



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIENCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA**  
**CURSO DE QUÍMICA**

**DAVID THOMAS DUARTE ARRUDA**

**PROPOSTA DE EXPERIMENTO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM**  
**ABORDAGEM EM CIÊNCIAS, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE – CTSA**  
**EM ENSINO DE QUÍMICA**

**FORTALEZA**

**2019**

DAVID THOMAS DUARTE ARRUDA

PROPOSTA DE EXPERIMENTO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ABORDAGEM  
CTSA EM ENSINO DE QUÍMICA

Monografia apresentada na Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de licenciada em química. Área de concentração: Ensino de química.  
Orientadora: Dra. Tathilene Bezerra Mota Gomes Arruda.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A817p Arruda, David Thomas Duarte.  
Proposta de experimento de produção de biodiesel com abordagem em ciências, tecnologia, sociedade e ambiente – CTSA em ensino de química / David Thomas Duarte Arruda. – 2019.  
33 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Tathilene Bezerra Mota Gomes Arruda.

1. Biodiesel. 2. Proposta de experimento. 3. CTSA. I. Título.

CDD 540

---

DAVID THOMAS DUARTE ARRUDA

PROPOSTA DE EXPERIMENTO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ABORDAGEM  
EM CIÊNCIAS, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE - CTSA EM ENSINO DE  
QUÍMICA

Monografia apresentada na Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de licenciada em química. Área de concentração: Ensino de química.  
Orientadora: Ma. Dra. Tathilene Bezerra Mota Gomes Arruda.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Dra. Tathilene Bezerra Mota Gomes Arruda (Orientadora)  
Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS)

---

Ma. Karen Pâmela Sales Lopes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Davi Jano Nobre  
EEM Governador Adauto Bezerra

A Deus.

Aos meus pais, Claudia Rejane Duarte Arruda  
e Francisco Erisvaldo Rodrigues Arruda, e  
meus irmãos.

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus.

Aos meus pais, por sempre acreditarem em mim, me proporcionando oportunidades que jamais tiveram, à base de muito esforço, jamais seria suficientemente grato por tudo que fizeram por mim.

Aos meus avós, Augusta, Maria do Carmo, Joza, por ensinarem o melhor que poderiam ensinar, e por sempre serem pessoas tão destemidas.

Aos meus tios, Tathilene e Eduardo, que por muitas vezes fizeram o papel de pais, aconselhando, direcionando, puxando a orelha sempre que possível, me tornando uma pessoa cada vez melhor. E me dando o imenso prazer e honra de ser padrinho da Dukinha.

A minha namorada, Thyciane, que sempre foi uma companheira muito mais do que mereço, por sempre ser essa mulher admirável e imensamente forte.

Aos meus irmãos, Grazy, Tia célia, por ajudarem a constituir uma família forte, que sempre está disposta a enfrentar a quaisquer adversidades.

A professora Nágila, e os integrantes do LABPIM, por me permitirem crescer profissionalmente e por me ensinarem tanto.

Aos Professores Jackson e Elisane, por terem marcado a vida de cada aluno que tiveram o privilégio de serem ensinados por esses professores excepcionais

As minhas amigas, Iana e Rebecca, que desde a infância, no saudoso evolutivo, podemos seguir juntos ao longo de caminhos tortuosos, mas sempre juntos.

A todos os meus amigos, Débora, Gabriel, J. Pedro, Luan, Nandressa, Pedro H., por sempre serem pessoas maravilhosas, e tão especiais para mim, por transformarem o dia mais feliz para todos que possam estar perto.

Aos tantos amigos que fiz na graduação, Asaf, Gleicyinha, Tamires, Kayena, Caduzinho, Pedro O., Elano, Sarah, Karen, Katarina, e outros tantas pessoas queridas que me proporcionaram grandes momentos de alegria.

Ao prof. Davi, e a escola Adauto Bezerra, por me permitirem novas experiências com a residência pedagógica, que possam me engrandecer cada vez mais.

Aos demais integrantes do LEQA, por serem tão receptivos e alegres.

Por fim, a todas pessoas que marcaram minha vida de maneira positiva, cada uma do seu jeito.

A vida sem ciência é uma espécie de morte.

Sócrates

## RESUMO

A reação de produção de biodiesel é discutida neste trabalho como proposta para abordagem de assuntos recorrentes e importantes como a química verde, funções orgânicas, ligações químicas, propriedades físicas e químicas, dentre outros. Sua fundamentação se encontra na aplicação deste assunto em diversos anos na prova do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, desenvolvido com o objetivo de ser usado como principal meio de se cursar o ensino superior em nosso país, e que é também um norteador de padrão educacional básico. A produção de biodiesel usando o óleo de fritura como matéria-prima, pode ser abordada em contexto puramente químico, ou também existe a possibilidade de uma abordagem com foco no Ensino da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, também conhecido como abordagem CTSA. Na proposta ora apresentada, os alunos serão divididos em quatro equipes para a realização do experimento, com funções previamente estabelecidas, tendo como resultado uma discussão sobre o experimento em forma de debates, em que as equipes anteriormente divididas, deverão apresentar vantagens, desvantagens e perspectivas após a realização do experimento, considerando os contextos científicos, tecnológico, social e ambiental. Deste modo, além do estudo do conteúdo programático esperado ao nível de escolarização, a utilização da abordagem CTSA levará a um pensamento crítico dos alunos quando considerado mais de um ponto de vista, além de possibilitar uma maior capacidade argumentativa dos mesmos e entrelaçamento dos conteúdos de química com questões importantes como proteção ao meio ambiente, utilização responsável de recursos renováveis, contribuindo também para a formação pessoal do discente.

**Palavras-chave:** Biodiesel. Proposta de experimento. CTSA.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Linha cronológica de fatos sobre o ENEM .....	14
Figura 2	Questões 49 e 90, respectivamente, de ciências da natureza, do ENEM dos anos 2012 e 2013, respectivamente .....	15
Figura 3	Questão 120, ENEM (2017) .....	16
Figura 4	Questão 54, ENEM (2014) .....	17
Figura 5	Questão 131 ENEM (2017) .....	18
Figura 6	Abordagem CTSA .....	20
Figura 7	Mecanismo de reação transesterificação básica .....	23
Figura 8	Reação de transesterificação de triglicerídeo .....	24
Figura 9	Divisão da sala em equipes .....	26
Figura 10	Divisão da sala em equipes .....	27
Figura 11	Reação de esterificação de um ácido carboxílico .....	28
Figura 12	Reação de transesterificação .....	28
Figura 13	Divisão das equipes para os debates .....	30

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Quantitativo de questões de ciências da natureza .....	19
Gráfico 2	Histórico de adição de biodiesel em óleo diesel .....	21
Gráfico 3	Quantitativo de produção dos 10 maiores estados produtores de biodiesel no Brasil .....	22

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OFR	Óleo de fritura reutilizado
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
B100	Biodiesel puro
BNCC	Base nacional comum curricular
BOFR	Biodiesel de óleo de fritura reutilizado
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
CTSA	Ciência, Tecnologia, Social e Ambiente
Sn2	Substituição Nucleofílica Bimolecular
rpm	Rotações por minuto

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1.</b>	<b>ENEM</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2.</b>	<b>O cenário da química no ENEM</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3.</b>	<b>Abordagem em Ciências, Educação, Tecnologia e Ambiente - CTSA</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4.</b>	<b>O biodiesel</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5.</b>	<b>Reações de esterificação/transesterificação</b> .....	<b>23</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivos gerais</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>25</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1.</b>	<b>Abordagem CTSA</b> .....	<b>26</b>
<b>4.2.</b>	<b>Primeira etapa</b> .....	<b>26</b>
<b>4.3.</b>	<b>Obtenção do biodiesel de óleo de fritura</b> .....	<b>27</b>
<b>4.4.</b>	<b>Abordagem em sala de aula</b> .....	<b>28</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b> .....	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No momento atual, o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, é a principal forma que se possa ingressar numa instituição de ensino superior pública no país, para alunos que possuem ensino médio completo. Um concurso que buscar contextualizar da melhor maneira possível as disciplinas que compõem a exigência da Base nacional comum curricular, de modo que estas disciplinas são divididas por quatro grandes áreas.

Entretanto, é possível observar a dificuldade dos alunos em sala de aula, para entender os assuntos abordados e discutidos em sala, mas é também necessário buscar novos métodos para proporcionar ao aluno alternativas que seja de melhor compreensão para cada indivíduo.

Analisando as provas de edições anteriores, é importante observar que existe uma tendência de se utilizar determinados assuntos para desenvolver boa parte senão a maioria das questões de uma determinada grande área que compõe a prova do ENEM. Onde se pode citar na área de química, a tendência de química verde, funções orgânicas, ligações químicas, propriedades físicas e químicas, dentre outros, serem utilizados como fontes inspiradoras para o desenvolvimento destas questões.

Pensando nisso, produção de biodiesel usando o óleo de fritura como matéria-prima, pode ser abordada em contexto puramente químico, ou também existe a possibilidade de uma abordagem com foco no Ensino da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, também conhecido como abordagem CTSA. Sendo uma abordagem que busca apresentar e posteriormente desenvolver em conjunto, um ponto de vista e um senso crítico nesses quatro quesitos, buscando a contextualização, e trabalhar essas quatro áreas afim de fazer com o aluno tenha uma percepção do ambiente social que está inserido.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

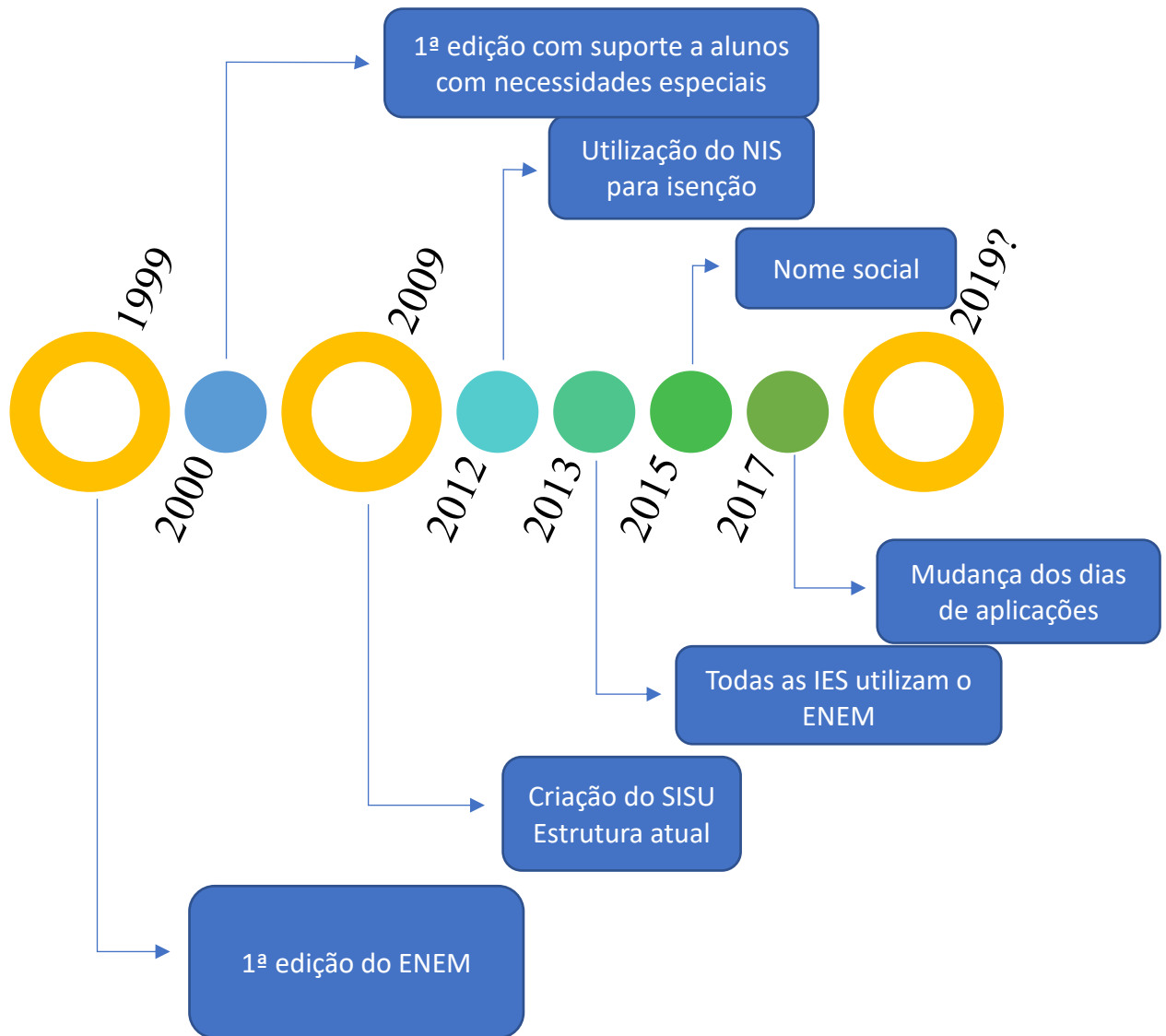
### 2.1. ENEM

Desenvolvido com o objetivo de abranger todas as áreas de ensino que possam apresentar relevância social e tecnológica no país, e que também mantivesse um patamar aceitável frente aos vestibulares, que já eram elaborados individualmente pelas instituições de ensino superior, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) foi apresentado pelo governo federal como uma solução para os problemas educacionais geralmente enfrentados pelo nosso sistema educacional como analfabetismo funcional, desníveis do padrão de ensino, deficiência dos conteúdos gerais em ponto de vista nacional e não apenas centrado na região em que o aluno se encontra, dentre os problemas mencionados, o que faz com que a educação nacional mantenha-se sempre em constante alerta emergencial, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2018).

Ainda em suas primeiras edições, a prova do ENEM foi duramente criticada sob diversos pontos de vista, sendo a perspectiva educacional a mais discutida, uma vez que a abordagem limitada de conteúdos complexos era ponto de fragilidade destas edições, se podendo mencionar alguns fatos que ocorreram durante as edições que ocorreram durante os anos, como visto na Figura 1.

Durante os anos que se seguiram ao lançamento do ENEM como modelo de seleção ao Ensino Superior, o Inep demonstrou inteira disposição para realizar reformulações a cada edição, apresentando maior complexidade em suas abordagens, como pode ser visto na Figura 2, além de exigir maiores conhecimentos sobre os mais diversos setores econômicos e conhecimentos sobre atualidades, de forma bem mais interessante aos estudantes, como pode ser vista na Figura 3, onde é possível observar o esforço na construção da questão com conteúdo relativo a Química, para que esta apresente relação com temas diários que vão além da propedêutica em Química, ou que seja visualmente interessante ao aluno.

Figura 1 – Linha cronológica de fatos sobre o ENEM

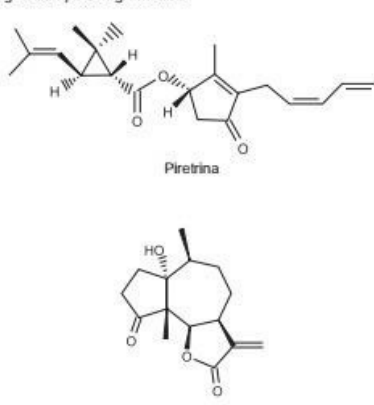


Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2018)

Figura 2 - Questões 49 e 90, respectivamente, de ciências da natureza, do ENEM dos anos 2012 e 2013, respectivamente.

**QUESTÃO 49**

A produção mundial de alimentos poderia se reduzir a 40% da atual sem a aplicação de controle sobre as pragas agrícolas. Por outro lado, o uso frequente dos agrotóxicos pode causar contaminação em solos, águas superficiais e subterrâneas, atmosfera e alimentos. Os biopesticidas, tais como a piretrina e a coronopilina, têm sido uma alternativa na diminuição dos prejuízos econômicos, sociais e ambientais gerados pelos agrotóxicos.



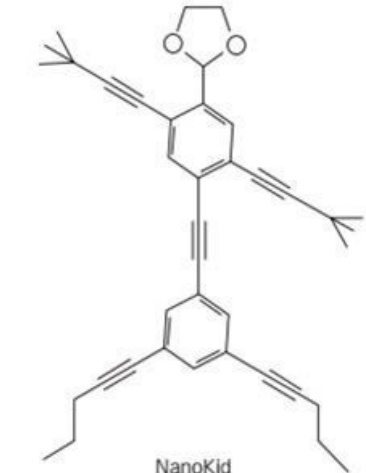
Piretrina

Coronopilina

Identifique as funções orgânicas presentes simultaneamente nas estruturas dos dois biopesticidas apresentados:

**QUESTÃO 90**

As moléculas de *nanoputians* lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em química orgânica. Um exemplo é o NanoKid, representado na figura:



NanoKid

CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 48, n. 23, 2003 (alephelb).

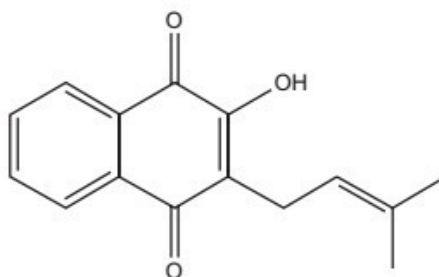
Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

Fonte: INEP, 2012; INEP, 2013

Figura 3 - Questão 120, ENEM (2017)

**QUESTÃO 120**

Diversos produtos naturais podem ser obtidos de plantas por processo de extração. O lapachol é da classe das naftoquinonas. Sua estrutura apresenta uma hidroxila enólica ( $pK_a = 6,0$ ) que permite que este composto seja isolado da serragem dos ipês por extração com solução adequada, seguida de filtração simples. Considere que  $pK_a = -\log K_a$ , em que  $K_a$  é a constante ácida da reação de ionização do lapachol.



Lapachol

COSTA, P. R. R. et al. *Ácidos e bases em química orgânica*. Porto Alegre: Bookman, 2005 (adaptado).

Qual solução deve ser usada para extração do lapachol da serragem do ipê com maior eficiência?

Fonte: INEP, 2017





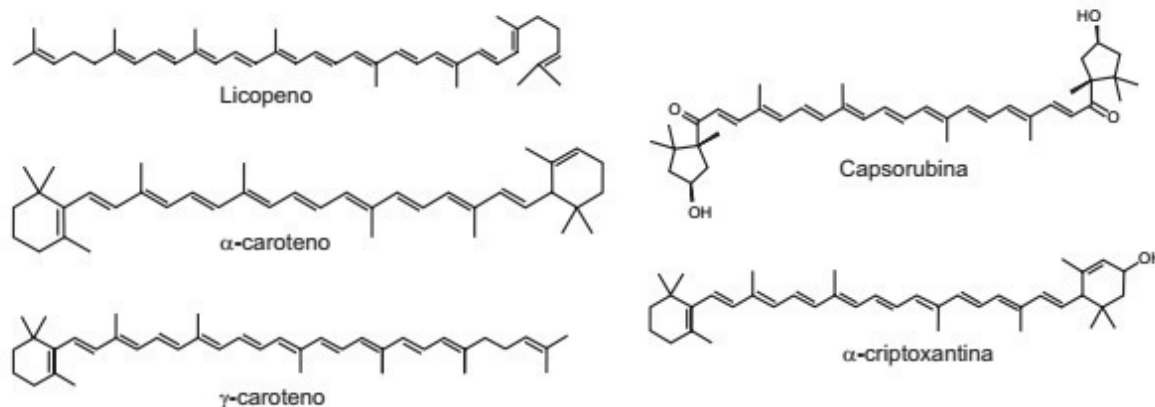
Em todas as edições, desde que foi implementado como forma unificada de admissão na maioria das universidades do país, o ENEM utiliza alguns assuntos que possuem certa complexidade como a química verde, funções orgânicas, ligações químicas, propriedades físicas e químicas, mas que podem contextualizar também o cotidiano, e o impacto social, tecnológico sem que se perca a oportunidade de extrair do estudante um conhecimento realmente substancial sobre estes assuntos como visto na Figura 5.

Figura 5 - Questão 131 (ENEM 2017)

### QUESTÃO 131

A cromatografia em papel é um método de separação que se baseia na migração diferencial dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis. Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. A fase estacionária consiste de celulose praticamente pura, que pode absorver até 22% de água. É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida e que interage com a fase móvel, também líquida (partição líquido-líquido). Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase estacionária migram mais lentamente.

Uma mistura de hexano com 5% (v/v) de acetona foi utilizada como fase móvel na separação dos componentes de um extrato vegetal obtido a partir de pimentões. Considere que esse extrato contém as substâncias representadas.



RIBEIRO, N. M.; NUNES, C. R. Análise de pigmentos de pimentões por cromatografia em papel. Química Nova na Escola, n. 29, ago. 2008 (adaptado).

A substância presente na mistura que migra mais lentamente é o(a)

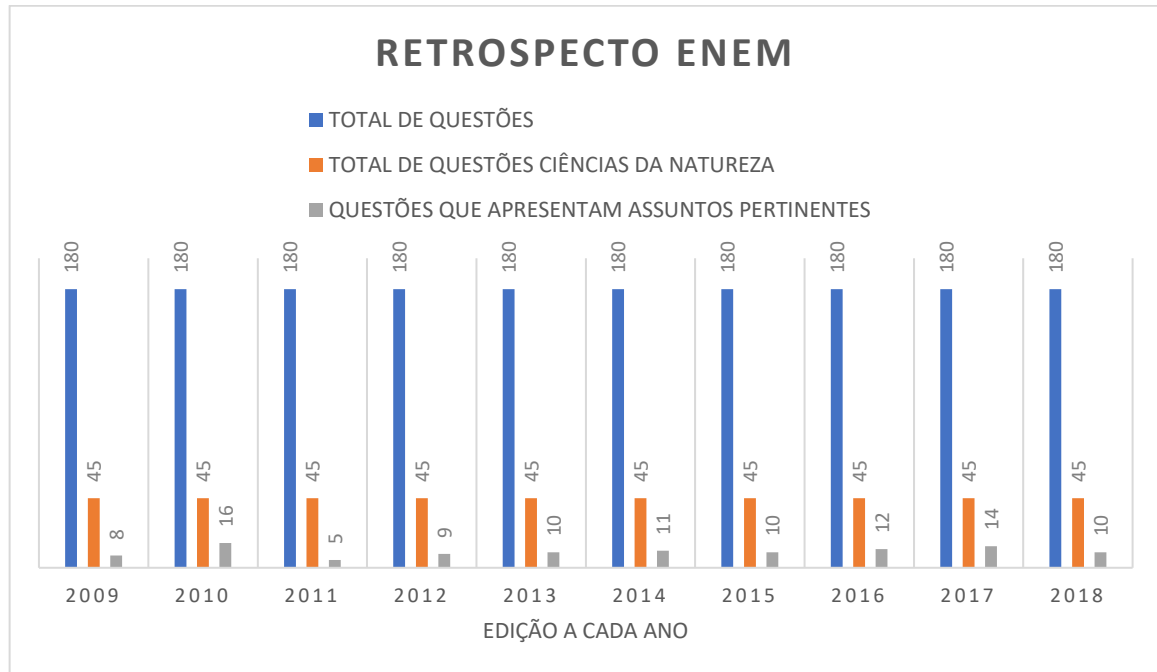
Fonte: INEP, 2017

De sua totalidade de questões, é comum observar o uso frequente de determinados assuntos para inspirar as suas questões, em que na área de ciências da natureza e suas tecnologias que é composta por biologia, física e química, seriam teoricamente, distribuídas em 45 questões estabelecidas por área.

Química verde, reações químicas, estequiometria, funções orgânicas e balanceamento de equações químicas podem aparecer em evidência desde a edição de 2009,

em que as questões apresentam claramente abordar diretamente ou requer conhecimento básico destes assuntos, como é visto no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Quantitativo de questões de ciências da natureza.

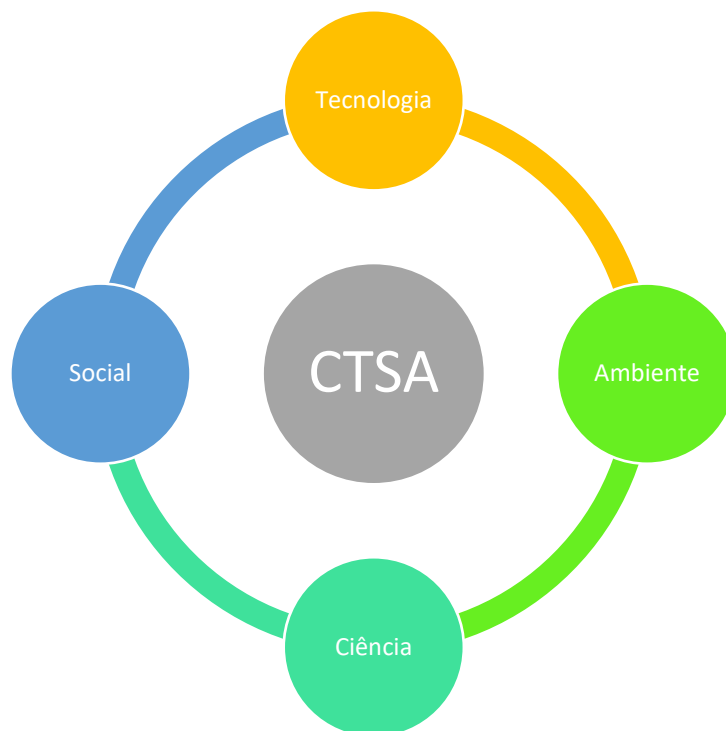


Fonte: Autor, 2019

### 2.3. Abordagem em Ciências, Educação, Tecnologia e Ambiente - CTSA

Faz parte do papel do professor, incentivar, inspirar, os seus alunos, mas por vezes é encontrado implicações seja por inviabilidade física, financeira, ou mesmo outros fatores que é difícil de antecipar até que ocorra, pensando nisso, a abordagem em Ciências, Educação, Tecnologia e Ambiente, ou CTSA, apresenta um suporte que possibilita ao professor promover metodologias diferentes e adaptativas, pois tem como uma de suas características considerar o cotidiano dos alunos e encontrar alternativas em meio as adversidades de modo que se possa contextualizar as posições da abordagem, igualmente como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Abordagem CTSA



Fonte: Autor, 2019

Quando se considera o cotidiano do aluno, o professor tem abertura para poder explorar e desenvolver o pensamento crítico dos alunos, identificando no meio social dos alunos os assuntos que devem ser ministrados em sala de aula, além de apresentar ao aluno a importância do impacto que pode ser gerado no meio em que ele vive, através da tecnologia que possa a vim ser desenvolvida. E que este impacto pode vir por meio da reeducação ambiental que o aluno pode trazer para o seu cotidiano, (Aikenhead, 1994).

Um experimento interessante é visto em (REIS et al., 2017), onde o tópico Equilíbrio Químico foi aplicado na discussão de um experimento para utilização de fertilizantes. Neste experimento os alunos foram separados em equipes em que deveriam apresentar argumentos sob quatro pontos de vistas diferentes, que possuem igual relevância, sendo bastante perspicaz por parte do professor, utilizar de um tema gerador voltado a agricultura, já que é um dos pilares econômicos do país.

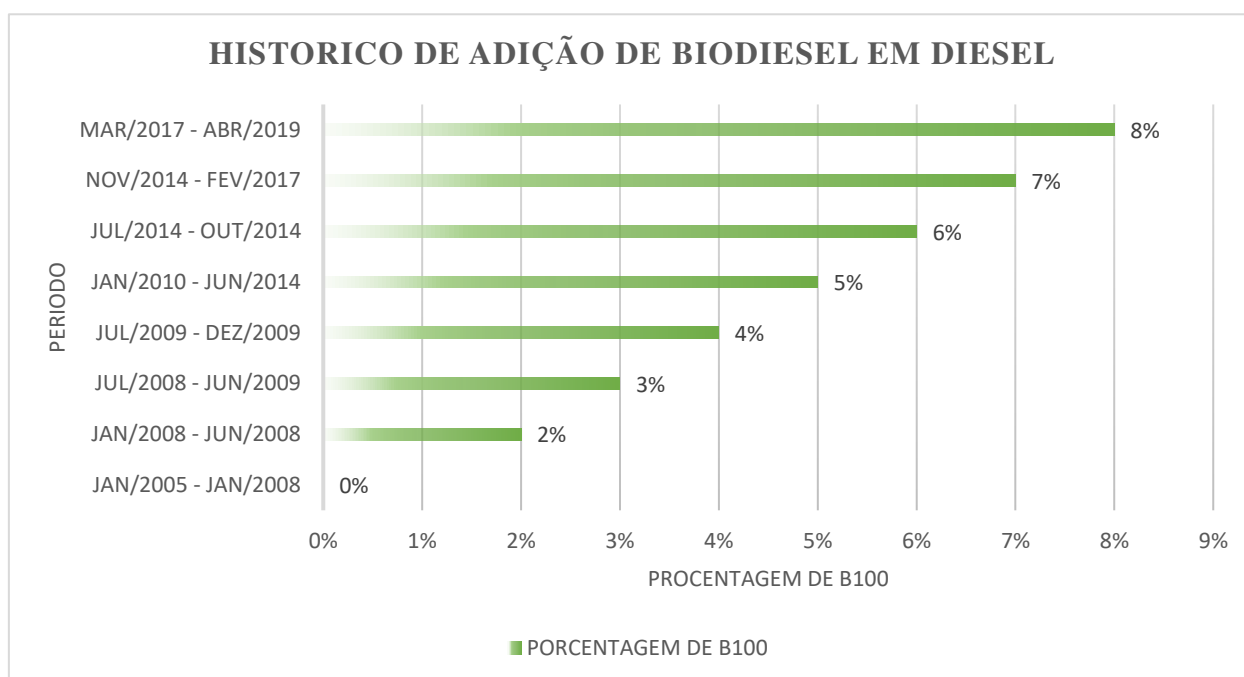
Contudo, como observado por Bettencourt, Velho e Almeida (2011), também tem que ser feito a avaliação junto aos professores quanto a viabilidade de se aplicar novas metodologias, levando em conta a necessidade de experimentos que tornem o aprendizado mais fácil para o aluno e que também não torne a didática do professor limitada pelo tempo e pelo o espaço da escola em que se encontra.

Entretanto, a abordagem CTSA, pode não incluir o ponto de vista ambiental, em alguns países, talvez por não estar dentre os pontos de prioridades ou quaisquer motivos não aparentes, em que pela extensão do território não só deve ser considerada, como deve ser o “trunfo”, por proporcionar uma adequação ao cotidiano dos alunos, e criar uma identidade pedagógica nacional que possa vir a ser muito referenciada.

## 2.4. O biodiesel

Em 2008, passou a ser obrigatório a adição de biodiesel puro (B100) no óleo diesel, sendo inicialmente uma proporção de 2%(v/v), entre janeiro e junho do mesmo ano. Entretanto, essa proporção foi sendo ampliada, em que foram utilizadas proporções 3%, 4 %, 6%, 7% e 8%(v/v), como pode ser visto no Gráfico 2, conforme a Lei 13.263/2016 (ANP).

Gráfico 2 - Histórico de adição de biodiesel em óleo diesel

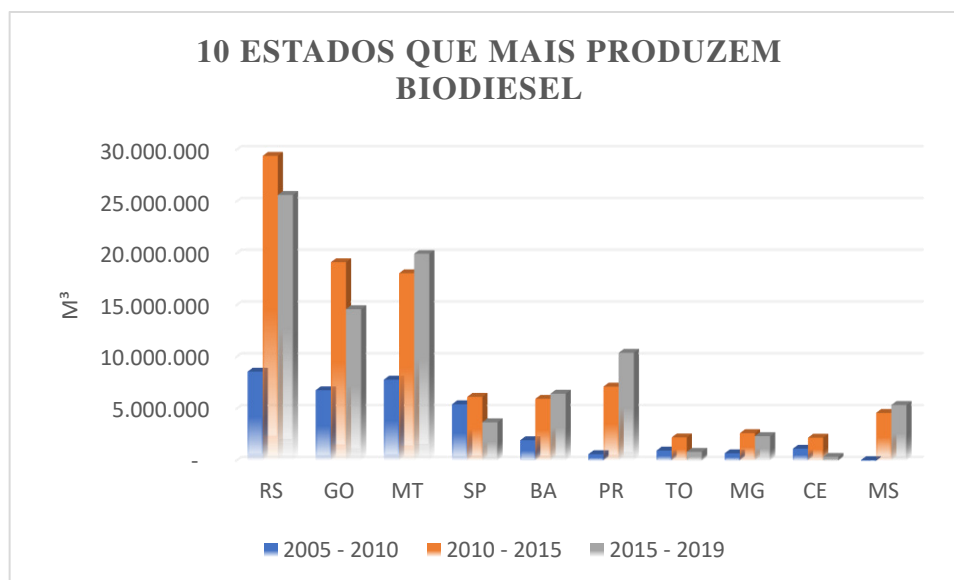


Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2019)

Com a regulamentação do setor, e com o aumento da porcentagem da adição de biodiesel B100, foi aberto um precedente para que ocorresse um crescimento de grandes dimensões no setor, de maneira bastante consistente, e engajada em todo território nacional, já que conta com a produção de biocombustíveis em 17 estados brasileiros, dentre destes podem

ser citados, os primeiros 10 maiores produtores, liderados pelo estado do Rio Grande do Sul, como no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Quantitativo de produção dos 10 maiores estados produtores de biodiesel no Brasil.



Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2019)

A partir de 2008 é observado que o país possui três principais fontes de matéria-prima para produção de biodiesel, que são óleo de soja, gordura animal e óleo de algodão, seguindo nesta ordem de maior proporção para de menor proporção na produção nacional. Sendo 70,75% óleo de soja, 13,19% gordura bovina e 0,14% óleo de algodão, como visto em (BOLETIM DOS BIOCOMBUSTÍVEIS, 2017).

Em 2017, o Brasil chegou ao 2º lugar de consumo de biocombustível, ficando apenas atrás dos EUA, então é natural que ocorra uma expansão de pesquisas afim de buscar outras fontes de matéria-prima para se conseguir sustentar e ampliar a produção e consumo do país. Mesmo com climas e vegetações de difícil plantio ou pecuária, o país é conhecido mundialmente pela sua biodiversidade, assim contribuindo para o setor econômico, reforçando a característica que deve ser vista como uma das principais, as várias opções de matéria-prima no meio ambiente e menos agressiva que os combustíveis fósseis.

Segundo Lobo, Ferreira e Cruz (2009) biodiesel é uma mistura de alquilésteres de cadeia linear, obtida da transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta, esta reação tem como produto o glicerol. Assim, deixando sugestivo que a obtenção desses bioprodutos, se dá através da esterificação de óleos extraídos de plantas e de

gordura animal, em que álcoois de cadeias curtas seriam mais efetivos considerando suas reatividades. Sendo mais comumente usados álcoois como metanol e etanol, pela sua estrutura menos elaborada, o baixo custo dos mesmos.

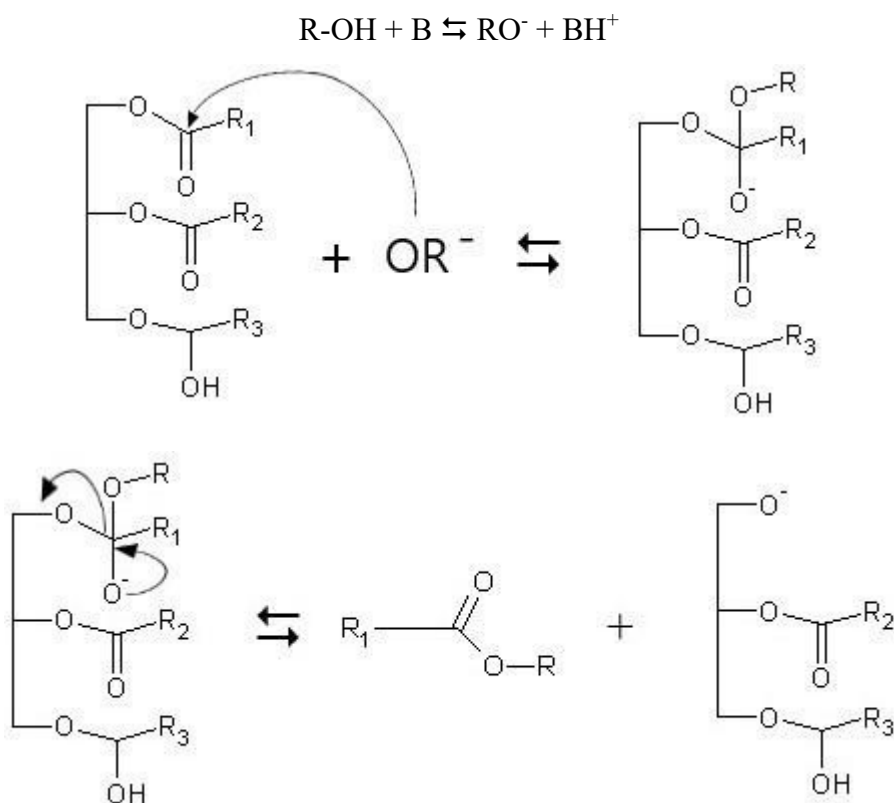
Contudo, a esterificação de um ácido carboxílico obtido da matéria-prima, em teoria é uma reação mais acessível energeticamente, sendo necessário uma menor quantidade de energia, para que ocorra a reação do tipo Sn2, utilizando um catalisador alcalino, como NaOH.

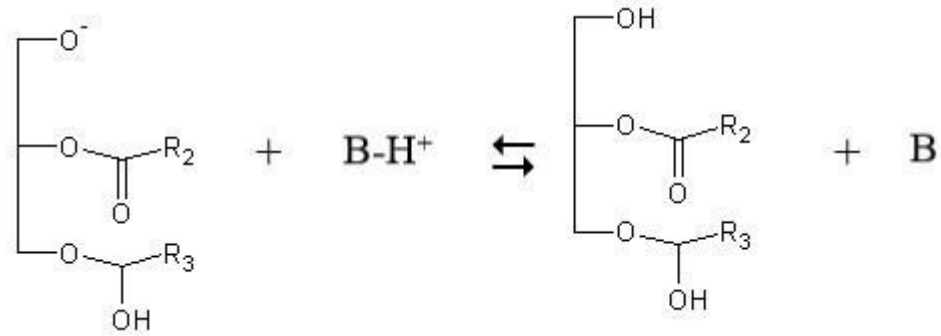
## 2.5. Reações de esterificação/transesterificação

A obtenção de um éster pode se dar por meio da reação de um ácido carboxílico, em que um dos produtos será o éster. A reação se mostra favorável a formação do éster.

Considerando uma reação de transesterificação, partindo do princípio que é obtenção de um éster, através de outro éster. Em que o meio reacional pode ser ácido ou básico, sendo o catalisador utilizado, o determinante para pH na solução, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 - Mecanismo de reação transesterificação básica

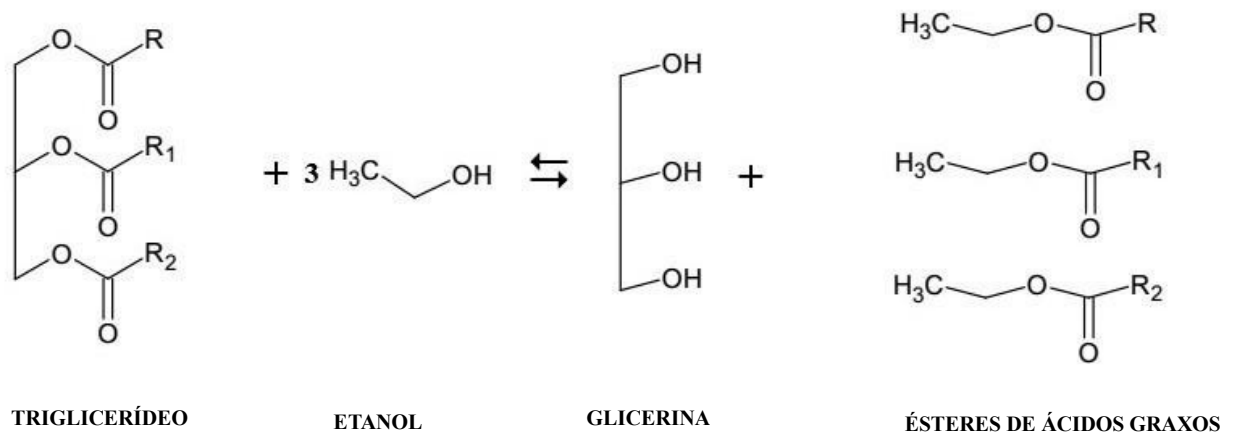




Fonte: Autor, 2019

Ainda sobre o meio reacional, é utilizado um álcool de cadeia curta como solvente, o catalisador básico abstrai o um próton do álcool, priorizando a formação do alcóxido no meio para só então se dar o início a reação de alcoólise, formando um intermediário, após o alcóxido que foi formado no meio reagir com o éster constituinte do óleo vegetal. Então, ocorre a quebra de molécula do intermediário formado, formando um novo éster, e um novo alcóxido no meio, que ira reagir novamente até que seja formado o triglicerol como produto e uma mistura de novos ésteres. Em que se pode observar na Figura 8, uma exemplificação mais sucinta de uma transesterificação como a mencionada.

Figura 8 - Reação de transesterificação de triglicerídeo



Fonte: Autor, 2019



### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivos gerais**

- Sugerir um experimento de produção de biodiesel empregando uma abordagem CTSA.

#### **3.2. Objetivos específicos**

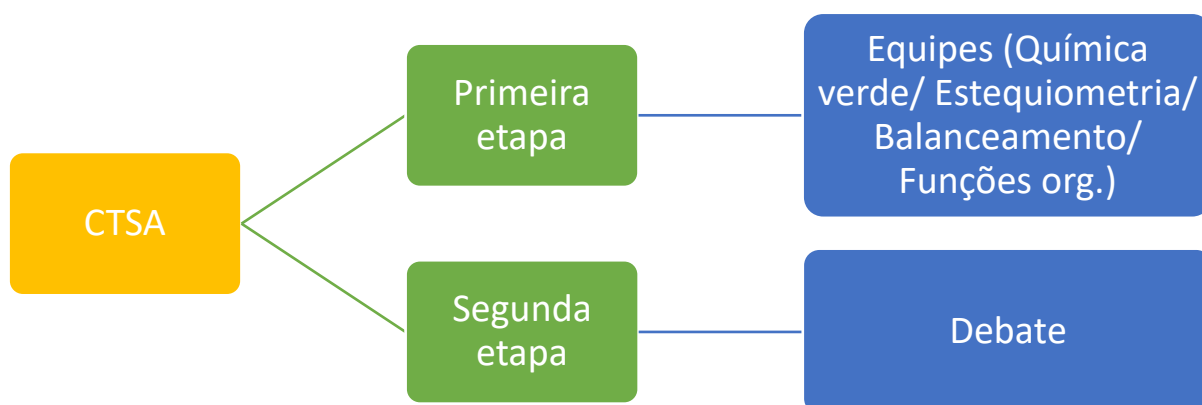
- Propor um experimento didático, mas que também siga os parâmetros da ANP para o biodiesel.
- Expor aos alunos questionamentos pertinentes ao meio social em que estão inseridos.
- Obter um produto de reação que possa ser comparado aos resultados obtidos em literatura.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Abordagem CTSA

O sucesso tanto do experimento, quanto dos resultados esperados depende da turma que irá participar, de forma que, se pode dividir a turma em grupos, que irão agir em duas etapas. A primeira etapa de caráter prático envolverá todos os procedimentos do experimento. E a segunda etapa de caráter discursivo, esquematizado na Figura 9, abordará os principais pontos relativos ao impacto que o experimento pode causar, e como o experimento foi relevante para a aprendizagem dos alunos.

Figura 9 – Divisão da sala em equipes



Fonte: Autor, 2019

Existe também a possibilidade da metodologia CTSA, ser aplicada em escolas sem estrutura física ou financeira para que seja realizado os experimentos descritos.

### 4.2. Primeira etapa

Dentro da proposta construída para este trabalho, a divisão de tarefas sedará da seguinte forma, podendo ser observado na Figura 10.

Figura 10 – Divisão da sala em equipes

Equipe 1 (Química verde)	Equipe 2 (Estequiometria)	Equipe 3 (Reações/Balanceamento)	Equipe 4 (Funções orgânicas)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher óleo de fritura</li> <li>• Promover o descarte adequado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar os reagentes</li> <li>• Organizar os reagentes e otimizar o tempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iniciar a reação</li> <li>• Acompanhar a reação até o final do tempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavagem do produto de reação</li> <li>• Secagem do biodiesel</li> </ul>

Fonte: Autor, 2019

A equipe 1 será responsável pelo recolhimento do óleo de cozinha, assim como a melhor forma de descartar os subprodutos da reação de biodiesel e solventes que possam ser utilizados na reação. A equipe 2, ficará encarregada pela pesagem dos reagentes, e prepará-los para que possam apenas ser adicionados a reação e otimizar o tempo de realização do experimento. A equipe 3, ficará responsável por dar início à reação adicionando os reagentes no meio reacional, e acompanhar a reação até que termine o tempo inicialmente determinado. Já a equipe 4, ficará encarregada pelo processo de lavagem e secagem do biodiesel. Também será sugerido que todas as equipes acompanhem todas as etapas do experimento e que a equipe responsável por cada etapa lidere e execute o experimento durante suas respectivas etapas.

### 4.3. Obtenção do biodiesel de óleo de fritura

Usando o óleo de fritura recolhido pelos alunos, pesa-se aproximadamente 10 g de óleo, e calculado 20% (m/m) de óleo para o álcool etílico e 1% (m/m) de óleo para NaOH, utilizado como catalisador. O catalisador deve ser solubilizado no álcool etílico, com o propósito de formar o alcóxido, durante 30 minutos sob agitação. Em seguida, a alíquota de óleo deve ser adicionada à solução, e colocado sob agitação regular entre 400 – 600 rpm, durante 2h em temperatura ambiente.

Ao fim do tempo determinado, a mistura deve ser lavada exaustivamente com água destilada, até pH neutro, ao se observar a formação de duas fases, em que a fase mais densa tem que ser verificada a cada lavagem com indicador solução de fenolftaleína a 1% (m/v), até que a solução não apresente mais coloração rósea característica do indicador quando em solução de pH acima de 8,0, e descartando a mesma. Enquanto que a fase menos densa, ao fim do processo

de lavagem deve ser recolhida e seca em estufa por 1h a 100°C, com o objetivo de retirar os resquícios de água proveniente da lavagem. Assim obtendo o biodiesel de óleo de fritura reutilizado, OFR.

#### 4.4. Abordagem em sala de aula

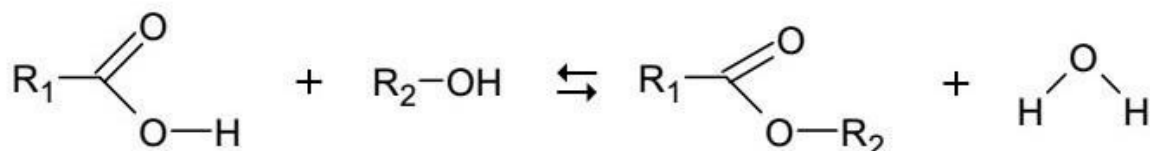
Em sala de aula, os experimentos têm como principal objetivo elucidar os assuntos mais recorrentes e assim diminuir uma visão abstrata que o aluno possa ter, e conseqüentemente apresentar um déficit de aprendizagem por não ter tido uma melhor compreensão.

Assim, determinando algumas grandes áreas observadas no experimento, teremos:

- i. Reações químicas
- ii. Estequiometria
- iii. Química verde
- iv. Funções orgânicas
- v. Balanceamento de equações químicas

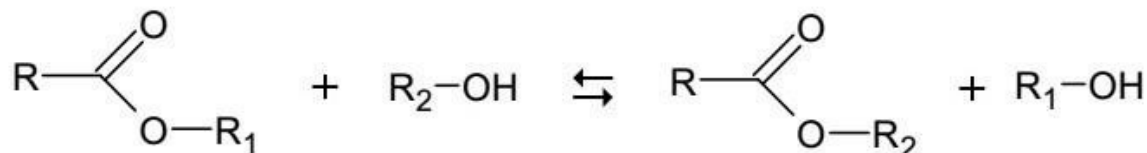
Utilizando duas reações de esterificação expressas na Figura 11 e na Figura 12

Figura 11 - Reação de esterificação de um ácido carboxílico



Fonte: Autor, 2019

Figura 12 - Reação de transesterificação



Fonte: Autor, 2019

Abordando a estequiometria da reação, determinando conceitos de reagentes limitantes, em que variando a quantidade de um reagente e inferindo quanto existe dos produtos, e quanto tem de excesso de um dos reagentes que não reagiu completamente.

Quando apresentado a figura do catalisador, e sua importância para a reação, pode-se abordar ligações químicas do tipo iônica, ou mesmo reações de dupla troca quando ocorre a formação do éster proveniente do álcool utilizado na reação, quando o grupo alquil que está ligado a hidroxila do álcool se desloca e formando outra molécula de éster.

As funções orgânicas é o conteúdo que apresenta maior facilidade com que se pode desenvolver em sala de aula, já que considerando os reagentes empregados na reação, pode se fazer a distinção dos grupos funcionais presentes.

O balanceamento de equações químicas pode ser abordado quando ocorre manipulação na quantidade de reagentes, que estão envolvidos na reação, podendo fazer inúmeras manipulações com o intuito de exercitar e fixar melhor os conceitos propostos.

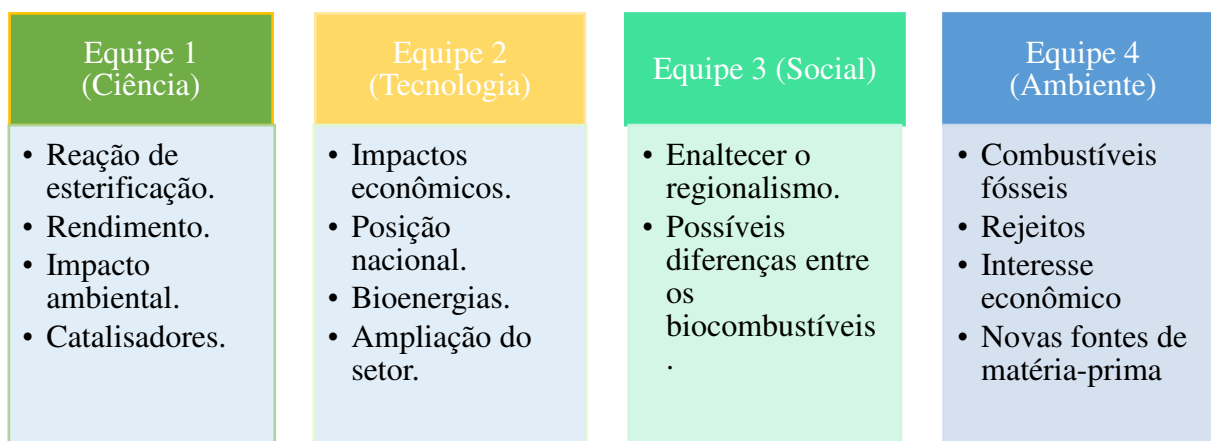
Já para a química verde, é preciso apresentar informações além das que podem ser vistas na química, é preciso apresentar os impactos que os reagentes podem causar no meio ambiente, seja por descarte inadequado, os estragos causados pelos combustíveis fósseis, e os benefícios dos biocombustíveis.

Ainda se pode demonstrar as propriedades físicas, já que a massa específica e a viscosidade são propriedades bastantes importantes para os bioprodutos. Considerando as análises do índice de iodo, é possível conceituar a importância das saturações e insaturações das cadeias.

## 5. Resultados esperados

Ao fim da primeira etapa, os alunos de cada equipe devem representar suas equipes em um debate, em que deve explorada as vantagens, desvantagens e sugestões de como se pode melhorar o experimento, de forma que eles devem questionar as outras equipes embasados nos pontos que cada equipe defende, esquematizados como pode ser visto na Figura 13.

Figura 13 – Divisão das equipes para os debates



Fonte: Autor, 2019

### a. Equipe 1: Ciência

Esta equipe deve defender as vantagens da reação de esterificação, tais como as condições de reação, os reagentes que irão ser utilizados na reação, o rendimento da reação, e os pontos positivos que essas vantagens podem acarretar. Assim como, essa equipe deve argumentar sobre as desvantagens da reação, tais como os produtos que são produzidos na reação que podem ser nocivos ao meio ambiente, quais reações se teria um maior rendimento. Além de poder sugerir outros tipos de catalisadores que podem ser empregados na reação, ou mesmo reações por catalise enzimática ou variando entre uma reação básica ou acida, o tipo de matéria-prima que seria mais benéfica para a reação.

### b. Equipe 2: Tecnologia

A equipe deve argumentar em prol dos impactos econômicos, derivados da produção de biodiesel, onde que o país se localiza frente as principais potencias econômicas

mundiais, do lucro que o setor pode gerar quando se há investimento no setor. Entretanto, a equipe deve defender as desvantagens do biodiesel frente aos outros tipos de biocombustíveis ou mesmo bioenergias mais limpas, como a energia eólica, energia solar. Além de apresentar perspectivas para o setor, como ampliação, seja pelo investimento governamental ou iniciativa privada.

c. Equipe 3: Social

Enaltecer o regionalismo da produção de biodiesel é de alta importância, já que se considera o cotidiano dos alunos, e será diferente das outras regiões do país, sem considerar outros países em que a diferença será ainda maior. As desvantagens podem estar relacionadas, com a qualidade do biodiesel quando feito a comparação dos biodieseis de regiões diferentes que são provenientes de outras fontes de matéria-prima. Considerar o incentivo da comunidade em que o aluno esteja inserido, pode ser entendido como perspectiva. Além de geração de empregos quando se apostado na iniciação de uma indústria de produção local, como acontece em cidades dos interiores do estado.

d. Equipe 4: Ambiente

Os impactos no ambiente, deve ser o ponto mais relevante da equipe, em como o biodiesel e seus derivados se diferem dos combustíveis fósseis, e quando se considera os rejeitos de óleo de fritura, o quanto se pode evitar a poluição de rios, e afluentes e por fim mares e oceanos. A equipe deve argumentar perante as desvantagens que podem ser relativas, quando se observa os interesses econômicos do país em que está sendo aplicada a metodologia. Ter como a biodiversidade pode ser a principal perspectiva que a equipe pode apostar, sugerindo as mais diversas fontes de matéria-prima, além de sugerir meios de descartes mais efetivos para a reação de biodiesel.

## 6. Conclusão

É característico da metodologia CTSA, a adaptação, a aproximação entre o professor e os alunos, e que esta ocorra de maneira fluida, em que ao proporcionar aos alunos uma experiência de realizar um experimento de produção de biodiesel possa trazer grandes benefícios para ambas as partes.

Ao oferecer para o professor opções de como aplicar determinado experimento afim de abordar determinados conteúdos, a proposta apresentada deve tornar mais cômoda e mais produtiva as aulas, onde o professor tem a alternativa de gerir mais adequadamente a variável, tempo, ao aplicar o experimento das mais diversas formas de divisão de equipes possível, seja ela dividindo os alunos por equipe ou apenas realizando-o com a turma inteira, ou que não seja promovido os debates por equipe, e sim seminários por cada equipe que poderia ter resultados semelhantes.

Por fim, o experimento deverá desenvolver a relação aluno-professor, fazendo com que os conhecimentos sejam mais facilmente compreendidos pelos alunos, além de lhes proporcionar um pensamento crítico perante a sociedade em que vivem.



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Produção de Biodiesel (bep). [S. l.], 30 abr. 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. Acesso em: 8 maio 2019.

Aikenhead, G. (1994a). What is STS science teaching? In Solomon, J. and Aikenhead, G. (Eds.). (pp.169 186). STS Education: International. Perspective on Reform. New York, USA: Teachers College Press, Columbia University.

BRUICE, P. Y. Química Orgânica, v. 1, 4ª ed., Prentice Hall do Brasil, 2006.

BRUICE, P. Y. Química Orgânica, v. 2. 4ª ed., Prentice Hall do Brasil, 2009.

BOLETIM DOS BIOCOMBUSTÍVEIS. [S. l.]: Departamento de Biocombustíveis, 2017- . 2019. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveisrenovaveis/publicacoes>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BETTENCOURT, C.; VELHO, J. L.; ALMEIDA, P. A. Biology teachers' perceptions about Science-Technology-Society (STS) education. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, [S. l.], 2011.

CHANTARANIMA , Tarntip ; YUENYONG, Chokchai. The Outcomes of Teaching and Learning About Sound Based on Science Technology and Society (STS) Approach. In: 5TH WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL SCIENCES, 2013, Rome, Italy. Procedia - Social and Behavioral Sciences [...]. [S. l.]: Elsevier, 2014. Disponível em: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Acesso em: 7 maio 2019.

CAREY, F. A. "Organic Chemistry", 5th ed., 2003; McGraw-Hill, Inc.: NY.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2009. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2010. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2011. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2012. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2013. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2014. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2015. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2016. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2017. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INEP. Provas e Gabaritos. [S. l.], 2018. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Primeira aplicação do Enem completa 20 anos nesta quinta-feira, 30 de agosto. [S. l.], 30 ago. 2018. Disponível em: [http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset\\_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/primeira-aplicacao-do-enem-completa-20-anos-nesta-quinta-feira-30-de-agosto/21206](http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/primeira-aplicacao-do-enem-completa-20-anos-nesta-quinta-feira-30-de-agosto/21206). Acesso em: 26 jun. 2019.

KLAHAN, Tucksanun; YUENYONG, Chokchai. An analysis of grade 12 students' technological capability in learning about electromagnetics through science technology and society approach (STS approach). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, [S. l.], 2012. Disponível em: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Acesso em: 7 maio 2019.

LAM, M. K., LEE, K. T., MOHAMED, A. R. **Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acids oils (waste cooking oil) to biodiesel: a review**. 2010. *Biotechnology Advances*. 28: 500-518

LOBO, Ivon Pinheiro; FERREIRA, Sérgio Luis Costa; CRUZ, Rosenira Serpa da. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000600044&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000600044&lng=en&nrm=iso)>. access on 17 June 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000600044>.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR**. [S. l.], 6 mar. 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 4 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **CNE/CP 2/2017**. Brasília, 22 dez. 2017. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/RESOLUCAOCNE\\_CP222DEDE\\_ZEMBRODE2017.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/RESOLUCAOCNE_CP222DEDE_ZEMBRODE2017.pdf). Acesso em: 4 abr. 2019.

PAVIA, Donald et al. *Introduction to Spectroscopy*. 4 ed. Brooks Cole, 2008.

PETEK, Elcin ; BEDIR, Hasan. An adaptable teacher education framework for critical thinking in language teaching. *Thinking Skills and Creativity*, [S. l.], 12 fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.02.008>. Acesso em: 6 jun. 2019.

REIS, J. M. C. *et al.* Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA): uma discussão acerca do Equilíbrio Químico no ensino superior. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC**, Florianópolis, SC, 2017. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

REEVES, Todd D. Pre-service teachers' data use opportunities during student teaching. **Teaching and Teacher Education**, [S. l.], 19 jan. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2017.01.003>. Acesso em: 6 jun. 2019.

SOLOMONS, T. W. G. , FRUHLE, C. B. , Química Orgânica, 7ª edição, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. , Rio de Janeiro, 2001,p. 76-77.Carey

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013.