

Leandro D. Saldanha
Bárbara V. Silva
Michelle J. C. Rezende

Uma Proposta Metodológica usando o tema Biodiesel para a Química no Ensino Médio



1^o Edição

© Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Série Dissertações do PROFQUI – Volume I

E-book como produto da Dissertação de Mestrado do PROFQUI de Leandro D. Saldanha - **A utilização do tema biodiesel para melhorar a compreensão da Química no Ensino Médio** - 2019

Orientadoras

Bárbara V. Silva (IQ-UFRJ) e Michelle J. C. Rezende (IQ-UFRJ)

Coordenadora do PROFQUI

Nadja Paraense dos Santos (IQ-UFRJ)

Revisoras

Bárbara V. Silva (IQ-UFRJ) e Michelle J. C. Rezende (IQ-UFRJ)

Arte gráfica e editoração

Cabeça de Papel Projetos e Design LTDA (www.cabecadepapel.com)

Imagens da Capa e miolo

Designed by vectorpouch e lifeforstock / Freepik | Miolo: Freepik

Ficha Catalográfica
Wanda Coelho e Silva (CRB/7 46)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

L87q Saldanha, Leandro D.

Uma Proposta Metodológica usando o tema Biodiesel para a Química no Ensino Médio. / Leandro D. Saldanha, Bárbara V. Silva e Michelle J. C. Rezende – Rio de Janeiro: Instituto de Química, 2019.

27p. - (Série Dissertações do PROFQUI, v. 1)

ISBN 978-85-61987-11-4

I. Química - Biodiesel. 2. Ensino Médio. I. Saldanha, Leandro D.. II. Silva, Bárbara V. III. Rezende, Michelle J. C. IV. Título. V. Série.

CDD 547.7
CDU 547.9

Leandro D. Saldanha
Bárbara V. Silva
Michelle J. C. Rezende

Uma Proposta Metodológica usando o tema Biodiesel para a Química no Ensino Médio

1^o Edição

Instituto de Química
Rio de Janeiro
2019





Prefácio

O ebook *“Uma proposta metodológica usando o tema Biodiesel para a Química no Ensino Médio”* dos professores Leandro Damiano Saldanha, Bárbara Vasconcellos da Silva e Michelle Jakeline Cunha Rezende é produto da Dissertação de Mestrado *“A utilização do tema biodiesel para melhorar a compreensão da Química no Ensino Médio”*. Escrito de modo descomplicado, é direcionado a professores de Química de Ensino Médio, que tenham interesse em aplicar conceitos de Química, em especial de Química Orgânica, fazendo uso da experimentação.

O ebook aborda a síntese do biodiesel, desde a escolha da matéria-prima até a aplicação do biocombustível em motor, a ser trabalhado com um grupo de alunos de Ensino Médio durante o ano letivo. Além de incentivar o ensino de Química Orgânica de modo contextualizado, a proposta visa estimular o pensamento científico, capacidade de argumentação, consciência socioambiental, entre outras competências.

Os autores esperam, com este ebook, motivar professores e alunos de Ensino Médio a terem mais contato com a Química experimental.



Sumário

1	Você sabe o que é Biodiesel?	7
2	Seleção dos alunos para participação no projeto Biodiesel	9
3	Capacitação teórica e experimental do grupo de trabalho	11
4	Síntese do biodiesel	13
5	Caracterização do biodiesel	17
5.1	Teste de viscosidade	17
5.2	Análise por cromatografia em camada delgada	19
5.3	Teste de combustão.....	20
6	Avaliação do biodiesel produzido em motor	22
7	Tratamento de resíduos e dicas de reutilização.....	24
8	Organização de uma Feira de Química	25
9	Atividade de monitoria.....	27
10	Metodologia alternativa para a produção de biodiesel.....	28
11	Avaliação de aprendizagem.....	33
12	Considerações finais	34
13	Referências bibliográficas.....	35

1 Você sabe o que é Biodiesel?



O biodiesel é uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos, produzido a partir da transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais, com álcoois de cadeia curta, tais como metanol e etanol, empregando catálise básica (Figura 1).¹

Os óleos e gorduras são constituídos por triésteres (também chamados de triglicerídeos), formados a partir de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos) e glicerol. Os ácidos graxos mais comuns apresentam 12, 14, 16 ou 18 átomos de carbono em sua estrutura hidrocarbônica.²

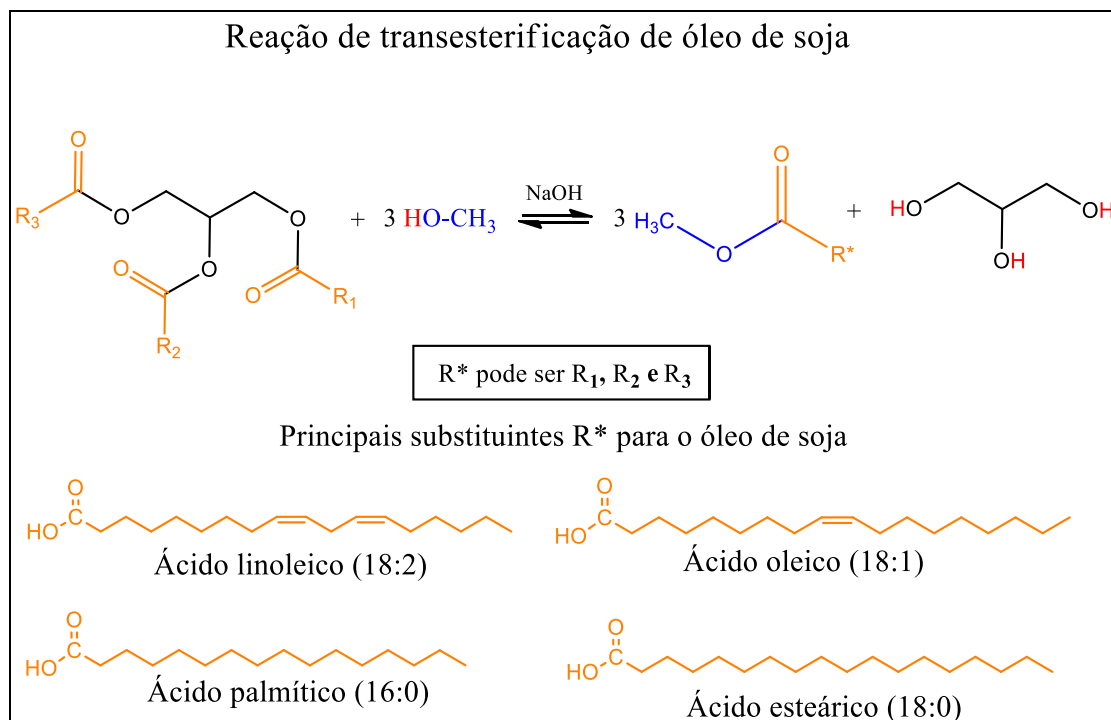



Figura 1: Reação de transesterificação e os principais ácidos graxos que constituem os substituintes (R) para o óleo de soja.

Quando obtido segundo as especificações estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o biodiesel apresenta compatibilidade ao diesel petroquímico, permitindo sua substituição parcial, sem que haja necessidade de modificações em motores do ciclo diesel.

O contexto histórico da utilização de biodiesel em motores se entrelaça no tempo com o surgimento do motor de ignição por compressão. Rudolf Diesel, inventor do motor que leva o seu nome, utilizou inicialmente óleos vegetais como combustível.³

A entrada definitiva do biodiesel na matriz energética brasileira é marcada pela criação do PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel) em dezembro de 2004. A proposta inicial do PNPB foi a inclusão social e o desenvolvimento regional, criando postos de trabalho com a agricultura familiar. Entretanto, motivados pelas crises no setor petrolífero, entre 1970 e 1986, estudos em laboratório e testes do combustível em frotas de ônibus haviam sido realizados no âmbito do Pró-Óleo (Programa de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos), criado na época pelo Governo Federal.⁴

Inicialmente facultativa, a adição de biodiesel ao diesel petroquímico tornou-se obrigatória em janeiro de 2008 com a adição de 2%v/v do biocombustível ao diesel (B2). Desde então, o percentual de biodiesel vem aumentando e, em março de 2018, passou a 10%v/v (B10).⁴ Um novo cronograma foi estabelecido para alcançar 15%v/v nos próximos anos, o impacto desse aumento está sob avaliação por meio de uma bateria de testes, incluindo eficiência energética, emissões atmosféricas e durabilidade dos componentes o



motor. É necessário assegurar a viabilidade técnica dessa progressão para que não haja prejuízos à sociedade.⁵

No Brasil, as principais matérias-primas para a produção de biodiesel são o óleo de soja e a gordura animal, equivalente a 71,6% e 16,8%, respectivamente, do total produzido em 2017. A ANP publica todas as informações relativas à cadeia produtiva do biodiesel no Brasil. Os anuários estatísticos⁶ apresentam as matérias-primas utilizadas, as principais empresas produtoras de biodiesel, o volume de produção brasileiro, entre outros dados no âmbito nacional. Inúmeros artigos científicos e artigos de divulgação foram publicados sobre biodiesel. As referências 2, 7, 8 e 9 são algumas fontes de consulta indicadas para saber mais do assunto.



2 Seleção dos alunos para participação no projeto Biodiesel

A produção de biodiesel com alunos de Ensino Médio pode render um bom trabalho de iniciação científica, porém demanda tempo do professor e de seus alunos. Na falta de tempo hábil para a realização de um projeto, duas aulas experimentais com a turma são suficientes para demonstrar o processo de síntese (1ª aula) e, posterior, purificação (2ª aula) do biodiesel.

Para o caso do envolvimento dos discentes em um projeto, a seleção dos participantes pode ser realizada através de convite às turmas em que o professor leciona. No momento do convite, o professor pode apresentar, de maneira resumida, o conceito de biodiesel, as matérias-primas utilizadas e a proposta de trabalho do projeto descrita nas seções 3 a 11. Com isso, o professor seleciona um “grupo de interesse” com alunos que tenham motivação em aprender sobre biocombustíveis.

Após a formação do grupo de trabalho, é necessário capacitar teoricamente e experimentalmente os alunos participantes.



3 Capacitação teórica e experimental do grupo de trabalho

A realização de atividades experimentais por alunos do Ensino Médio não é uma realidade no Brasil, por isso, faz-se necessário capacitar os alunos para que possam ser partícipes e não expectadores do projeto.

A proposta é desenvolver o projeto no contraturno escolar, com aulas de 90 minutos cada, sendo 12 encontros destinados à capacitação teórica e 20 encontros para a capacitação experimental.

Sob a perspectiva da capacitação teórica, a síntese de biodiesel permite abordar diversos temas:

- Química do carbono;
- Hidrocarbonetos;
- Funções orgânicas oxigenadas;
- Reações químicas;
- Ação de catalisadores;
- Separação de fases por densidade;
- Determinação de pH;
- Combustão;
- Biocombustíveis.



Em relação à capacitação experimental, a síntese de biodiesel envolve procedimentos que podem não ser comuns aos alunos, portanto é necessário abordar, previamente, as normas de segurança individuais e coletivas de um laboratório químico, destacando acidentes comuns que podem ser evitados, como queimaduras químicas ocasionadas por substâncias corrosivas, cortes provocados por quebra de vidrarias, intoxicações e envenenamento provocado por inalação de gases despreendidos de reações químicas. Para mais informações sobre segurança de laboratório químico, pode-se consultar as referências 10 e 11.

Com a capacitação, os alunos envolvidos no projeto estarão aptos a desempenhar atividades laboratoriais, como:

- Montagem das aparelhagens utilizadas no processo de produção de biodiesel;
- Preparação de soluções;
- Procedimentos de síntese e caracterização do biodiesel;
- Controle da temperatura do meio reacional;
- Procedimentos de purificação, filtração e secagem do produto;
- Realização de ensaios de viscosidade e combustão do biodiesel;
- Organização do laboratório.

Um exemplo de abordagem dos temas de Química anteriormente citados e de execução experimental pode ser encontrado na Dissertação de Mestrado desenvolvida pelo co-autor deste ebook.¹²



4 Síntese do biodiesel

A síntese do biodiesel requer atenção com os procedimentos experimentais e com o manuseio dos reagentes, em especial o metanol, substância tóxica que pode ser absorvida pelo organismo humano através de inalação, ingestão e absorção pela pele. A opção pela obtenção de biodiesel metílico (com emprego de metanol), pode ser considerada por professores que tenham à disposição um laboratório químico devidamente equipado e que atenda as normas de segurança vigentes. A seguir estão descritas as etapas detalhadas para a síntese do biodiesel:

Em capela com exaustão, adicione aos poucos 3 g de hidróxido de sódio (NaOH) em 105 mL de metanol contidos em um bécher de capacidade 250 mL, sob agitação até a dissolução completa do NaOH para gerar metóxido de sódio.

- Aqueça 300 mL de óleo de soja em um balão de fundo redondo de 1000 mL de capacidade em banho-Maria a 50 °C.
- Adicione a solução de metóxido de sódio ao óleo de soja aquecido. Conduza a reação sob refluxo (evitando a evaporação de metanol), mantendo a temperatura do meio reacional a 50 °C e sob agitação magnética por 1 hora e 30 minutos.
- Transfira o meio reacional para um funil de decantação. Após alguns minutos, o meio reacional se apresentará dividido em duas fases, a fase inferior contendo glicerol, excesso de metanol e catalisador, e a fase



superior contendo biodiesel, entretanto, para que haja a máxima separação dessas fases mantenha o funil em repouso por 24 horas (Figura 2).

Figura 2: Meio reacional do biodiesel metílico após 24 horas de repouso.

- Retire a fase inferior e a reserve para posterior descarte. Não agite vigorosamente o funil, ainda pode existir glicerina dispersa no biodiesel, podendo provocar a formação de emulsão.
- Inicie o procedimento de lavagem do biodiesel (Figura 3):

⇒ 1ª lavagem → adicione 25 mL de solução de ácido clorídrico (5%v/v), para que se complete a neutralização de resíduos do catalisador básico, diminuindo o pH para 7. Descarte a fase inferior.

⇒ 2ª lavagem → adicione 25 mL de solução saturada de NaCl, para assim diminuir a possibilidade de formação de emulsão. Descarte a fase inferior.

⇒ 3ª lavagem → adicione 25 mL de água destilada, para que seja eliminado algum resíduo ainda presente. Descarte a fase inferior.




Figura 3: Etapa de lavagem do biodiesel.

- Em cada processo de lavagem, o funil de separação deve ser agitado e vertido de forma branda, a fim de promover a purificação do biocombustível. Ao final de cada etapa, verifique o pH do biodiesel com a utilização de papel indicador (0 – 14) (espera-se pH neutro).
- Adicione 20 g de sulfato de magnésio ($MgSO_4$) à fase orgânica resultante, a fim de remover água ainda presente no biodiesel. A seguir, realize uma filtração simples com o auxílio de papel de filtro, para separar o produto do resíduo sólido. O produto deve apresentar aspecto límpido (Figura 4).



Figura 4: Etapa de filtração do biodiesel.



Após o procedimento de lavagem, a fase orgânica obtida (biodiesel) pode ser caracterizada através de ensaios de viscosidade, cromatografia em camada delgada (CCD) e combustão.

5 Caracterização do biodiesel

5.1 Teste de viscosidade

Viscosidade é uma propriedade dos líquidos que mede a resistência ao escoamento.²

Existem aparelhos eletrônicos e manuais que podem medir a viscosidade de líquidos, porém a proposta aqui apresentada é realizar um ensaio que permita visualizar apenas a diferença de viscosidade.^{2,7,13}

Para realizar o ensaio de viscosidade, são necessárias duas pré-formas para garrafa PET (também conhecidas como tubetes, utilizadas em lembrancinhas de festas). Faça um pequeno furo (1 mm) no fundo da pré-forma, com o auxílio de uma broca e duas marcações com uma caneta para retroprojetor (**Figura 5**). Adicione o produto da reação (pré-forma BD) e o óleo de soja (pré-forma OS) até a marcação mais afastada do furo e meça o tempo de escoamento do ponto A ao ponto B. O biodiesel possui menor viscosidade do que o óleo de soja, com isso espera-se que o tempo de escoamento seja menor para o produto da síntese. O vídeo disponível na **Figura 6** mostra o teste de viscosidade.

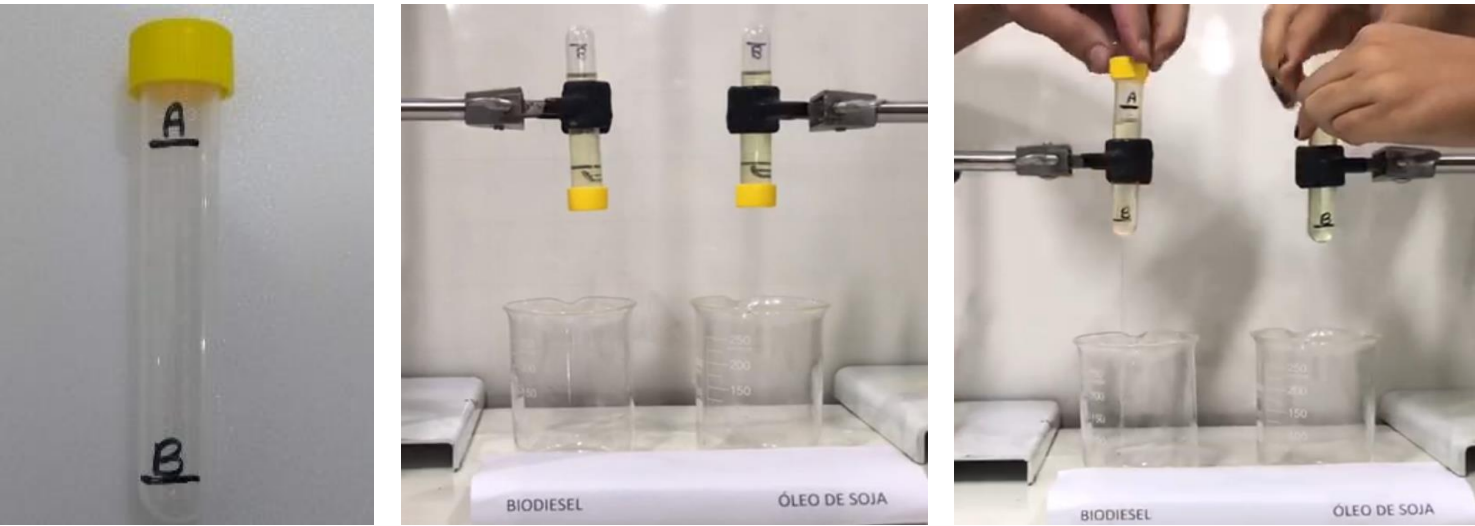


Figura 5: Viscosímetro adaptado com pré-forma de garrafa PET.

Assista ao vídeo através do link ou utilizando um leitor QR code.



Figura 6: Caminho para o vídeo do teste de viscosidade. <https://youtu.be/zOjIjXeeATg>

5.2 Análise por cromatografia em camada delgada

Cromatografia é uma técnica de separação dos componentes de uma mistura. Essa separação ocorre devido a diferença de interação das moléculas que compõe a mistura com a fase estacionária.¹⁴

Para realizar este ensaio, é necessária uma placa de sílica gel (fase estacionária) e uma solução (fase móvel) contendo os solventes hexano, acetato de etila e ácido acético na proporção 8:2:0,2 em volume. Adicione a fase móvel em um bécher (até 0,5 cm de altura).

Em uma placa de sílica gel com 7 cm de altura x 2 cm de largura, faça as marcações da linha de partida (a 1 cm da borda inferior) e da linha de chegada (a 1 cm da borda superior). Aplique as amostras sobre a linha de partida utilizando um tubo capilar e transfira a placa para a cuba cromatográfica. Deixe a solução subir por capilaridade até a linha de chegada. Durante a corrida cromatográfica, haverá uma competição entre a adsorção das substâncias pela fase estacionária e dessorção pela fase móvel.¹⁴ Retire a placa, aguarde a evaporação do solvente e coloque-a em um recipiente contendo iodo. Após poucos minutos, as posições do óleo de soja e do produto da reação serão reveladas pela interação com o iodo. A conversão em biodiesel é confirmada se a altura da mancha do produto for ligeiramente superior à altura da mancha do óleo de soja. A **Figura 7** mostra as etapas da CCD.

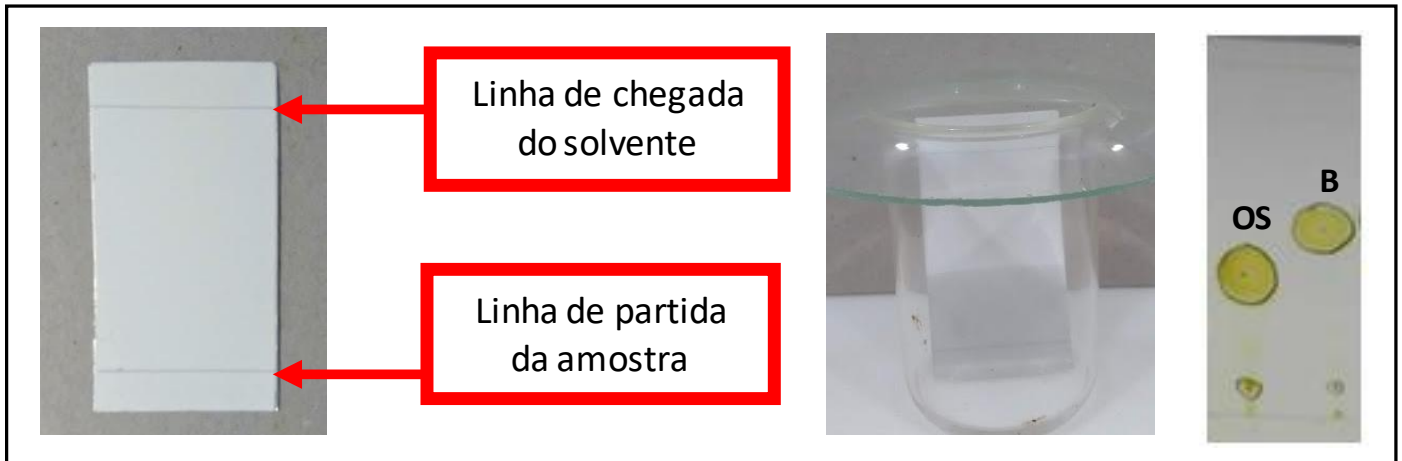


Figura 7: Etapas da CCD.

5.3 Teste de combustão

A combustão é uma reação química que ocorre entre uma substância combustível (que será oxidada) e um comburente, geralmente o oxigênio (que será reduzido).¹⁵

Por se tratar de uma reação exotérmica, o calor liberado poderá ser utilizado para obtenção de energia. Os veículos (com exceção dos elétricos), por exemplo, fazem uso da queima de combustíveis para que a energia gerada possa movimentá-los. Em reações de combustão completa, casos em que há oxigênio suficiente para oxidar o combustível, haverá formação de CO_2 e água, enquanto nas reações de combustão incompleta, além de CO_2 e água, haverá formação de fuligem.

A proposta deste ensaio de combustão é verificar a duração da queima do combustível e a formação de fuligem. Para isso, são necessários três

cadinhos de porcelana, algodão e amostras de óleo vegetal (o mesmo usado para obtenção de biodiesel), de biodiesel (produto da reação) e de diesel (obtido em postos de combustível).

Cada cadinho deve ser nomeado com a amostra correspondente. Adicione um chumaço de algodão impregnado com algumas gotas da amostra em cada um deles. Em seguida, acenda um palito de fósforo e aproxime a chama ao algodão (**Figura 8**). Observe a presença de uma chama persistente durante a combustão do biodiesel e do diesel. Entretanto, a queima do diesel leva à formação de fuligem. É notável a dificuldade de combustão do óleo de soja após sucessivas tentativas de queima do algodão embebido com o mesmo. Vale a pena conferir o vídeo disponível na **Figura 9**, que mostra o ensaio de combustão.



Figura 8: Registro fotográfico do processo de combustão.

Assista ao vídeo através do link ou utilizando um leitor QR code.



Figura 9: Caminho para o vídeo de combustão do óleo de soja, óleo diesel e biodiesel.

<https://youtu.be/wDdCclZr4IE>

6 Avaliação do biodiesel produzido em motor

Após a execução do ensaio de viscosidade, da análise por CCD e do teste de combustão, constatando-se a obtenção do biodiesel, a realização de um teste em motor a diesel pode ser considerada.

Antes da avaliação do biodiesel produzido em motor, adicione uma amostra de 20 mL de biodiesel a um bécher contendo 20 mL de diesel adquirido em posto de combustível. Com isso, o professor pode descrever o conceito de miscibilidade do biodiesel no diesel para os alunos.²

O ideal é que o biodiesel produzido seja adicionado em 10%v/v ao diesel de refinaria para composição do B10, combustível disponibilizado nos postos de abastecimento em todo o território nacional. Na impossibilidade de conseguir o diesel puro, adicione o biodiesel produzido ao tanque de combustível do veículo de modo que o percentual de biodiesel no mesmo não ultrapasse 15%v/v. Embora esteja comprovado que até 10%v/v de biodiesel misturado ao diesel de refinaria não implica em ajustes no motor, o funcionamento do mesmo com uma mistura B15, a título de demonstração, é possível de ser observado sem alteração de desempenho e sem desgaste de peças.

O volume de biodiesel a ser adicionado depende da quantidade de combustível presente no tanque. Não esqueça de considerar o percentual de biodiesel presente no diesel comercial. Como exemplo, considere que o diesel vendido nos postos de abastecimento seja resultante de uma mistura de 10%v/v de biodiesel e 90%v/v de diesel petroquímico (B10). Cada 10 litros desse combustível, possui 1 litro de biodiesel. A adição de 500 mL de biodiesel aos 10 litros de B10, aumenta o percentual para, aproximadamente, 15%v/v de biodiesel (B15).

Após a adição do biodiesel, ligue o motor e observe que não há perda de potência e o ruído se mantém inalterado. A diminuição de emissão de fuligem pode ser percebida.



7 Tratamento de resíduos e dicas de reutilização

Os resíduos gerados pela síntese do biodiesel devem ser tratados antes de serem descartados. A reutilização de alguns materiais é possível, assim como o reaproveitamento de resíduos para outra finalidade. Para isso, algumas ações podem ser consideradas^{17; 18}.

- Soluções ácidas e soluções básicas: após neutralização, podem ser descartadas na pia;
- Sulfato de magnésio ($MgSO_4$): o resíduo de biodiesel adsorvido pode ser recuperado por lavagem do sal com metanol, a ser empregado em uma próxima reação de produção de biodiesel. Após a lavagem, o sulfato de magnésio pode ser seco em estufa e reutilizado;
- Biodiesel não usado em teste de motor e glicerol gerado na síntese: podem ser reservados e utilizados, posteriormente, em uma reação de saponificação com os alunos¹⁹;
- Placa de sílica gel: pode ser reutilizada após eluição com metanol como fase móvel. O metanol dissolve as substâncias, limpando a placa para uma próxima corrida cromatográfica.



8 Organização de uma Feira de Química

Atividades experimentais são excelentes oportunidades para aproximar os educandos das disciplinas de cunho científico, oportunizando a discussão de problemas, desenvolvendo o senso investigativo do aluno e elucidando os conceitos que não foram bem compreendidos em sala de aula.

Uma Feira de Química pode ser utilizada para envolver cientificamente os alunos de uma escola, para isso, é importante planejar com cuidado o que será abordado e os experimentos que serão possíveis de serem realizados.

Organizar uma Feira compreende muitas etapas, as primeiras são a formação e motivação dos grupos e a escolha dos experimentos. É importante trabalhar com grupos pequenos e prever situações que possam provocar acidentes. Antecipar a necessidade em se adquirir materiais e reagentes e dedicar algumas aulas para a realização de testes dos experimentos com os alunos também são etapas fundamentais para o sucesso do evento. Por fim, pode-se sugerir aos grupos de trabalho que elaborem uma boa apresentação sobre o tema em estudo e organizem um estande de apresentação na quadra de esportes, salas de aula ou ao ar livre, dependendo da realidade de cada escola. A última etapa é aproveitar a Feira de Química para estimular ou despertar o interesse científico dos próprios alunos e da comunidade (professores, pais ou outros familiares), que podem ser convidados para o evento.

A produção de biodiesel em aulas experimentais com turmas de Ensino Médio traz a possibilidade de se discutir diversos conceitos químicos, alguns elencados na seção 3, e ambientais, por se tratar de um combustível renovável.

Para a apresentação da síntese de biodiesel, pode-se preparar uma bancada para a exibição dos materiais e reagentes utilizados, contendo, em sequência, o meio reacional, uma amostra em funil de separação junto com o glicerol, uma amostra em funil de separação em processo de lavagem, o processo de secagem e a filtração do biodiesel para retirada do agente dessecante.

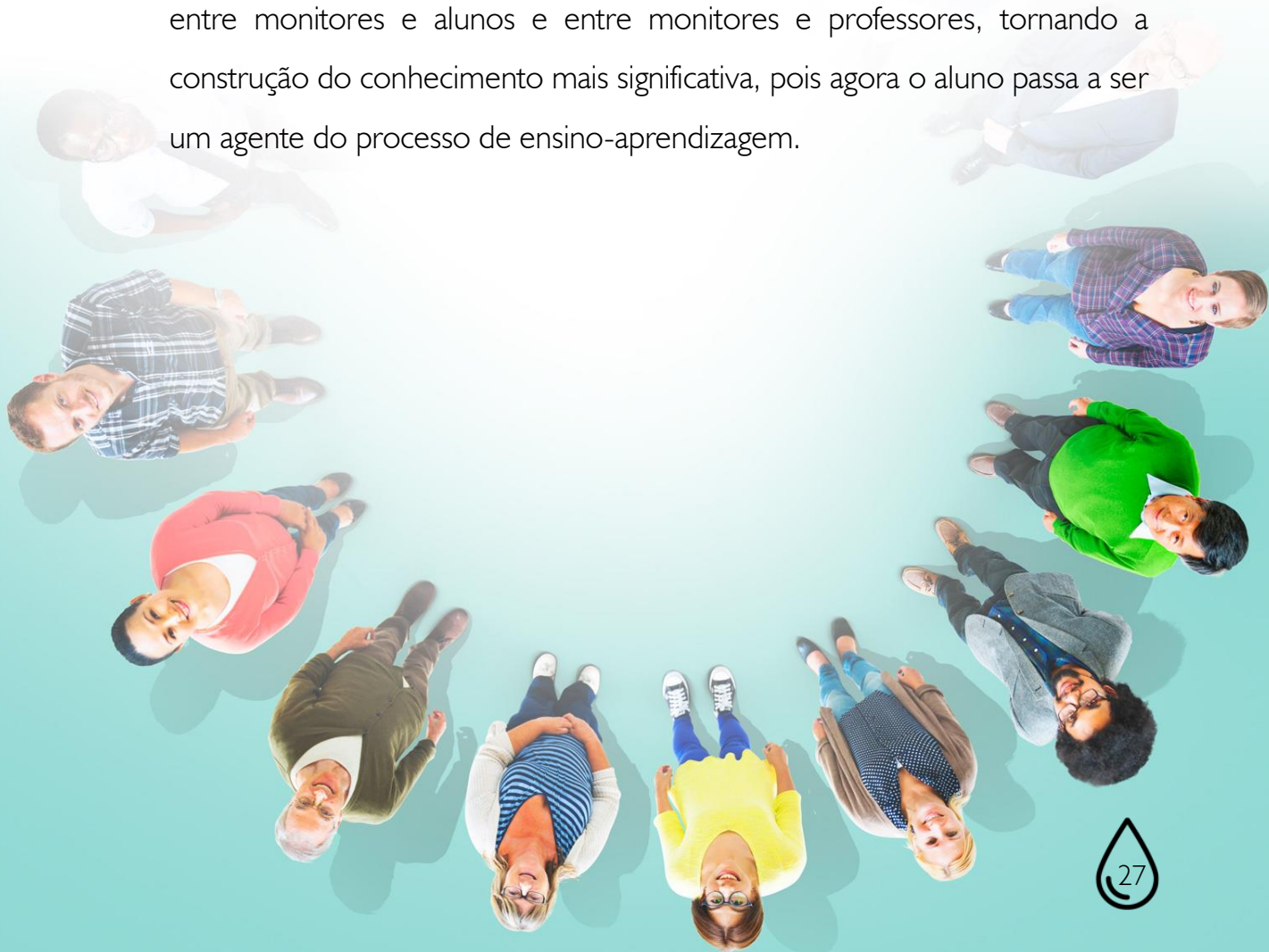
Cabe ao professor motivar e direcionar os alunos na busca do conhecimento prévio do tema biodiesel e de todos os outros que irão compor a Feira de Química. Os conceitos teóricos que envolvem a síntese do biodiesel, assim como os aspectos ambientais que permeiam o tema, devem ser pesquisados em artigos científicos a fim de se evitar a reprodução de informações errôneas. Para finalizar a apresentação, os participantes do projeto podem adicionar o biodiesel (que foi preparado previamente) no tanque de combustível do motor a diesel, chamando a atenção dos expectadores para a ausência (ou diminuição) de fuligem e a manutenção de características, como ruído, aceleração e potência do motor.



9 Atividade de monitoria

Após a capacitação teórica e experimental usando o biodiesel como tema gerador, os alunos participantes do projeto podem ser convidados a se tornarem monitores de suas turmas, empregando o conhecimento por eles adquirido. Dentre as atividades que podem ser desempenhadas, destacam-se o auxílio aos colegas na resolução de exercícios, sanção de dúvidas dos colegas em relação ao conteúdo programático de Química Orgânica, execução de experimentos e organização do laboratório.

Vale ressaltar que a atividade de monitoria propicia a inter-relação entre monitores e alunos e entre monitores e professores, tornando a construção do conhecimento mais significativa, pois agora o aluno passa a ser um agente do processo de ensino-aprendizagem.





10 Metodologia alternativa para a produção de biodiesel

Ter um laboratório para práticas experimentais em Química é muito importante, entretanto, não é uma condição para a realização de experimentos, desde que precauções e adaptações sejam realizadas.

Para produzir biodiesel em uma sala de aula, pode-se realizar algumas substituições, como:

- *Trocar o álcool metílico pelo etílico*

Fora da capela não é uma boa ideia usar álcool metílico devido a sua toxicidade¹, o ideal é utilizar álcool etílico anidro. Uma sugestão é adquirir etanol combustível em postos de abastecimento veicular.¹⁶

- *Placa de aquecimento ou bico de Bunsen*

Ambos podem ser substituídos por fogareiros portáteis ou aquecedores elétricos (Figura 10).

¹ A toxicidade do álcool metílico e de outras substâncias químicas, assim como o tratamento em caso de acidentes, podem ser consultados em: <http://www.abt1p.org.br/index.php/produtos-perigosos/fispq/>



Figura 10: Aquecedor elétrico utilizado para a manutenção da temperatura do meio reacional.

- *Balão de fundo redondo, condensador e funil de decantação*

Estas vidrarias podem ser substituídas por materiais de fácil acesso, adquiridos no comércio local, conforme apresentado a seguir.²



Balão de fundo redondo → pode ser substituído por uma garrafa de vidro transparente (Figura 11). Entretanto, a junção entre a garrafa e o condensador deve ser adaptada. Como sugestão, pode-se usar uma luva soldável de 32 mm x $\frac{3}{4}$ soldada com adesivo epóxi. Uma redução para $\frac{1}{2}$ polegada deve ser realizada, para isso, adicione uma bucha de redução de $\frac{3}{4}$ x $\frac{1}{2}$.

² Outra opção de adaptação de vidrarias e equipamentos para a síntese de biodiesel está descrita na referência 7.



Figura 11: Garrafa utilizada como balão de reação.

● **Condensador** → para construir um condensador, pode-se utilizar garrafa de plástico transparente, 2 tubos de canetas (parte externa) de plástico, 1 metro de mangueira de silicone medindo $\frac{3}{8}$ de diâmetro, 1 níquel $\frac{1}{2}$ polegada e adesivo epóxi (Figura 12). Corte o fundo da garrafa e faça dois furos, um próximo a boca da garrafa e outro próximo do fundo da garrafa. Corte o tubo externo da caneta no meio e fixe-o com o adesivo epóxi nos furos realizados na garrafa. Solde o níquel na boca

da garrafa com adesivo epóxi. Solde uma parte do tubo da caneta no nípel, para que a garrafa de vidro (“balão de reação”) tenha acesso ao condensador. Conecte uma das pontas da mangueira no nípel, através do tubo da caneta, faça uma espiral no interior da garrafa e fixe a outra ponta na parte superior do condensador. A entrada de água no condensador (parte inferior) pode ser feita através de uma bomba de aquário.



Figura 12:
Condensador
adap tado.



Funil de separação → pode ser construído com garrafa de plástico transparente, 1 níquel $\frac{1}{2}$ polegada, 1 registro de $\frac{1}{2}$ polegada, massa epóxi, bico para mangueira de $\frac{1}{2}$ polegada (**Figura 13**). Corte o fundo da garrafa, solde o níquel na boca da garrafa e conecte o registro e bico para mangueira.



Figura 13: Funil de decantação adaptado.

O procedimento experimental é o mesmo que foi descrito na seção 4 deste ebook, entretanto o álcool metílico deve ser substituído por álcool etílico. Neste caso o volume de álcool será maior, 150 mL para 300 mL de óleo de soja, devido a menor reatividade do etanol frente ao metanol.⁸



11 Avaliação de aprendizagem

A avaliação de aprendizagem é um importante método para verificar se os conceitos abordados foram assimilados de forma satisfatória.

Como sugestão de avaliação do projeto Biodiesel, um questionário constituído por questões sobre combustíveis e biocombustíveis pode ser aplicado, antes de iniciar o projeto, a fim de se verificar o conhecimento prévio dos alunos e, após a conclusão, a repetição do mesmo questionário para que se verifique a evolução do conhecimento sobre o assunto. Um exemplo de questionário pode ser encontrado na Dissertação de Mestrado desenvolvida pelo co-autor deste ebook.¹²

Um resumo das atividades realizadas, assim como a solicitação de depoimentos dos alunos sobre a participação no projeto, pode ser feito ao final da segunda avaliação.



12 Considerações finais

Neste ebook, o biodiesel é apresentado como tema gerador de várias atividades teóricas e experimentais de Química Orgânica, propiciando aos alunos de Ensino Médio a possibilidade de conhecer a Química com uma nova proposta metodológica, priorizando o processo investigativo da experimentação em aproximadamente 1 ano de trabalho, como em um projeto de iniciação científica, comum nas universidades, porém atípico em escolas de Ensino Médio.

A síntese do biodiesel, assim como os experimentos de caracterização propostos, como o ensaio de viscosidade, a análise por cromatografia em camada delgada e o teste de combustão, fazem parte de um conjunto de atividades que podem ser ajustadas para um ambiente de sala de aula, quando um laboratório químico não for acessível.

Os autores esperam ter contribuído com o letramento científico das pessoas envolvidas com o Ensino Médio no Brasil. Assim como os resultados positivos obtidos pela Dissertação de Mestrado do co-autor deste ebook¹², desejamos bons resultados a todos que optem por reproduzir este trabalho.



13 Referências bibliográficas

¹ ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>>

² RINALDI, Roberto et al. Síntese de Biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1374-1380, 2007. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No5_1374_53-ED06305.pdf>

³ SUAREZ, Paulo A. Z. et al. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 667-676, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000300028&script=sci_abstract&tlng=pt>

⁴ PINHO, David M. M.; SUAREZ, Paulo A. Z. Do Óleo de Amendoim ao Biodiesel- Histórico e Política Brasileira para o Uso Energético de Óleos e Gorduras. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 39-51, 2017. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v9n1a06.pdf>>

⁵ ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **RESOLUÇÃO Nº 16, de 29/10/2018 – DOU 08/11/2018**. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/11/2018&jornal=515&pagina=2>>.

⁶ ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Anuário Estatístico. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico>>

⁷ SANTOS, Ana Paula B.; Pinto, Angelo C. Biodiesel: Uma Alternativa de Combustível Limpo. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/11-EEQ-3707.pdf>

⁸ LÔBO, Ivon Pinheiro; FERREIRA, Sérgio Luis Costa; CRUZ, Rosenira Serpa da. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol32No6_1596_43-RV08446.pdf>

⁹ RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v9n1a20.pdf>>

¹⁰ CARDOSO, T. A. O. Manual de Primeiros Socorros. **Núcleo de Biossegurança da FIOCRUZ**, Manginhos, 170 p., 2003. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/biosseguranca/manualdeprimeirossocorros.pdf>>

¹¹ MACHADO, Patricia Fernandes Lootens; MÓL, Gerson de Souza. Experimentando Química com Segurança. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 57-60, 2008. Disponível em: <<http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc27/09-eeq-5006.pdf>>

¹² SALDANHA, Leandro Damiano. **A utilização do tema biodiesel para melhorar a compreensão da Química no Ensino Médio**. 2019. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

¹³ SAMPAIO, Matheus M. et al. Uma Atividade Experimental para o Entendimento do Conceito de Viscosidade. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, p. 1-4, 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/11-EEQ-23-13.pdf>

¹⁴ DEGANI, Ana Luiza G.; CASS, Quezia B.; VIEIRA, Paulo C.. Cromatografia: Um breve ensaio. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 21-25, 1998. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/actual.pdf>>

¹⁵ BRAATHEN, Per Christian. Desfazendo o mito da combustão da vela para medir o teor de oxigênio no ar. **Química Nova na Escola**, n. 12, p. 43-45, 2000. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a10.pdf>>

¹⁶ PEREIRA, Pedro Afonso de Paula; ANDRADE, Jailson B. de. Fontes, Reatividade e Quantificação de Metanol e Etanol na Atmosfera. **Química Nova**, n. 21, p. 744-754, 1998. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol21No6_744_v21_n6_%2814%29.pdf>

¹⁷ MACHADO, Patrícia Fernandes Lootens; MÓL, Gerson de Souza. Resíduos e Rejeitos de Aulas Experimentais: O que Fazer? **Química Nova na Escola**, n. 29, p.38-41, ago. 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/09-EEQ-4007.pdf>>

¹⁸ SILVA, Alexander Fidelis da; SOARES, Tamires Rúbia dos Santos; AFONSO, Júlio Carlos. Gestão de Resíduos de Laboratório: Uma Abordagem para o Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, p.37-42, fev. 2010. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_1/08-PE-9208.pdf>

¹⁹ BALDASSO, Erica; PARADELA, André Luis; HUSSAR, Gilberto José. Reaproveitamento do óleo de fritura na fabricação de sabão. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 216-228, jan. /mar. 2010. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=462&layout=abstract>>