais diferenças entre a combustão do álcool (etanol) e da gasolina, como: coloração da chama, o tempo de duração da combustão, a formação de Fuligem.	O estudante cita apenas uma diferença correta entre os tipos de combustão.	O estudante não cita nenhuma diferença ou não responde à questão.

Fonte: O Autor, 2019.

## 2.7 Reaplicação do problema elaborado e análise das respostas dos estudantes

Novamente os estudantes tinham que se posicionar em relação ao problema inicial proposto a eles, que envolve analisar, com base na tabela, qual substância, por meio de sua combustão, emitia mais dióxido de carbono para a atmosfera, partindo de uma dada quantidade de energia. O referido problema representa o ponto de partida para ação em sala de aula segundo a ABP.

Foram consideradas respostas satisfatórias aquelas que os estudantes indicam a glicose e apresentam argumentos levando em consideração os aspectos fenomenológico, teórico e representacional que permeiam o fenômeno da combustão. Por exemplo, se eles apontam que o combustível mais poluente é o que libera uma maior quantidade de gás carbônico para o ambiente, apresentam alguma equação química representando a reação de combustão; estabelecem uma relação entre a quantidade de energia liberada na combustão com a quantidade de matéria de gás carbônico liberada após a combustão.

Caso os estudantes apresentem apenas um desses aspectos, a resposta é considerada parcialmente satisfatória; e se eles não contemplarem nenhum destes aspectos na solução do problema proposto, a resposta será considerada insatisfatória.

## 2.8 Intervenção didática

### Aula 01 (60 minutos):

Inicialmente, os estudantes foram separados em seis grupos e o problema 01 foi exposto aos alunos. As primeiras impressões dos estudantes sobre o problema foram registradas. Em seguida, os estudantes receberam títulos de notícias de revistas e websites sobre a rentabilidade dos combustíveis e poluição ambiental gerada pela combustão de combustíveis fósseis e as vantagens do uso biocombustíveis, possibilitando uma maior aproximação com o tema, colaborando com a construção das primeiras ideias motivadoras para a resolução do problema. Em seguida, foi realizado um debate onde foram discutidas as hipóteses levantadas pelos estudantes e as possíveis soluções para a resolução do problema 01. O quadro 12 mostra a organização dos momentos ocorridos na aula 01 e do tempo que foi disposto para eles.

Quadro 12. Tempo destinado para cada etapa da Aula 01.

<b>ETAPAS</b>	<b>TEMPO (Minutos)</b>
Organização dos alunos em 6 grupos.	10
Exposição do problema.	5
Leitura de títulos de notícias de revistas e artigos sobre a rentabilidade dos combustíveis e poluição ambiental.	10
Reflexão dos estudantes sobre as possíveis soluções do problema levando em consideração as dúvidas relevantes ou não e as possíveis soluções.	20
Debate sobre as possíveis soluções apontadas pelos grupos.	15
Tempo total da aula 01	60

Fonte: O Autor, 2019.

### Aula 02 (75 minutos):

Inicialmente, os estudantes receberam o questionário de concepções prévias no qual expressaram as ideias deles sobre a diferença entre queima e combustão, exemplos de

combustão encontrados no dia a dia, aquecimento global e estratégias para combater os impactos ambientais gerados pela queima de combustíveis fósseis. Em seguida, foram incentivados a socializarem as suas respostas e um debate foi gerado sobre as possíveis soluções para os problemas contidos no questionário. Em seguida, foi realizada uma reflexão a partir da exibição de um vídeo (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8sovsUzYZFM&t=14s>), no qual é apontado o impacto ambiental gerado pela queima de combustíveis fósseis. Os discentes, então, debateram sobre os principais pontos abordados pelo vídeo (a origem do aquecimento global, as causas e os efeitos). O quadro 13 traz de forma sistemática as ações realizadas na aula 02.

Quadro 13. Tempo destinado para cada etapa da Aula 02.

ETAPAS	TEMPO (Minutos)
Aplicação de questionário de concepções prévias	20
Discussão das questões apontadas na diagnose	20
Aplicação de um vídeo relacionado ao impacto ambiental gerado pela combustão de combustíveis fósseis	10
Discussão sobre o impacto ambiental gerado pela combustão de combustíveis fósseis	25
Tempo total da aula 02	75

Fonte: O Autor, 2019.

### **Aula 03 (75 minutos):**

Inicialmente, alguns conceitos como entalpia de combustão e a influência do gás carbônico, no ambiente, liberado na combustão foram discutidos com os estudantes e, em seguida, os estudantes realizaram um experimento sobre combustão (a combustão completa do etanol e a combustão incompleta da gasolina).

A análise dos dados nesta etapa foi realizada por meio das respostas dos estudantes as questões 01 e 02 do quadro 10 aplicado aos grupos de estudantes. O quadro 14 mostra a organização dos momentos ocorridos na aula 03 e do tempo que foi disposto para eles.

Quadro 14. Tempo destinado para cada etapa da Aula 03.

ETAPAS	TEMPO (Minutos)
--------	-----------------

Discussão sobre conceitos relevantes para a resolução do problema como: entalpia de combustão e a influência do CO <sub>2</sub> liberado na	20
Execução do experimento.	25
Discussão sobre a combustão completa do etanol e incompleta da gasolina.	20
Tempo Total da Aula 03	75

Fonte: O Autor, 2019.

#### **Aula 04 (75 minutos):**

De início, o problema foi reaplicado aos grupos de estudantes e, após a resolução, os grupos socializaram as soluções para o problema e, posteriormente a resposta dos grupos, o problema foi resolvido e algumas respostas foram apontadas pelo professor e discutida pelos estudantes.

A análise dos dados nesta etapa foi realizada por meio das respostas dos estudantes ao problema 01 reaplicado aos grupos de estudantes.

O questionário de avaliação da estratégia didática e que também traz as dificuldades apresentadas pelos estudantes durante a vivência de uma sequência didática construída e fundamentada na ABP foi aplicado após a resolução do problema. Os estudantes puderam opinar sobre a estratégia utilizada durante as aulas. Eles apontaram que uso de estratégias inovadoras como a ABP facilitam a compreensão de temáticas que, pelo ensino tradicional, eles sentiram bastante dificuldade e apontaram que; temas como aquecimento global, combustíveis e poluição ambiental são importantes para a sociedade sendo uma discussão necessária para que as próximas gerações não sofram com os impactos gerados pela sociedade atual. O quadro 15 mostra a organização dos momentos ocorridos na aula 04 e do tempo que foi disposto para eles.

Quadro 15. Tempo destinado para cada etapa da Aula 04.

<b>ETAPAS</b>	<b>TEMPO (Minutos)</b>
Reaplicação do problema.	20
Resolução do problema.	20

Aplicação do questionário Likert.	10
Reflexão sobre a estratégia utilizada e a importância da temática escolhida para a sociedade.	15
Tempo Total da Aula 04	75

Fonte: O Autor, 2019.

## **2.9 Investigação das dificuldades dos estudantes após a vivência de uma sequência didática pautada na aprendizagem baseada em problemas articulada a temática combustão.**

Em 1932 o psicólogo americano Rensis Likert, publicou uma metodologia de coleta de dados organizada em escala em que as pessoas têm possibilidade de apresentar posicionamentos que abrangem cinco categorias. A escala Likert (1932) diz respeito a uma série de afirmações relacionadas com o tema pesquisado, isto é, representam várias assertivas sobre um assunto. As pessoas questionadas não apenas respondem se concordam ou não com as afirmações, mas também informam qual seu grau de concordância ou discordância. É atribuído um número a cada resposta, que reflete a direção da atitude do respondente em relação a cada afirmação. A somatória das pontuações obtidas para cada afirmação é dada pela pontuação total da atitude de cada respondente. As escalas de Likert são populares porque além de serem confiáveis, são simples de construir e permitem obter informações sobre o nível dos sentimentos dos respondentes, o que dá mais liberdade a eles, que não precisam se restringir ao simples concordo/ discordo ou sim/ não usados em outras escalas.

Sob esta perspectiva optamos pelo uso da escala Likert como instrumento de coleta de dados a fim de responder ao terceiro objetivo específico da pesquisa. A literatura comenta que a escala Likert é considerada uma ferramenta eficaz quando a coleta de dados envolve as percepções de um indivíduo, particularmente quando os temas abordados se relacionam com sentimentos e sensações vividas nas mais diversas situações. Por isso, optamos por utilizá-la, pois nosso objetivo se reporta a este aspecto: analisar as dificuldades dos estudantes durante a vivência da sequência didática pautada na ABP para abordagem do tema combustão.

Neste sentido, construímos 11 assertivas (Quadro 15) para que os estudantes pudessem se posicionar utilizando as categorias: Concordo Totalmente (CT), concordo (C), Indiferente (I), discordo (D), discordo totalmente (DT).

Quadro 15. Assertivas para posicionamentos dos estudantes tendo como referencial a escala Likert.

Assertivas para posicionamento dos estudantes	CT	C	I	D	DT
1. A compreensão do problema ocorreu sem dificuldades.					
2. A estratégia utilizada durante o curso tornou o curso mais interativo e menos cansativo.					
3. A utilização do vídeo facilitou a compreensão do problema proposto.					
4. Não foi disponibilizado recursos suficientes para que o problema fosse solucionado.					
5. Surgiram dificuldades durante a resolução do problema.					
6. O tema escolhido foi contemporâneo.					
7. A estratégia utilizada durante o curso contribuiu para a aprendizagem do tema.					
8. O trabalho em grupo proporcionou discussão.					
9. A atividade experimental não apresentou dificuldade de ser realizada.					
10. A linguagem utilizada durante o curso facilitou a compreensão do problema.					
11. O experimento realizado pelo grupo facilitou a compreensão do problema.					
12. A quantidade de estratégia (s) utilizada (s) pelo grupo foi um fator preponderante para a resolução do problema.					
13. A estratégia vivenciada pelo grupo foi pertinente para a resolução do problema.					
14. O problema utilizado durante o curso é relevante.					
15. A estratégia utilizada me incentivou a trabalhar de forma mais					

independente do que faço normalmente nas aulas expositivas.					
---	--	--	--	--	--

Fonte: O Autor, 2019.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Identificação Das Concepções Prévias Dos Estudantes Do Ensino Médio Referentes À Conteúdos Relacionados A Temática Combustão

Inicialmente foram analisadas as respostas dos estudantes ao questionário sobre combustão (quadro 08). Os resultados estão apresentados no formato de gráficos no sentido de averiguar as concepções prévias dos alunos com relação ao tema abordado.

O gráfico 01 apresenta a análise referente à questão 01 sobre a diferença entre combustão e queima. Observa-se que 100% dos estudantes não conseguiram expressar a diferença entre combustão e queima de forma satisfatória ou afirmaram não ter diferença.

De fato, combustão e queima, são comumente nomeados e entendidos como processos iguais devido ao fato de que tanto a combustão quanto a queima são reações químicas em que um combustível (material oxidável) reage com um comburente — um material gasoso que contenha o gás oxigênio ( $O_2$ ), como o ar. Essa reação é exotérmica, ou seja, libera energia na forma de calor.

Segundo Costa, Sá e Silva (2008), a diferença entre a combustão e a queima está relacionada aos seguintes fatores: a velocidade com que elas acontecem, a ignição e a espontaneidade do processo. A combustão é um processo que ocorre de forma mais rápida que a queima e, para que a combustão aconteça, faz-se necessária alta temperatura, assim como um combustível e um comburente, em proporções adequadas (Farias e Santos, 2002). Em contrapartida, na queima não há necessidade de uma alta temperatura para que a reação ocorra, portanto, é considerado um processo espontâneo. Observou-se que nenhum estudante conseguiu expressar de forma satisfatória ou parcialmente satisfatória, a diferença entre combustão e queima. Uma resposta à questão 01 é exposta a seguir:

Figura 17 – Resposta de um estudante para a questão 01 do quadro 08

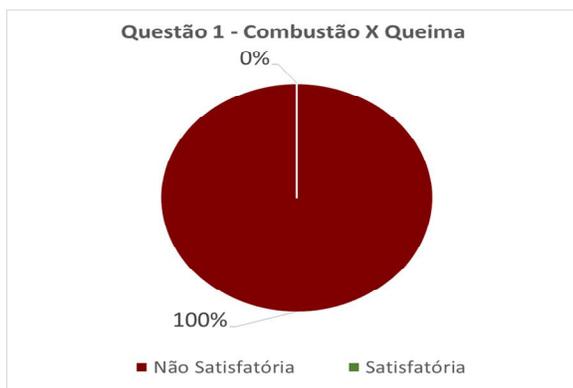
1. A partir de seus conhecimentos científicos, explique se há diferenças entre combustão e queima.

PARA A OCORRÊNCIA DE AMBOS É NECESSÁRIO A PRESENÇA DE OXIGÊNIO, LOGO, NÃO HÁ DIFERENÇA.

Fonte: O Autor, 2019.

Verifica-se que o estudante compreende que, em ambas as reações, há necessidade de um comburente para que a reação ocorra. Porém, o discente não reconhece que exista diferença entre as reações.

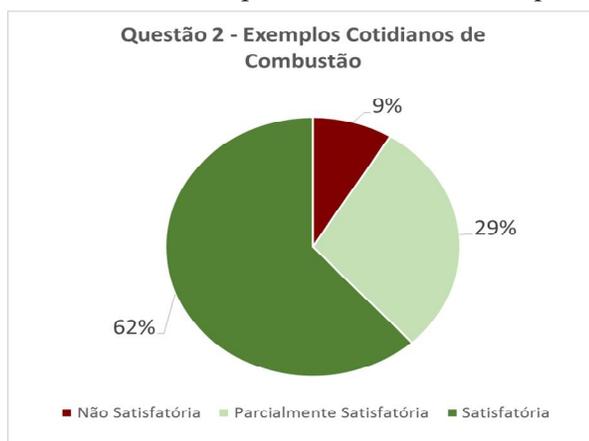
Gráfico 01. Respostas dos estudantes a questão 01 do quadro 08.



Fonte: O Autor, 2019.

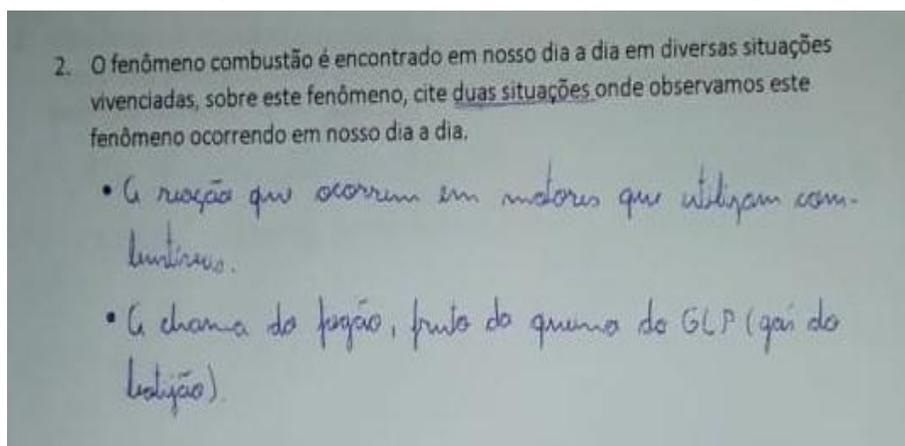
O gráfico 02 corresponde à Questão 02, que tratava a respeito de exemplos cotidianos de combustão. Verificou-se que 62% dos alunos responderam satisfatoriamente, ou seja, conseguiram colocar dois exemplos coerentes sobre o tema, como observada na resposta abaixo à qual o estudante cita a combustão que ocorre com os combustíveis nos automóveis e a combustão que ocorre com o gás de cozinha, nos fogões.

Gráfico 02. Respostas dos estudantes a questão 02 do quadro 08.



Fonte: O Autor, 2019.

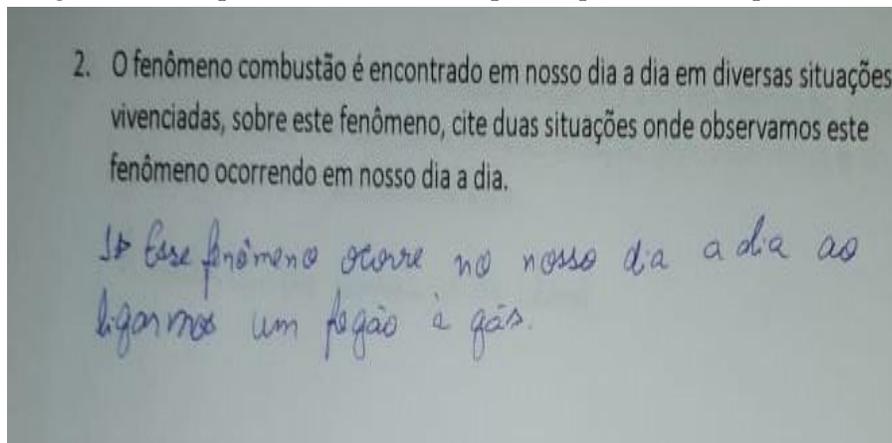
Figura 18 – Resposta de um estudante para a questão 02 do quadro 08



Fonte: O Autor, 2019.

29% dos estudantes responderam de forma parcialmente satisfatória. Ou seja, conseguiram colocar, no mínimo, um exemplo de combustão encontrado no cotidiano, como observado na imagem abaixo:

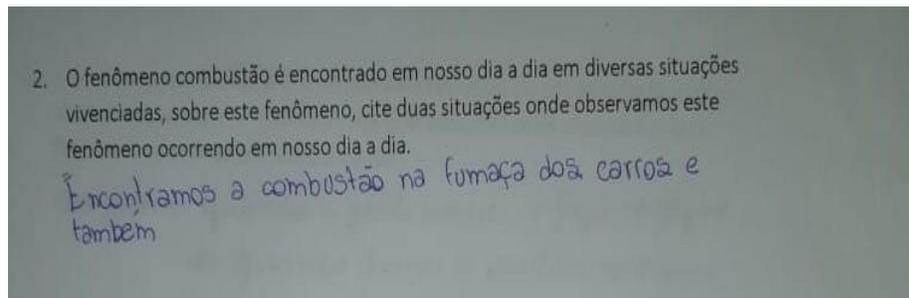
Figura 19 – Resposta de um estudante para a questão 02 do quadro 08



Fonte: O Autor, 2019.

Apenas 9% dos alunos obteve resultado não satisfatório, pois não respondeu à questão ou a resposta não atendeu ao que foi solicitado.

Figura 20 – Resposta de um estudante para questão 02 do quadro 08



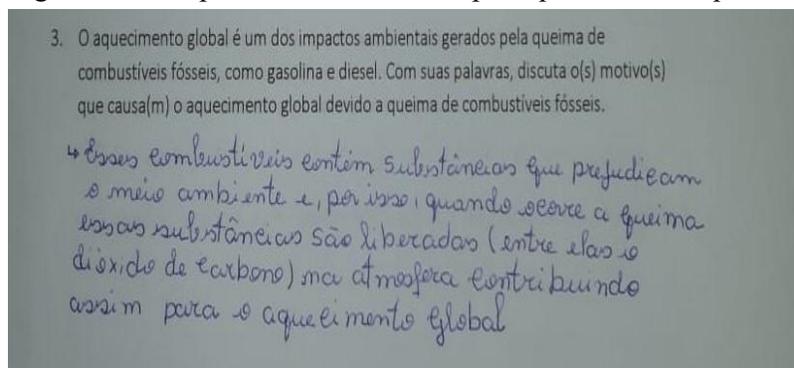
Fonte: O Autor, 2019.

Verifica-se que o estudante não associou, de forma correta, a combustão ocorrida nos motores dos automóveis com a fumaça gerada pela combustão dos combustíveis presentes nos carros.

O rendimento dos estudantes perante a esta questão foi satisfatório, em sua maioria. Tal resultado pode ser devido ao fato que processos de combustão envolvendo combustíveis fósseis são estudados desde o ensino fundamental e a combustão do gás de cozinha representa experiência bem próxima dos estudantes. Resultados semelhantes foram obtidos do estudo de Silva e Pitombo (2006).

O gráfico 03 corresponde à questão 03 do quadro 08 sobre aquecimento global. Foi verificado que 76% dos alunos responderam satisfatoriamente e de forma coerente sobre os motivos pelos quais a combustão dos combustíveis fósseis pode ocasionar o aumento do aquecimento global citando como causas principais a liberação do CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) e CO (monóxido de carbono).

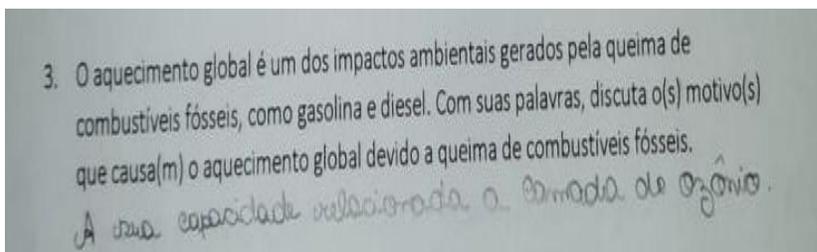
Figura 21 – Resposta de um estudante para questão 03 do quadro 08.



Fonte: O Autor, 2019.

24% dos alunos não conseguiram estabelecer relações entre os resíduos gerados pela queima de combustíveis fósseis e as consequências ambientais geradas por eles.

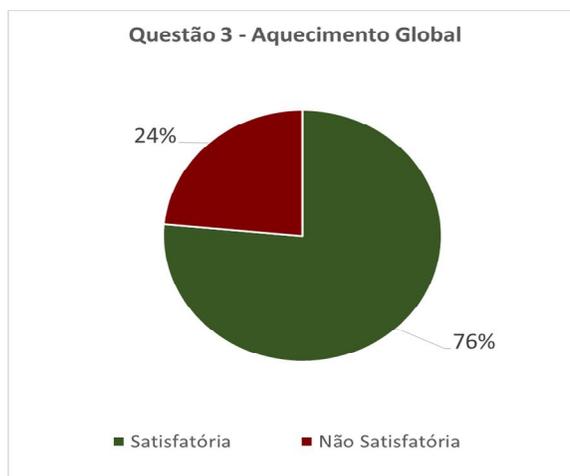
Figura 22 – Resposta de um estudante para a questão 03 do quadro 08



Fonte: O Autor, 2019.

Da mesma forma como aconteceu com a questão anterior, tal resultado pode ser devido ao fato do aquecimento global ser pauta de discussão em ciências no ensino fundamental. Além disso, as discussões trazidas nas diferentes mídias sociais contribuem para que os estudantes tenham conhecimentos prévios relevantes sobre aquecimento global.

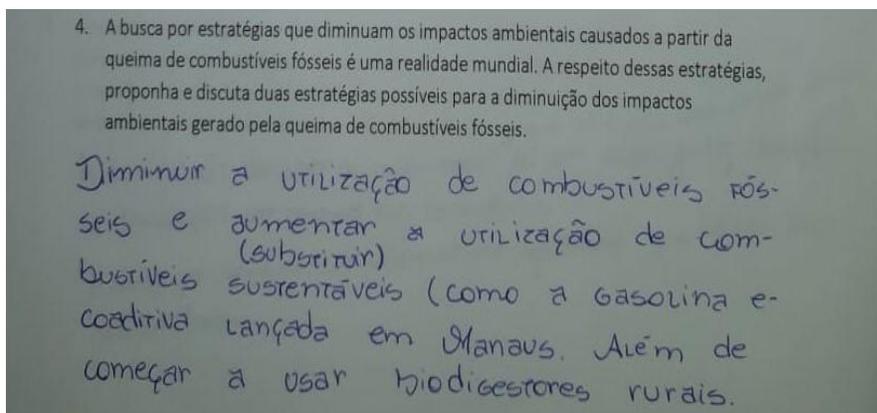
Gráfico 03. Respostas dos estudantes a questão 03 do quadro 08.



Fonte: O Autor, 2019.

O gráfico 04 corresponde a questão 04 do quadro 08 referente às estratégias para diminuir o impacto ambiental dos combustíveis fósseis. Foi observado que 27% dos alunos responderam satisfatoriamente e apresentaram as duas estratégias conforme esperado.

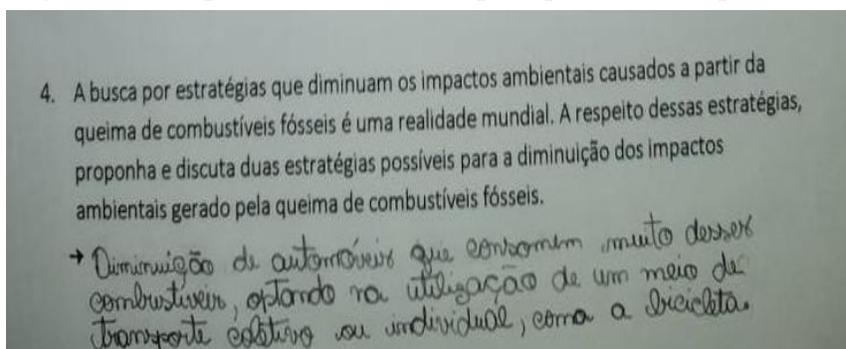
Figura 23 – Resposta de um estudante para questão 04 do quadro 08



Fonte: O Autor, 2019.

35 % responderam de forma parcialmente satisfatória, pois, apresentaram apenas uma estratégia pertinente com o tema proposto ou mais de uma estratégia, porém, apenas uma das estratégias está correta.

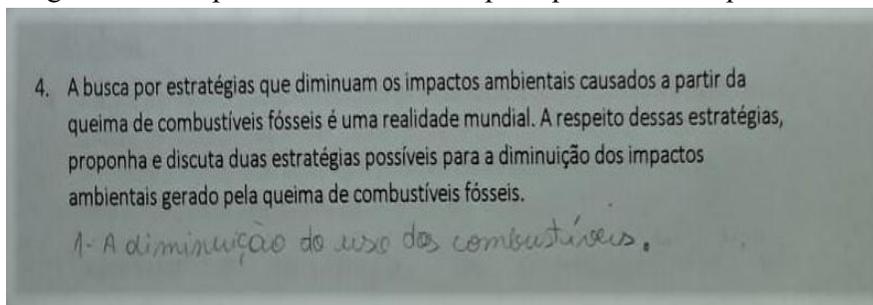
Figura 24 – Resposta de um estudante para questão 04 do quadro 08



Fonte: O Autor, 2019.

38% dos alunos não conseguiram expressar pelo menos uma estratégia pertinente com o tema proposto.

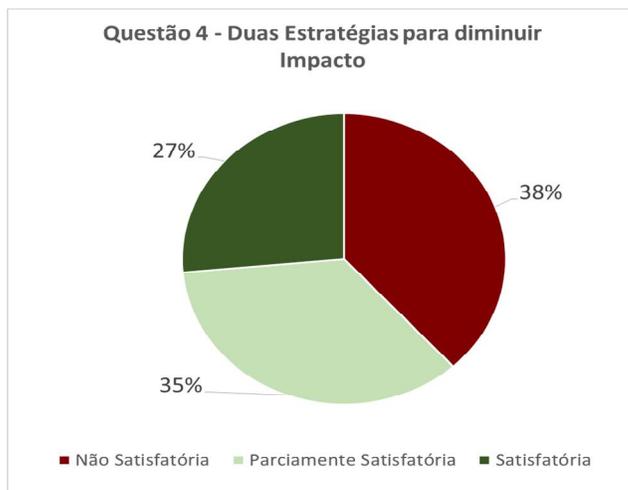
Figura 25 – Resposta de um estudante para questão 04 do quadro 08



Fonte: O Autor, 2019.

As principais estratégias apresentadas foram: investimento em carros elétricos, fontes de energias renováveis (energia solar e energia eólica), uso maior de transporte público em detrimento da utilização de carros próprios e leis ambientais mais rígidas em relação as emissões de gases poluentes.

Gráfico 04. Respostas dos estudantes à questão 04 do quadro 08.



Fonte: O Autor, 2019.

Analisando as respostas ao questionário 01, de forma geral, percebe-se que os estudantes explicam o processo de combustão e as suas interações através da utilização de ideias e conceitos do senso comum, não havendo um aprofundamento das interpretações e conceitos químicos para esclarecer cada uma das questões propostas, especialmente na questão que tratou da diferenciação ente combustão e queima.

Em seguida, os estudantes assistiram a um vídeo (<https://youtu.be/8sovsUzYZFM>) e, foi proposto que eles se posicionassem sobre a origem e os motivos que causam o aquecimento global. Os alunos, a partir do vídeo, puderam se posicionar quanto algumas questões que permeiam este trabalho como: impactos ambientais gerados pela combustão de substâncias químicas e fatores que influenciam intensificam ou retardam estes impactos. Possibilitando o levantamento das concepções prévias dos estudantes quanto aos impactos ambientais e os fatores que influenciam estes impactos. A seguir, tem-se a transcrição de um episódio desta discussão:

Resposta do estudante A: O aquecimento global está relacionado à destruição da camada de ozônio, pois, com a destruição dela, os raios ultravioletas passarão direto e isso aumentará na temperatura média do nosso planeta.

Professor: Vocês acham que o aquecimento global está relacionado apenas a camada de ozônio?

Estudante A: Não. Mas contribuem para o aquecimento global.

Estudante G: O aquecimento global não está relacionado apenas à destruição da camada de ozônio, tanto que, sem este efeito, a temperatura do planeta seria bem mais baixa, só que, devido ao aquecimento global, essa temperatura aumentou, ou seja, esse efeito foi benéfico em algum momento para nós, só que a partir do momento que utilizamos muito combustível fóssil, passamos a aumentar demais a temperatura do planeta e a destruir a camada de ozônio, causando os impactos ambientais que temos hoje em dia.

Estudante H: Na verdade, o aquecimento global natural não seria maléfico para o planeta, mas, com o uso dos combustíveis fósseis, esse efeito passou a ser “artificial” e por isso está ocasionando esses impactos ambientais.

Estudante C: Na verdade, isso (a queima de combustíveis fósseis) acelera esse processo de aquecimento do planeta, ou seja, a ação humana de emitir o gás carbônico na atmosfera acelera mais esse processo.

Professor: Cuidado com a confusão sobre o conceito de efeito estufa e aquecimento global.

Neste momento, há uma discussão sobre a diferença entre efeito estufa e aquecimento global, ao qual foram apontadas as principais características do efeito estufa, bem como a relação entre este efeito e os poluentes atmosféricos emitidos pela combustão de combustíveis fósseis. Posteriormente, foi debatida a intensificação do aquecimento global em consequência do efeito estufa.

### 3.2. Análise Do Desempenho Dos Estudantes Do Ensino Médio Após A Vivência De Uma Sequência Didática Articulada A Um Problema Na Abordagem Da Temática Combustão

A turma foi dividida em 04 grupos e foi proposto o problema a seguir para os estudantes sendo dado um tempo de 20 minutos para que eles refletissem e discutissem entre eles o problema exposto e depois o grupo apresentaria uma possível solução para o problema (hipóteses iniciais). Durante esse tempo, o professor passou pelos grupos para esclarecer as dúvidas que surgiram durante reflexão.

**Problema 01:** Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão ( $\Delta H_c^\circ$ ). O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu  $\Delta H_c^\circ$ .

Substância	$\Delta H_c^\circ$ [kJ/mol]
benzeno	-3 268
etanol	-1 368
glicose	-2 808
metano	-890
octano	-5 471

Qual desses combustíveis, quando queimado completamente, é mais poluente ao ambiente?

### 3.2.1. Análise Das Hipóteses Iniciais Apresentadas Pelos Estudantes

Uma das possibilidades de solução para o problema é analisar a capacidade poluidora de um combustível. A capacidade poluidora de um combustível pode ser determinada pela razão entre a energia liberada e a quantidade de  $\text{CO}_2$  formada em sua combustão completa. Quanto maior a razão, menor é a capacidade poluidora. As razões entre a energia liberada e a quantidade de  $\text{CO}_2$  emitida, para cada combustível, é dada abaixo:

$$\text{Benzeno} - 6 \text{ Carbonos} - \text{Razão} = 3268/6 = 544,6$$

$$\text{Etanol} - 2 \text{ Carbonos} - \text{Razão} = 1368/2 = 684$$

$$\text{Glicose} - 6 \text{ Carbonos} - \text{Razão} = 2808/6 = 468$$

$$\text{Metano} - 1 \text{ Carbono} - \text{Razão} = 890/1 = 890$$

$$\text{Octano} - 8 \text{ Carbonos} - \text{Razão} = 5471/8 = 683,8$$

Observa-se que o combustível que apresenta a menor razão entre os combustíveis propostos aos estudantes no problema é a glicose, portanto, o combustível mais poluente.

**Análise da Resposta do Grupo 1:** O grupo demonstrou não ter entendido que a pergunta se referia aos combustíveis relacionados na tabela mostrada no problema e não analisou as respectivas entalpias e nem a geração do  $\text{CO}_2$ . O grupo discutiu sobre carros elétricos que realmente é uma opção interessante para diminuir a poluição gerada pela queima de combustíveis fósseis, mas não seria o objetivo do problema proposto.

**Análise da Resposta do Grupo 2:** O grupo relatou a correta relação entre a energia e a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada na queima dos combustíveis e obteve a resposta correta em relação ao mais poluente que seria a glicose e o menos poluente que seria o metano.

**Análise da Resposta do Grupo 3:** O grupo fez alguns comentários pertinentes quanto energia renovável que reduz o impacto ambiental e relatou que o dióxido de carbono é o responsável pela poluição do meio ambiente, porém não fez a correta relação entre a energia e a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada na queima dos combustíveis e nem analisou corretamente a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado pelos combustíveis e relatou que o Metano seria o mais poluente quando na verdade o Metano é o menos poluente.

**Análise da Resposta do Grupo 4:** O grupo relatou que o metano (CH<sub>4</sub>) seria o mais poluente quando na verdade o metano é o menos poluente entre os combustíveis citados.

Diante das soluções apresentadas pelos grupos, observa-se que o grupo 2 foi o único que apresentou uma solução inicial abrangendo os aspectos fenomenológicos do problema (a liberação de CO<sub>2</sub>, a partir da combustão, como gás poluente) e representacional (levaram em consideração as equações envolvidas na combustão completa de cada combustível).

Em seguida, foi apresentado a eles um material didático sobre a rentabilidade dos combustíveis e poluição ambiental gerada pela queima de combustíveis fósseis e as vantagens do uso biocombustíveis, os estudantes receberam imagens (Figuras 7 à 15) com notícias relacionadas a temática proposta nesta sequência didática a fim de estimular os alunos para a resolução do problema e foi solicitado que eles lessem, em voz alta, os títulos de cada matéria, para todos presente na sala.

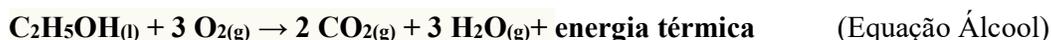
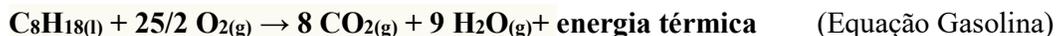
*3.2.2. Análise da intervenção didática relacionada à atividade experimental e as questões respondidas pelos estudantes.*

Inicialmente, foram expostos alguns conceitos relevantes para a resolução do problema como: entalpia de combustão e a equação de combustão; em seguida, o experimento envolvendo a combustão completa do etanol e a combustão incompleta da gasolina é realizado por todos os grupos. Posteriormente, os grupos receberam um questionário com duas questões avaliando algumas observações pertinentes ao experimento, e um debate foi proposto sobre as principais características observadas que diferenciam as combustões da gasolina e do etanol.

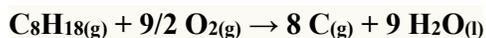
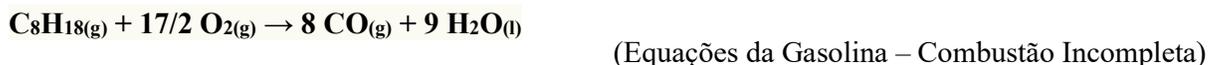
O número total de estudantes (34 Estudantes) foi dividido em 6 grupos para resolução das questões 1e 2 do quadro 10.

**Questão 1** - Proponha uma representação para o fenômeno da combustão a partir das observações realizadas no experimento da queima do etanol e da gasolina.

A combustão completa ocorre quando existe oxigênio suficiente para consumir todo o combustível e produzir dióxido de carbono e água como produtos. Considerando a combustão completa tanto da gasolina, quanto do álcool (Etanol) teríamos a representação, respectivamente, descrita a seguir.

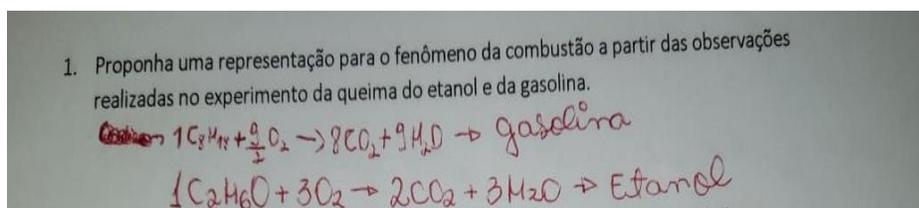


No caso da gasolina, a combustão acontece de forma incompleta gerando além do Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), o Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ) e/ou **fuligem** ( $\text{C(s)}$ ). Na combustão incompleta, o suprimento de oxigênio é insuficiente para consumir todo combustível e a representação das equações para a gasolina ficaria conforme a seguir.



Analisando as respostas colocadas pelos seis grupos, quatro grupos escreveram pelo menos uma das representações acima corretamente e dois dos seis grupos não conseguiram representar corretamente as combustões, mostrando que 66,67% conseguiram correlacionar os acontecimentos do cotidiano e a teoria, representada nas equações termoquímicas (aspecto representacional).

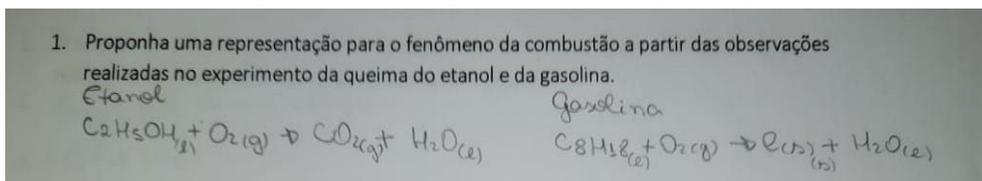
Figura 26 – Resposta de um grupo de estudantes para a questão 01 do quadro 09



Fonte: O Autor, 2019.

Observa-se que o grupo representa de forma correta e balanceada a equação de combustão do etanol. Porém, a equipe equivocou-se no momento em que balanceou a equação de combustão da gasolina – representada pelo octano – onde o grupo definiu que o coeficiente estequiométrico do comburente ( $\text{O}_2$ ) seria 9/2, quando, na verdade, deveria ser 25/2.

Figura 27 – Resposta de um grupo de estudantes para a questão 01 do quadro 10

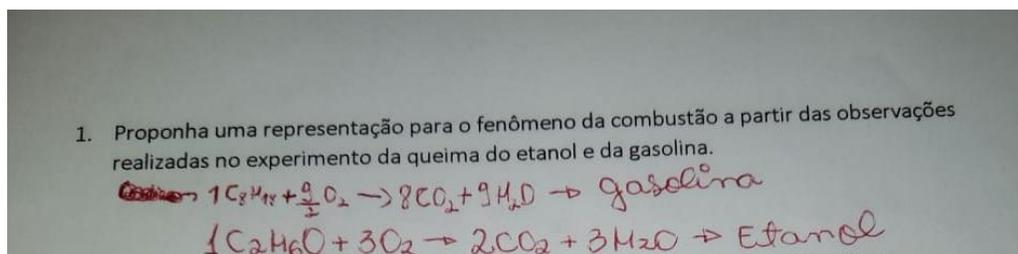


Fonte: O Autor, 2019.

Nota-se que o grupo representa a equação de combustão do etanol sem levar em consideração os coeficientes estequiométricos para balancear a equação. Na equação de combustão da gasolina, o mesmo representa a combustão incompleta deste combustível, porém, não leva em consideração, mais uma vez, os coeficientes estequiométricos da reação. Vale ressaltar que apenas esta equipe apresentou como produto da combustão da gasolina, o carbono fuligem.

De forma geral, o desempenho dos grupos foi satisfatório, pois, em sua maioria (66,67%), apresentaram respostas condizentes com, no mínimo, uma representação correta para a combustão dos combustíveis envolvidos.

Figura 28- Resposta de um grupo de estudantes para a questão 1 do quadro 10



**Questão 02** - A coloração da chama oriunda da combustão de um determinado combustível nos permite identificar se uma combustão é incompleta ou completa. Cite as principais diferenças entre os tipos de combustão observadas a partir do experimento da queima do etanol e da gasolina.

De uma maneira geral, os grupos mencionaram as principais diferenças entre as chamas da gasolina e do álcool: no álcool, a chama apresentou uma intensidade mais branda que a gasolina, o tempo que ela permaneceu acesa foi maior e a sua chama apresenta uma coloração azul, em contrapartida, a chama da gasolina é mais intensa e o tempo de duração foi

menor. Apenas três dos seis grupos mencionaram a fuligem liberada na combustão da gasolina como uma evidência da combustão incompleta ocorrida com a gasolina.

De modo geral, pode-se considerar que o desempenho dos grupos em relação às duas questões foi bom, pois, todos os grupos conseguiram observar algumas diferenças entre as combustões ocorridas com os diferentes tipos de combustíveis.

### 3.2.3. Reaplicação Do Problema Elaborado E Análise Das Respostas Dos Estudantes

Inicialmente, o problema 01 é reaplicado para os alunos e os grupos são incentivados a socializarem as conclusões.

**Problema 01:** Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão ( $\Delta H_c^\circ$ ). O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu  $\Delta H_c^\circ$ .

Substância	$\Delta H_c^\circ$ (kJ/mol)
benzeno	-3 268
etanol	-1 368
glicose	-2 808
metano	-890
octano	-5 471

Qual dos combustíveis, quando queimado completamente, é mais poluente ao ambiente?

**Solução proposta pelo grupo 01:** *A gente analisou que vários gases poluem o ambiente e prejudica a gente, e colocamos o metano porque, assim como essas outras substâncias, é ele que irá liberar mais CO<sub>2</sub>, mas, assim, diferente lá da primeira aula e que estávamos focados em vamos pegar logo o que mais polui e vamos focar em falar dele, ele é o principal, mas com as aulas anteriores, vimos que não só o metano, mas que todos eles acabam prejudicando, mas o mundo tenta ver o principal para reduzir e acaba esquecendo dos outros que também poluem.*

**Análise da Resposta do Grupo 01:** O grupo demonstra não ter conseguido compreender a relação entre a entalpia de combustão e a quantidade de CO<sub>2</sub> gerado neste processo. Relataram que o Metano seria o mais poluente enquanto a resposta correta seria a Glicose, então a resposta permanece não satisfatória.

**Solução proposta pelo grupo 02:** *Permanecemos com a resposta da primeira aula, sendo o combustível mais poluente seria a glicose. O motivo continua sendo o mesmo: a quantidade de energia liberada por mol de dióxido de carbono liberado é o maior entre os combustíveis citados no problema.*

**Análise da Resposta do Grupo 02:** O grupo permanece com mesma resposta na qual relatou a correta relação entre a quantidade de energia liberada na combustão e a quantidade de matéria de CO<sub>2</sub> liberada na combustão dos combustíveis e obteve a resposta correta em relação ao mais poluente que seria a glicose, portanto, a resposta foi considerada satisfatória.

**Solução proposta pelo grupo 3:** *Na outra aula, tínhamos usado a equação de combustão e a gente tinha visto que o que mais liberava CO<sub>2</sub> foi o Metano porque a quantidade liberada de CO<sub>2</sub> é maior do que nas outras equações. Calculamos que, para uma mesma quantidade de energia, a quantidade liberada de CO<sub>2</sub> é maior na glicose.*

**Análise da Resposta do Grupo 03:** O grupo modificou a resposta que havia previsto inicialmente e demonstrou ter conseguido obter a relação correta entre a quantidade de energia gerada pela combustão e a quantidade de matéria de CO<sub>2</sub> liberada, e assim chegar na resposta correta em relação ao mais poluente que seria a glicose, então a resposta foi considerada satisfatória, corroborando a eficiência da estratégia utilizada para a abordagem do tema.

**Solução proposta pelo grupo 04:** *Bem, a gente permaneceu com a mesma resposta da primeira aula, que no caso seria o metano, mas percebemos durante as aulas anteriores que foi muito importante para nós, pois aprendemos maneiras de como podemos reverter essa poluição, os fatores que ocasionam o efeito global e o efeito estufa e que não são só esses gases, é o todo. O modo que concluímos que é o metano é pela equação de combustão do metano.*

**Análise da Resposta do Grupo 04:** O grupo permaneceu com a mesma resposta e relatou que o Metano (CH<sub>4</sub>) seria o mais poluente, quando na verdade o Metano é o menos poluente, então a resposta não foi considerada satisfatória.

De modo geral, dos 04 grupos, 02 grupos responderam satisfatoriamente ao problema proposto o que reflete que 50 % da turma compreendeu e conseguiu estabelecer a relação entre energia e a quantidade de matéria de um dos produtos poluentes da combustão. Foi evidenciado que quando os estudantes foram expostos a mais informações conceituais, a partir de um material didático, experimentos e discussão em sala, a resolução do problema tornou-se mais dinâmica, acessível e motivadora. Observa-se que um grupo conseguiu obter uma resposta considerada parcialmente satisfatória e outro grupo não conseguiu transpor o obstáculo mesmo após vivenciar a sequência didática.

Em seguida, uma solução para o problema foi apresentada pelo professor para os estudantes. Inicialmente, as equações de combustão completa para cada combustível foram apresentadas a eles e seus valores de entalpia de combustão, como mostrado abaixo:



Posteriormente, discutiu-se sobre a relação entre a quantidade de matéria de  $\text{CO}_2$  emitido na combustão com a de energia liberada na combustão desses combustíveis, estabelecendo uma relação entre uma mesma quantidade de energia (1000 kJ) e de  $\text{CO}_2$  por esta quantidade de energia emitida.

Para o benzeno, temos:

$$6 \text{ mol} \text{ ---- } 3268 \text{ kJ}$$

$$x \text{ mol} \text{ ---- } 1000 \text{ kJ}$$

x equivale a aproximadamente 1,84 mol

Para o etanol, temos:

$$2 \text{ mol} \text{ ---- } 1368 \text{ kJ}$$

$$y \text{ mol} \text{ ---- } 1000 \text{ kJ}$$

y equivale a aproximadamente 1,46 mol

Para a glicose, temos:

$$6 \text{ mol} \text{ ---- } 2808 \text{ kJ}$$

$$w \text{ mol} \text{ ---- } 1000 \text{ kJ}$$

w equivale a aproximadamente 2,14 mol

Para o metano, temos:

1 mol ---- 890 kJ

z mol ---- 1000 kJ

z equivale a aproximadamente 1,12 mol

Para o octano, temos:

8 mol ---- 5471 kJ

t mol ---- 1000kJ

t equivale a aproximadamente 1,46 mol

Por fim, observou-se que a glicose é o combustível que libera uma maior quantidade de matéria de CO<sub>2</sub>, principal gás responsável pelo efeito estufa, para atmosfera, caracterizando-o como o combustível mais poluente entre os citados.

### 3.3. Investigação Das Dificuldades Dos Estudantes Após A Vivência De Uma Sequência Didática Pautada Na Aprendizagem Baseada Em Problemas Articulada A Temática Combustão.

Após a vivência da sequência didática pelos estudantes, eles foram convidados a responder as assertivas disponibilizadas no quadro 15, posicionando-se de acordo com as categorias estabelecidas pela escala Likert: Concordo Totalmente, Concordo, Indiferente, Discordo ou Discordo Totalmente. O quadro 15, a seguir, também traz os resultados obtidos.

Quadro 15. Resultado da pesquisa com Estudantes para Levantar as Dificuldades.

<b>Pesquisa Realizada com os Estudantes para Levantar as Dificuldades</b>						
PROPOSIÇÃO		Concordo Totalmente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Totalmente
1	A compreensão do problema ocorreu sem dificuldades.	6	17	2	8	1
		17,6%	50,0%	5,9%	23,5%	2,9%
2	A estratégia utilizada durante o curso tornou	11	12	5	5	1

	o curso mais interativo e menos cansativo.	32,4%	35,3%	14,7%	14,7%	2,9%
3	A utilização dos vídeos facilitou a compreensão do problema proposto.	17	16	1	0	0
		50,0%	47,1%	2,9%	0,0%	0,0%
4	Não foram disponibilizados recursos suficientes para que o problema fosse solucionado.	0	1	1	14	18
		0,0%	2,9%	2,9%	41,2%	52,9%
5	Surgiram dificuldades durante a resolução do problema.	8	16	5	4	1
		23,5%	47,1%	14,7%	11,8%	2,9%
6	O tema escolhido foi contemporâneo.	27	6	0	0	1
		79,4%	17,6%	0,0%	0,0%	2,9%
7	A estratégia utilizada contribuiu para a aprendizagem do tema.	20	13	1	0	0
		58,8%	38,2%	2,9%	0,0%	0,0%
8	O trabalho em grupo proporcionou discussão.	21	10	3	0	0
		61,8%	29,4%	8,8%	0,0%	0,0%
9	A atividade experimental não apresentou dificuldades de ser realizada.	8	11	9	4	2
		23,5%	32,4%	26,5%	11,8%	5,9%
10	A linguagem utilizada durante o curso facilitou a compreensão do problema.	16	14	4	0	0
		47,1%	41,2%	11,8%	0,0%	0,0%
11	O experimento realizado pelo grupo facilitou a compreensão do problema.	19	12	2	1	0
		55,9%	35,3%	5,9%	2,9%	0,0%
12	A quantidade de estratégia (s) utilizada (s) pelo grupo foi um fator preponderante para a resolução do problema.	4	15	12	3	0
		11,8%	44,1%	35,3%	8,8%	0,0%
13	A estratégia vivenciada foi pertinente para a resolução do problema.	10	19	2	3	0
		29,4%	55,9%	5,9%	8,8%	0,0%
14	O problema utilizado durante o curso é relevante.	19	12	2	1	0
		55,9%	35,3%	5,9%	2,9%	0,0%
15	A estratégia utilizada me incentivou a	8	13	9	3	1

trabalhar de forma mais independente do que faço normalmente nas aulas expositivas.	23,5%	38,2%	26,5%	8,8%	2,9%
---	-------	-------	-------	------	------

Fonte: O Autor, 2019.

**Proposição 1** - A compreensão do problema ocorreu sem dificuldades.

Analisando as respostas dos estudantes, percebe-se que mais de 60% dos alunos (somando os 2 grupos (CT e C)) não tiveram dificuldades em compreender o enunciado do problema. No entanto, quase 30% deles não entenderam bem o enunciado. Isso demonstra, a princípio, a importância que há no processo de elaboração de um enunciado quando se pretende trabalhar com a ABP. O enunciado do problema é o ponto de partida. É uma tarefa do professor, porém não é fácil. Em outra perspectiva, estudos realizados (PERALES, 2000) comparando especialistas em resolução de problemas com novatos mostram que um dos motivos dos especialistas responderem de forma mais rápida em relação aos novatos reside na compreensão do problema.

**Proposição 2** - A estratégia utilizada durante o curso tornou o curso mais interativo e menos cansativo.

Com relação à proposição 2, 32,4 % dos estudantes responderam *Concordo totalmente* ou seja, isto é, afirmaram que a estratégia utilizada na sala tornou a aula interativa e menos cansativa. 35,3 % responderam *Concordo*. Quer dizer, mais de 50 % da turma, após ter vivenciado uma metodologia de ensino que se distancia do modelo de ensino tradicional, considerou o curso menos cansativo e mais interativo. A ABP potencializa as interações entre estudante-estudante e estudantes-professor dinamizando a sala de aula.

**Proposição 3** - A utilização dos vídeos facilitou a compreensão do problema proposto.

Na proposição 3, 50% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente*. Com esse fato, ou seja, afirmaram que o vídeo facilitou a compreensão do problema. 47,1% responderam *Concordo*. Assim, 97,1% afirmaram que o vídeo facilitou a compreensão do problema. O resultado mostra a importância de selecionar ou elaborar instrumentos didáticos que auxiliem os estudantes no processo de resolução do problema proposto e enfrentado por eles.

**Proposição 4** - Não foram disponibilizados recursos suficientes para que o problema fosse solucionado.

No tocante à proposição 4, 52,9% dos estudantes responderam *Discordo Totalmente*. Dessa forma, acharam que os recursos foram suficientes para que o problema fosse

solucionado. 41,2% responderam *Discordo*. Ou seja, também acharam que os recursos foram suficientes. Somando os dois grupos (DT e D), daria 94,1% que acharam que os recursos foram suficientes.

**Proposição 5** - Surgiram dificuldades durante a resolução do problema.

Com relação à proposição 5, 23,5% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente*. Assim, afirmaram que surgiram dificuldades durante a resolução do problema. 47,1% responderam *Concordo*. Portanto, afirmaram que surgiram dificuldades durante a resolução do problema, mas com intensidade menor que o grupo anterior. Somando os 2 grupos (CT e C), daria 70,6% que afirmaram que surgiram dificuldades durante a resolução do problema. Este resultado dialoga com o que preconiza a ABP, os estudantes ao se depararem com um problema devem sentir-se numa situação de dificuldade intelectual por não dispor naquele momento de meios necessários para responder ao problema proposto. Seriam os obstáculos iniciais, esperados serem transpostos após a vivências das atividades elaboradas e pensadas pelo professor.

**Proposição 6** - O tema escolhido foi contemporâneo.

Na proposição 6, 79,4% dos alunos responderam *Concordo Totalmente*. Ou seja, acham o tema escolhido contemporâneo. 17,6% responderam *Concordo*, isto é, também acharam o tema escolhido contemporâneo, mas com intensidade menor que o grupo anterior. Somando os 2 grupos (CT e C), daria 97,1%. Este resultado mostra que a temática escolhida para a proposição de um produto educacional foi importante. Neste sentido, a sequência didática proposta relacionada à temática de combustão pode ser utilizada por outros professores realizando as adequações necessárias para o contexto escolar escolhido. Este resultado também vai ao encontro do que foi retratado no estudo de Amaral e Medeiros (2017) quando mostram na revisão bibliografia que a temática combustão tem estado presente nos últimos anos em artigos da QNesc.

**Proposição 7** - A estratégia utilizada contribuiu para a aprendizagem do tema.

Com relação à proposição 7, 58,8% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente*. De tal maneira, afirmaram que estratégia utilizada contribuiu para o aprendizado. 38,2% responderam *Concordo*. Assim, afirmaram que estratégia utilizada contribuiu para o aprendizado. Somando os 2 grupos (CT e C) daria 97,1%. Este resultado corrobora com as

pesquisas que envolvem ABP mostrando que resultados positivos podem ser obtidos quando da compreensão de conhecimentos científicos articulados a diferentes temáticas.

**Proposição 8** - O trabalho em grupo proporcionou discussão.

No que diz respeito à proposição 8, 61,8% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente* com esse fato, ou seja, afirmaram que o trabalho em grupo proporcionou discussão. 29,4% responderam *Concordo*, assim, também afirmaram que trabalho em grupo proporcionou discussão. Somando os 2 grupos (CT e C), daria 97,2%. Como foi dito anteriormente, a ABP potencializa as interações entre estudante-estudante e estudantes-professor, dinamizando a sala de aula, criando um ambiente aberto a diferentes posicionamentos e argumentações dos estudantes.

**Proposição 9** - A atividade experimental não apresenta dificuldades de ser realizada.

Com relação à proposição 9, 23,5% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente* com esse fato. Dessa maneira, afirmaram que a atividade experimental não apresenta dificuldades de ser realizada. 32,4% responderam *Concordo*, isto é, também afirmaram que a atividade experimental não apresentou dificuldades de ser realizada. Somando os 2 grupos (CT e C), daria 55,9%. 26,5% dos estudantes responderam como *Indiferente*, percentual considerável de estudantes que nem concordam e nem discordam com essa proposição.

**Proposição 10** - A linguagem utilizada durante o curso facilitou a compreensão do problema.

No tocante à proposição 10, 47,1% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente* com esse fato. Ou seja, afirmaram que a linguagem utilizada durante o curso facilitou a compreensão. 41,2% responderam *Concordo*, assim, também afirmaram que linguagem utilizada durante o curso facilitou a compreensão, mas com intensidade menor que o grupo anterior. Somando os 2 grupos (CT e C), 88,2% dos estudantes afirmaram que a linguagem utilizada durante o curso facilitou a compreensão.

**Proposição 11** - O experimento realizado pelo grupo facilitou a compreensão do problema.

No que diz respeito à proposição 11, 55,9% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente* com esse fato, ou seja, afirmaram que o experimento realizado pelo grupo facilitou a compreensão do problema. 35,3% responderam *Concordo*, de tal maneira, também

afirmaram que o experimento realizado pelo grupo facilitou a compreensão do problema, mas com intensidade menor que o grupo anterior. Somando os 2 grupos (CT e C), 91,2% dos alunos afirmaram que o experimento realizado pelo grupo facilitou a compreensão do problema. Mais uma vez, o resultado mostra a importância de selecionar ou elaborar instrumentos didáticos que auxiliem os estudantes no processo de resolução do problema proposto e enfrentado por eles.

**Proposição 12** - A quantidade de estratégia(s) utilizada(s) pelo grupo foi um fator preponderante para a resolução do problema.

Com relação à proposição 12, 11,8% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente* com esse fato. Ou seja, afirmaram que a quantidade de estratégia (s) utilizada (s) pelo grupo foi um fator preponderante para a resolução do problema. 44,1% responderam *Concordo*, ou seja, também afirmaram que a quantidade de estratégia (s) utilizada (s) pelo grupo foi um fator preponderante para a resolução do problema. Este resultado é importante, pois mostra que os estudantes num movimento de cooperação dentro do grupo pensaram em possíveis caminhos para responder ao problema.

**Proposição 13** - A estratégia vivenciada foi pertinente para a resolução do problema.

Com relação à proposição 13, 29,4% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente*. Assim, afirmaram que a estratégia vivenciada foi pertinente para a resolução do problema. 55,9% responderam *Concordo*. Ou seja, também afirmaram que a estratégia vivenciada foi pertinente para a resolução do problema, mas com intensidade menor que o grupo anterior. Somando os 2 grupos (CT e C), 85,3% dos alunos afirmaram que a estratégia vivenciada foi pertinente para a resolução do problema. Esse resultado demonstra a importância do planejamento por parte do professor quando ele trabalha de forma diferenciada em sala de aula. A sequência didática pensada e planejada demandou tempo por parte deste pesquisador, pois necessariamente envolveu um processo de pesquisa, desde a escolha do tema, instrumentos didáticos utilizados e os objetivos de aprendizagem articulados a cada um deles.

**Proposição 14** - O problema utilizado durante o curso é relevante.

No que diz respeito à proposição 14, 55,9% dos estudantes responderam *Concordo Totalmente*. Assim, afirmaram que o problema utilizado durante o curso é relevante. 35,3%

responderam *Concordo*. Ou seja, também afirmaram que o problema utilizado durante o curso é relevante, mas com intensidade menor que o grupo anterior. Somando os 2 grupos (CT e C), 91,2% dos estudantes afirmaram que o problema utilizado durante o curso foi relevante. É válido comentar que o enunciado do problema proposto possibilitou a discussão do processo de combustão, bem como outras questões energéticas relacionadas com o aquecimento global, poluição ambiental, efeito estufa, dentre outros.

**Proposição 15** - A estratégia utilizada me incentivou a trabalhar de forma mais independente do que faço normalmente nas aulas expositivas.

Com relação à proposição 15, 23,5% dos alunos responderam *Concordo Totalmente* com esse fato, afirmando que a estratégia utilizada incentivou a trabalhar de forma mais independente do que faço normalmente nas aulas expositivas. 38,2% responderam *Concordo*, ou seja, também afirmaram a estratégia utilizada me incentivou a trabalhar de forma mais independente do que faço normalmente nas aulas expositivas, mas com intensidade menor que o grupo anterior. Somando os 2 grupos (CT e C), daria 61,8% que afirmaram que a estratégia utilizada incentivou a trabalhar de forma mais independente do que faço normalmente nas aulas expositivas. 26,5% dos alunos responderam como *Indiferente*, ficando percentual considerável de estudantes que nem concordam e nem discordam com essa proposição. É importante comentar que um dos desafios da educação contemporânea é formar sujeitos autônomos. Neste sentido, o uso de metodologias diferenciadas em sala de aula pode contribuir. A ABP representa uma dessas possibilidades.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise do questionário de concepções prévias, respondido individualmente pelos alunos, a maioria deles apresenta ideias sobre os conceitos químicos de combustão de forma intuitiva e fortemente atrelada ao senso comum. Eles também apresentaram dificuldades de diferenciar queima de combustão. No entanto, quando indagados sobre as questões que envolveram exemplos de combustão do cotidiano, aquecimento global, poluição ambiental, os estudantes responderam, em sua maioria, como esperado, talvez por estas questões serem frequentemente veiculadas na mídia e em redes sociais.

O planejamento da sequência didática possibilitou a discussão com os estudantes da temática combustão atrelada a questões energéticas, poluição ambiental, calor de combustão, representação de fórmulas e equações químicas, combustão completa e combustão incompleta. O contato deles com o problema proposto revelou dificuldades iniciais para proporem uma solução, porém, com a vivência dos instrumentos didáticos (vídeo sobre o tema combustão, atividade experimental, títulos de revistas e websites, exposição formal do conteúdo) e conseqüentemente da sequência didática, pode-se perceber uma evolução conceitual dos estudantes. Dos quatro grupos de alunos, dois responderam de forma satisfatória, um grupo de forma parcialmente satisfatória e apenas um grupo não conseguiu responder satisfatoriamente nem transpor o obstáculo presente no enunciado.

Finalmente, a análise das dificuldades dos estudantes após a vivência de uma sequência didática pautada na aprendizagem baseada em problemas articulados à temática combustão utilizando a escala Likert demonstrou que eles, de forma geral, concordaram com a ideia de que a estratégia utilizada nas aulas auxiliou na: resolução do problema proposto; participação dos alunos na busca por caminhos possíveis de resolução, interação entre estudante-estudante e estudantes-professor; dentre outros aspectos.

Os resultados obtidos neste trabalho reiteram a importância do uso de metodologias ativas no processo educativo, sendo a ABP uma estratégia promissora. Assim, recomenda-se a implementação da ABP como possibilidade de: despertar o interesse do aluno em compreender os conceitos da disciplina Química atrelados a temáticas atuais a fim de contribuir para a formação de um cidadão capaz de tomar decisões conscientes em relação aos temas em discussão na sociedade que envolvam os conceitos aplicados da Química.

Espera-se que o produto educacional produzido neste trabalho possa ser apropriado e aplicado por outros professores em outros contextos escolares.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, E. M. R.; MEDEIROS, S. M. A. **A reação química de combustão nos artigos da Revista Química Nova na Escola.** In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEQ. Florianópolis, SC, 2017.
- BARBOSA, E. F. Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais. Disponível em: <[http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Ensino\\_2013\\_2/](http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Ensino_2013_2/)>. Acessado em: Abril de 2020.
- BOUJAOUDE, S.B. A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, p. 689-704. 1991.
- CAMPANARIO, J. M.; MOYA, A. Como enseñar ciencias? Principales tendencias e propuestas. **Enseñanza de las ciencias**, v.17, n.2, p.179-192. 1999.
- CAMPOS, A. F.; FERREIRA, I. M.; Fernandes, L. dos S. Concepções Alternativas dos Alunos sobre Ligação Metálica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. Extra, p. 2403-2408, 2013.
- CAMPOS, A. F. ; SILVA, G. F. . Abordagem de Conceitos Relativos ao Modelo Atômico de Bohr por Resolução de Situação-Problema. **Enseñanza de las Ciencias**, v. Extra, p. 1203-1208, 2013.
- CAVALCANTI, C. de L.; FERNANDES, L. dos S.; CAMPOS, A. F. Elaboração e Avaliação de uma Hipermídia para Abordagem de Ligação Metálica. **Revista Tecnologias na Educação**, Ano 5 - número 9 – dezembro 2013 – Disponível em: <<http://tecnologiasnaeducacao.pro.br>>
- CASTELLAN, G. **Físico – Química.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1977.
- COSTA, A.O.; SÁ, I.C.G.; SILVA, A.F.A. **COMBUSTÃO X QUEIMA: CONCEPÇÕES DE ALUNOS DA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO** In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química - XIV ENEQ, Curitiba. Anais... Curitiba: XIV ENEQ. 2008.
- DALMORO, M. e VIEIRA, K. M. **RGO Revista Gestão Organizacional**, Vol. 6 - Edição Especial. 2013.
- DA SILVA, M. J.; FERNANDES, L. dos S.; CAMPOS, A. F. Situação-Problema como Estratégia didática na Abordagem do Tema Lixo. **Educação Ambiental em Ação**, v. 46, p. 1, 2014.
- DUARTE, J.S.; RADÜNZ, F.K.; RODRIGUES, T.A.; Calor de reação e calor de solidificação. **Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, 2016.**
- ECHEVERRÍA, M. P. P., e POZO, J. I. **Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender.** Em: Pozo, J. I. (Ed.), A Solução de Problemas: Aprender a Resolver, Resolver para Aprender. Porto Alegre: Artmed. 1998.
- ENGEL, C. **Not just a method but a way of learning.** In:BOUD, D.; FELETTI, G. (Eds).The challenge of problem-based-learning.Londres: Kogan p. 28-35. 1997.
- FARIAS, M. L.; SANTOS, A. C. K. **Combustão e Seus Efeitos: Um Estudo Sobre Concepções de Alunos do Ensino Técnico do CEFET-RS, Visando à Educação Ambiental.** Disponível em:<<https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/812/302>>. Acessado em: 10 mai. 2019.
- FERNANDES, L. S., e CAMPOS, A. F. A abordagem de ligação química numa perspectiva de ensino por situação-problema. **Enseñanza de las Ciencias**, extra, 3211-3215. 2013.
- FERNANDES, L. dos S.; CAMPOS, A. F. O Ensino de Ligação Química numa perspectiva de Ensino por Situação-Problema. **Enseñanza de las Ciencias**, v. Extra, p. 3211-3215, 2013.

FERNANDES, L. S. Análise de Tendências de Pesquisa sobre a Resolução de Problemas em Química. **Dissertação**. 114f. Pernambuco: UFRPE, 2014.

FERNANDES, L. dos.; CAMPOS, A. F. Elaboração e Aplicação de Uma Intervenção Didática Utilizando Situação-Problema no Ensino De Ligação Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.9, n. 12, p. 37-47, 2014.

FERNANDES, L. dos.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO-JR, C. de A. C. Concepções Alternativas dos Estudantes sobre Ligação Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.5, n.3, p. 19-27, 2010.

FERNÁNDEZ, A. **A inteligência aprisionada**. Porto Alegre: Artes Médicas, 261p. 1991.

FREIRE, M. D., SILVA JÚNIOR, G. A., SILVA, M. G. L. Panorama sobre o tema resolução de problemas e suas aplicações no ensino de química. **Acta Scientiae (ULBRA)**, v. 13, p. 106-120. 2011.

FREIRE, M. D., SILVA JÚNIOR, G. A., SILVA, M. G. L. Como formular problemas a partir de exercícios? Argumentos dos licenciandos em Química. **Enseñanza de las Ciencias**, vol 12, nº 1, p. 109-208. 2013.

FREITAS, A. P. **Percepções de Professores de Química do Nível Médio acerca do Ensino por Resolução de Problemas por meio da Divulgação Científica de pesquisas desenvolvidas nesta direção**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. 2017. 220p.

GOI, M.E.J.; SANTOS, F.M.T. **A Construção do Conhecimento Químico por Estratégias de Resolução de Problemas In: XII Encontro Nacional de Ensino de Química - XII ENEQ**, Goiânia. Anais... Goiânia: XII ENEQ. 2004.

GOI, M.E.J.; SANTOS, F.M.T. Reações de Combustão e Impacto Ambiental por meio de Resolução de Problemas e Atividades Experimentais. **Química Nova Na Escola**. São Paulo. Vol. 31, Nº 3, agosto. P. 203-209, 2009.

GOI, M.E.J. **Formação de professores para o desenvolvimento da Metodologia de Resolução de Problemas na Educação Básica**. Tese de Doutorado. Departamento de Educação, Universidade Federal do rio Grande do Sul, 2014. 254p.

KEMPA, R. F. Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. **Enseñanza de las Ciencias**, v.4, n.2, p.99-110. 1986.

LACERDA, C. de C., CAMPOS, A. F. y MARCELINO-Jr, C. de A. C. Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. **Química Nova na Escola**, v.34, n.2, p.75-82, 2011).

LEITE, L.; AFONSO, A. S. Aprendizagem baseada na resolução de problemas, características, organização e supervisão. **Boletín das Ciências**, 253-260. 2001.

LEITE, L.; ESTEVES, E. **Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na Licenciatura em Ensino de Física e Química**. In: ACTAS DO CONGRESSO Galaico-Português De Psicopedagogia. Anais eletrônicos; Braga: Universidade do Minho. 2005.

LOPES, J. B. **Resolução de Problemas em Física e Química: Modelo para Estratégias de Ensino-Aprendizagem**. Lisboa: Texto Editora. 1994.

- LUCENA, R. M da S.; CAMPOS, A. F. ; Souza, S. R. Concepções alternativas dos Alunos Iniciais do Curso de Medicina Veterinária Sobre Reações Químicas: contextos de uma investigação. **Revista Acta Scientiae**, v. 14, p. 472-487, 2012.
- MARTIN, J. V. R. **La resolución de problemas de química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico**. 411 f. Tese Doutorado em Ciências químicas) – Facultad de Ciencias, Departamento de Química Física, Universidad del país Vasco. 1991.
- MEDEIROS, S. M. A.; AMARAL, E. M. R. **A reação química de combustão nos artigos da Revista Química Nova na Escola**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis. Anais...2017.
- MÈHEUT, M.; SALTIEL, E. e TIBERGHEN, A. **Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion**. European Journal of Science Education, v. 7, p. 83-93. 1985.
- METTES, C. T. C. W., PILOT, A., ROOSSINK, H. J., KRAMERS-PALSH. Teaching and learning problem solving in science Part I: A general strategy. **Journal of Chemical Education**, v.57, n.12, p.882- 885. 1981.
- MOREIRA, A. E. C A. **A importância do ensino das estratégias de aprendizagem aos alunos de ensino fundamental**. XII Congresso nacional de educação. Curitiba. Anais...2015.
- PERALES PALACIOS, F. J. La resolución de problemas: una revisión estructurada. **Enseñanza de las Ciencias**, v.11, n.2, p.170-178. 1993.
- OÑORBE, T. A.; SÁNCHEZ, J. J. M. Dificultades em la enseñanza-aprendizaje de los problemas de Física y Química. I. Opiniones Del alumno. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 14, n. 2, p. 165-170, 1996<sup>a</sup>.
- PERALES PALACIOS, F. J.; CAÑAL, P. (Org.). **Didáctica de las Ciencias Experimentales**. Barcelona: Marfi. 2000.
- PERALES, F. J. **Resolución de Problemas**. Madrid: Síntesis. 2000.
- POLYA, G. **A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático**. Rio de Janeiro: Interciência. 1995.
- PORLÁN, R. Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, 16(1), 175-185. 1998.
- POZO, J. I. **A Solução de Problemas, Aprender a Resolver Resolver para Aprender**. Porto Alegre, Artmed. 1998.
- RIDENTI M. A.; AMORIM, J.; DAL PINO A. Termodinâmica das reações químicas aplicada a combustão e à física de plasmas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, n. 3, 3307, 2018.
- ROSS, K. B. A constructive not a destructive process. **School Science Review**, v. 72, n. 251, p. 39-49. 1991.
- SCHMIDT, H. M. Problem-based learning: rationale and description. **Medical Education**. v. 17, p. 11-16, 1983.
- SCHNETZLER, R. P. A Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, supl. 1, p. 14-24, 2002.

SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F. ; ALMEIDA, M. A. V. de . Concepções Alternativas dos Licenciandos em Química sobre Radioatividade. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, p. 72-82, 2013.

SILVA, A.F.; FERREIRA, J.H.; e VIERA, C.A. O ensino de ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, Santarém/PA, Vol. 7, N° 2, p. 283-304, 2017.

SIMÕES NETO, J. E.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO-JR, C. A. C. El uso de situaciones-Problema para la enseñanza superior de isomeria en la química inorgánica. **Avances en Ciencias e Ingeniería**, v.4, n.2, p.61-68, 2013.

SOUZA, J. S. A.; BATINGA, V. T. S. Validação de uma sequência didática de química a partir de aspectos da teoria da atividade de leontiev e da teoria da assimilação por etapas dos conceitos e ações de galperin. **Revista Amazônica**, ano 6, v. 12, n. 2, p. 342-368, jul./dez., 2013

VERÍSSIMO, V. B. y CAMPOS, A. F. Abordagem das propriedades coligativas numa perspectiva de ensino por situação-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.4, n.3, p.101-118, 2011.

TREVISAN, T. S. e MARTINS, P. L. O. **A prática pedagógica do professor de química: possibilidades e limites**. UNIrevista. Vol. 1, n° 2: abril. 2006.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes. 1987.

WATSON, J. R.; PRIETO, T. e DILLON, J. S. The effect of practical work on students' understanding of combustion. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, p. 487-502. 1995.

WATSON, J. R.; PRIETO, T. e DILLON, J. S. Consistency of students' explanations about combustion. **Science Education**, v. 81, p. 425-444. 1997.

WILSEK, M.; TOSIN, J. Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas. Estado do Paraná, v. 3, n. 5, 2012. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf>> Acesso em: abril de 2020.

## APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

### APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ABORDAGEM DA TEMÁTICA COMBUSTÃO

#### SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM – AULA 01

A questão a seguir deve ser respondida utilizando as informações que você já conhece a respeito da temática. O grupo pode discutir entre si e chegar a uma solução para questão proposta. Vale ressaltar que neste momento inicial não haverá resposta correta ou incorreta.

Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão ( $\Delta H^0_C$ ). O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu  $\Delta H^0_C$ :

Substância	$\Delta H^0_C$ [kJ/mol]
benzeno	-3 268
etanol	-1 368
glicose	-2 808
metano	-890
octano	-5 471

Fonte: O autor (2019)

Qual dos combustíveis, quando queimado completamente, é mais poluente ao ambiente?

Solução:

A seguir, observem as imagens com notícias relacionadas a temática proposta na questão anterior:



## Academias de ciência pedem medidas urgentes contra a poluição do ar

Publicado em 26/06/2019 | Atualizado em 26/06/2019 | TAMANHO DA LETRA

Na sede da ONU, em Nova Iorque, representantes das academias de ciência e medicina de quatro países – entre eles, o Brasil – apresentaram neste mês (19) um apelo urgente por mais investimentos na luta contra a poluição do ar.

As instituições pediram que todas as nações do mundo adotem medidas de controle das emissões de poluentes e implementem sistemas de monitoramento da qualidade do ar. O relato é da ONU Meio Ambiente.

## Subsídios a combustíveis fósseis prejudicam expansão da energia verde

Em 2018, houve aumento no investimento em novos projetos de petróleo e gás, enquanto o gasto com energia renovável caiu 2%, segundo a AIE.

Por France Presse | 04/06/2019 19:00 | Atualizado há um mês

## Emissões globais de CO2 crescem e atingem maior alta da história, diz estudo

Aumento projetado de mais de 2% nas emissões de gases se deve ao aumento no uso de carvão e no crescimento do uso de petróleo e gás.

Por G1 | 05/12/2018 10:15 | Atualizado há 7 meses

## Subsídios de combustíveis fósseis estão destruindo o mundo, diz secretário-geral da ONU

Em encontro com políticos e empresários na Áustria, António Guterres falou sobre os riscos para o meio ambiente das políticas de estímulo ao uso de combustíveis fósseis.

Por Reuters | 28/05/2019 19:09 | Atualizado há um mês

## Biodigestor rural reduz impacto e aumenta renda do produtor

Equipe eCycle

CORREIO BRAZILIENSE | Economia

## Energia limpa ganha espaço sem comprometer o futuro do planeta

O Brasil tem uma localização geográfica privilegiada e poderia mitigar de forma quase completa as emissões causadas pelo uso e geração de energia

emtempo | Opinião | Amazonas | Política | Política | Economia | Cultura | Ciência e Tecnologia | Esporte | Mova-se | Cotidiano | Especiais

SUSTENTABILIDADE

### Primeiro combustível sustentável do Brasil é lançado em Manaus

Dentre todas as cidades brasileiras, Manaus foi escolhida para ser palco do lançamento da primeira gasolina ecoaditivada do Brasil. Combustível promete economia e desempenho.

PRISCILA ROSAS | 13 de abril de 2019 - 14:18



## Biocombustíveis podem reduzir 70% das emissões globais

Publicado em 17/09/2019 11:24

150 compartilhamentos

159 exibições

Dado é apontado por estudo da IRENA e será apresentado durante o Etanol Summit, maior evento do setor sucroenergético da América Latina.

## **APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ABORDAGEM DA TEMÁTICA COMBUSTÃO**

### SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM – AULA 02

O questionário a seguir deve ser respondido individualmente, a partir dos conhecimentos prévios que cada estudante possui.

Questão 1. A partir de seus conhecimentos científicos, explique a diferença entre combustão e queima.

Questão 2. O fenômeno combustão é encontrado em nosso dia a dia em diversas situações vivenciadas. Sobre este fenômeno, cite duas situações onde podemos observá-lo ocorrendo em nosso dia a dia.

Questão 3. O aquecimento global é um dos impactos ambientais gerados pela queima de combustíveis fósseis, como gasolina e diesel. Com suas palavras, discuta o (s) motivo (s) que causa (m) o aquecimento global devido à queima de combustíveis fósseis.

Questão 4. A busca por estratégias que diminuam os impactos ambientais causados a partir da queima de combustíveis fósseis é uma realidade mundial. Assim, proponha e discuta duas estratégias possíveis para a diminuição dos impactos ambientais gerados pela queima de combustíveis fósseis.

Em seguida, os estudantes assistirão o vídeo “aquecimento global” disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8sovsUzYZFM&t=14s> e um debate será proposto a partir das principais questões apontadas neste vídeo (a origem do aquecimento global, as causas e os efeitos).

## APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ABORDAGEM DA TEMÁTICA COMBUSTÃO

### SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM – AULA 03

Os materiais e o procedimento utilizado durante a atividade experimental são apresentados a seguir.

#### **Materiais**

- 6 Pires de fundo branco;
- 20 mL de gasolina;
- 20 mL de etanol;
- 2 Pipetas de 10 mL;
- 1 Caixa de palito de fósforo;
- 6 Cadinhos;
- 2 Béqueres 250 mL;
- 2 Peras;
- 34 Máscaras de proteção.

#### **Procedimento**

- Transferir 20 mL de álcool e 20 mL de gasolina do béquer para o cadinho;
- Acender os palitos de fósforo e, com cuidado, aproximar os palitos dos cadinhos que contém o álcool e a gasolina. Observar a coloração das chamas nas duas cápsulas;
- Aproximar o pires da chama – a uma distância de 4 à 6 cm da chama. Após 10 segundos, observe o fundo do pires;
- Observar e anotar os resultados obtidos no procedimento.

Para responder as questões abaixo, do questionário 2, será necessário que o estudante utilize de todas as observações realizadas durante o experimento realizado anteriormente.

Questão 1. Proponha uma representação para o fenômeno da combustão a partir das observações realizadas no experimento da combustão do etanol e da gasolina.

Questão 2. A coloração da chama oriunda da combustão de um determinado combustível nos permite identificar se uma combustão é incompleta ou completa. Cite as principais diferenças entre os tipos de combustão observados a partir do experimento da queima do etanol e da gasolina.

## APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ABORDAGEM DA TEMÁTICA COMBUSTÃO

### SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM – AULA 04

Responda, novamente, a questão proposta na aula 01. Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão ( $\Delta H^0_c$ ). O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu  $\Delta H^0_c$ :

Substância	$\Delta H^0_c$ (kJ/mol)
benzeno	-3 268
etanol	-1 368
glicose	-2 808
metano	-890
octano	-5 471

Fonte: O autor (2019)

Qual dos combustíveis, quando queimado completamente, é mais poluente ao ambiente?

Solução:

Em seguida, responda um questionário a respeito da sequência didática proposta durante as aulas. Atenção, marque CT se concordar totalmente, C se concorda, I se for indiferente, D se discordar e DT se discordar totalmente.

Assertivas para posicionamento dos estudantes	CT	C	I	D	DT
1. A compreensão do problema ocorreu sem dificuldades.					
2. A estratégia utilizada durante o curso tornou o curso mais interativo e menos cansativo.					
3. A utilização do vídeo facilitou a compreensão do problema proposto.					
4. Não foi disponibilizado recursos suficientes para que o problema fosse solucionado.					

5. Surgiram dificuldades durante a resolução do problema.					
6. O tema escolhido foi contemporâneo.					
7. A estratégia utilizada durante o curso contribuiu para a aprendizagem do tema.					
8. O trabalho em grupo proporcionou discussão.					
9. A atividade experimental não apresentou dificuldade de ser realizada.					
10. A linguagem utilizada durante o curso facilitou a compreensão do problema.					
11. O experimento realizado pelo grupo facilitou a compreensão do problema.					
12. A quantidade de estratégia (s) utilizada (s) pelo grupo foi um fator preponderante para a resolução do problema.					
13. A estratégia vivenciada pelo grupo foi pertinente para a resolução do problema.					
14. O problema utilizado durante o curso é relevante.					
15. A estratégia utilizada me incentivou a trabalhar de forma mais independente do que faço normalmente nas aulas expositivas.					