

Etanol (CAS No 64-17-5)

por Wanderson Amaral da Silva, Vinicius R. Campos

Data de publicação na Web: 28 de setembro de 2013

Recebido em 18 de março de 2013

Aceito para publicação 21 de maio de 2013

DOI: [10.5935/1984-6835.20130073](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20130073)

O etanol (Figura 1) é um solvente polar prótico de fórmula molecular C_2H_5OH , massa molecular igual a $46,07 \text{ g.mol}^{-1}$, ponto de ebulição $78,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (1 atm), ponto de fusão $-114,1 \text{ }^\circ\text{C}$ e densidade relativa em $25 \text{ }^\circ\text{C}$ $0,789 \text{ g.cm}^{-3}$.^{1,2} Em seu estado puro e na temperatura normal apresenta-se sob a forma de um líquido incolor, inflamável, volátil, tóxico e de odor característico.¹ Esta substância é totalmente miscível em água em todas as proporções e solúvel na maior parte dos solventes orgânicos comuns como acetona, clorofórmio, acetato de etila etc.³ O álcool comum é na verdade uma solução hidroalcoólica contendo de 92 a 95% (v/v) de etanol, podendo, por processos de destilação fracionada, alcançar concentrações de até 95,6% (v/v) de etanol. Já o etanol anidro, também chamado de etanol absoluto, não pode ser obtido por destilação fracionada porque forma-se uma mistura azeotrópica entre a água e o etanol com

essa concentração.^{4,5} Porém, o tratamento da mistura azeotrópica com agentes desidratantes como a cal (CaO), hexano, benzeno ou peneiras moleculares pode levar à formação do álcool absoluto, com concentração aproximadamente igual a 99,9% (v/v).^{2,5-7}

Os pares de elétrons não ligados do oxigênio tornam essa substância básica e nucleofílica, logo, na presença de ácidos fortes, o etanol atua como acceptor de prótons, sendo reversivelmente protonado e gerando um íon oxônio. A protonação da hidroxila converte grupo de saída

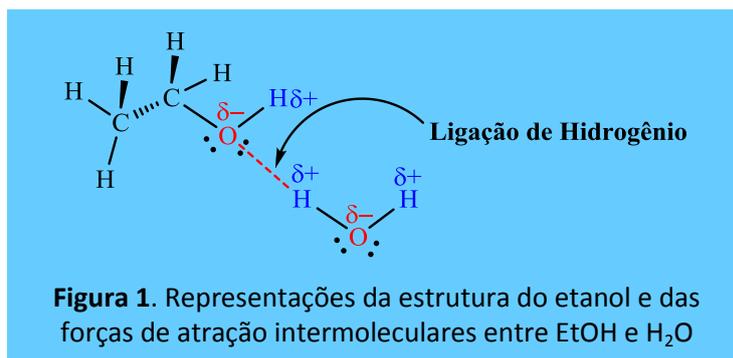
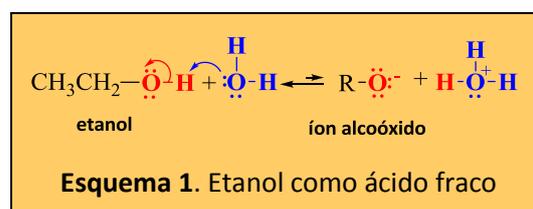


Figura 1. Representações da estrutura do etanol e das forças de atração intermoleculares entre EtOH e H_2O

Em termos de acidez e basicidade (Teoria de Brønsted-Lowry), o etanol, como a água, apresenta caráter fracamente ácido e fracamente básico. Como ácido fraco, o etanol dissocia-se em solução diluída em água com doação de um próton, gerando os íons H_3O^+ e íons alcoolato (Esquema 1). O etanol ($pK_a = 15,9$) tem acidez similar à da água ($pK_a = 15,74$).^{3,8,9}

pobre (HO^-) em um bom grupo de saída (H_2O).³ Além disso, a protonação também aumenta a eletrofilicidade do carbono ligado diretamente ao oxigênio protonado, porque $-OH_2^+$ é um grupo retirador de elétrons mais forte que HO^- .

Esse fato torna o carbono



Esquema 1. Etanol como ácido fraco

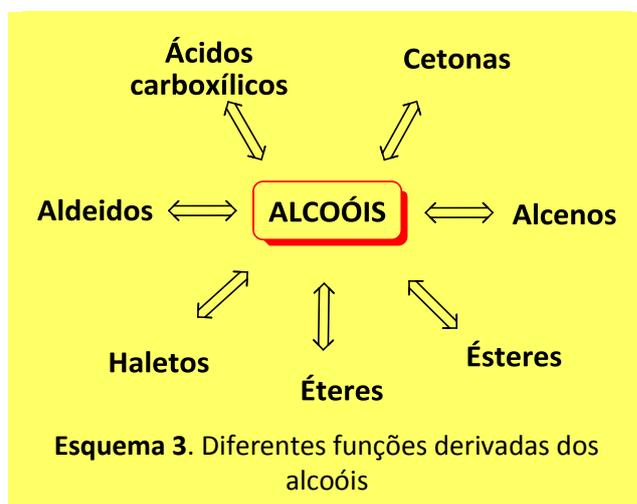
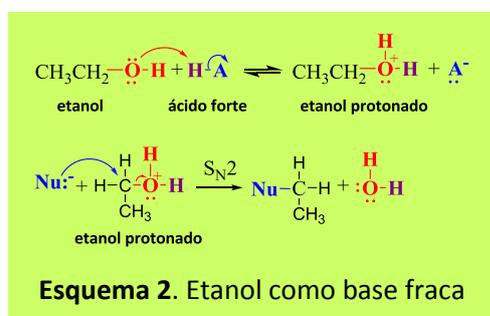
mais suscetível ao ataque nucleofílico e reações do tipo S_N2 são verificadas nessa substância. Vale lembrar que o etanol protonado na ausência de nucleófilos e em altas temperaturas podem realizar reações de eliminação (Esquema 2).^{3,8-10}

O etanol é, sem dúvida, o representante economicamente mais importante dos alcoóis alifáticos e como solvente perde apenas para a água, sendo empregado em quase todas as indústrias.⁴ Por exemplo, essa substância é uma versátil matéria-prima para a fabricação de várias substâncias de interesse sintético, incluindo etanal, ácido acético, acetato de

etila, dibrometo de etileno, glicóis, éter etílico etc.⁵ No Brasil e no mundo o etanol também é largamente empregado como biocombustível e na produção de diversas bebidas alcoólicas. O esquema a seguir ilustra uma série de transformações sintéticas a partir dos alcoóis alifáticos.^{3,5,8,10}

Etanol: Síntese e Aplicação Industrial

O etanol pode ser obtido por fermentação de produtos de origem natural ou por métodos sintéticos, conforme veremos no decorrer deste trabalho.⁴



se os Estados Unidos e o Brasil que utilizam como matérias-primas o milho e a cana-de-açúcar, respectivamente (Figura 2). Cabe destacar que a Europa, que emprega como matéria-prima essencialmente a beterraba, não possui uma produção significativa de etanol no cenário mundial. Esse fator é determinado pelas desvantagens econômicas relacionadas ao cultivo e à alta demanda energética da produção, que encarece o produto final.^{11,12}

A sua produção através destas fontes renováveis se dá, principalmente, a partir de processos fermentativos da sacarose (a) e do amido (b) (Esquema 4) presentes em suas composições^{4,12}, conforme reações do Esquema 4.

A produção industrial de etanol por essa via fermentativa é um processo biotecnológico, pois utiliza um micro-organismo (levedura *Saccharomyces cerevisiae*) que é responsável pela transformação do açúcar em álcool. Atualmente, a *S. cerevisiae* continua sendo a levedura mais empregada na produção de etanol, pois apresenta alta seletividade, elevada velocidade de crescimento e fermentação, elevada tolerância à glicose, etanol, pressão osmótica e

A maior parte do etanol produzido mundialmente, cerca de 250 milhões de litros por dia, é proveniente de biomassas de cana-de-açúcar, milho, trigo, beterraba, mandioca etc., destacando-

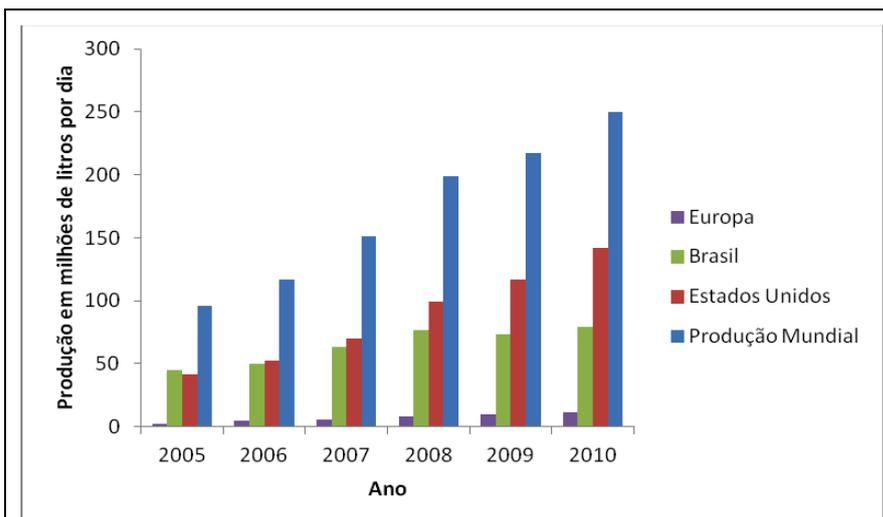
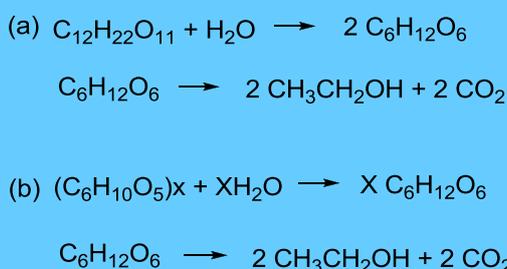


Figura 2. Dados de produção de etanol de 2005 a 2010. (Fonte: EIA - Energy Information Administration)



Esquema 4. Reações de obtenção do etanol a partir de açúcares e amido

condições estressantes, como a alta temperatura ótima de fermentação etc.¹³

A seguir, serão apresentadas todas as etapas envolvidas durante o processo de fabricação do etanol utilizando algumas das matérias-primas renováveis supracitadas.

A partir da cana-de-açúcar, o etanol é produzido da seguinte forma (Figura 3): após o corte da cana, o material é transportado para as usinas o mais rápido possível, a fim de minimizar a perda dos açúcares

presentes. Ele é, então, pesado e submetido à análise química para determinar a concentração de açúcar. Posteriormente, a cana-de-açúcar é lavada para eliminar as impurezas e as toras são moídas para a retirada do caldo.^{14,15} O bagaço é geralmente utilizado nas usinas para gerar energia para todo o processo de produção.¹⁴ O caldo obtido é peneirado e tratado com agentes químicos para coagulação, floculação e precipitação das impurezas, e, então, aquecido para ajustar a concentração dos açúcares necessária para o

processo. Em seguida, o caldo tratado é misturado com o melaço que contém açúcares provenientes do processo de produção do açúcar, formando assim o mosto que segue para as dornas de fermentação com as leveduras (normalmente da espécie *Saccharomyces cerevisiae*). O processo de fermentação do mosto dura um período de 8 a 12 horas e dá origem ao mosto fermentado.¹⁵ Após esse período, o mosto fermentado é separado das leveduras, que podem ser recuperadas, e, então, encaminhados para as colunas de destilação, obtendo-se o vinhoto (que pode ser utilizado como adubo nas plantações) e o etanol hidratado. Essa mistura hidroalcoólica pode ser estocada diretamente ou submetida à desidratação a partir da adição de hexano formando uma mistura azeotrópica ternária, que pode ser destilada para a obtenção do etanol com aproximadamente 99,7% (v/v). A desidratação do etanol também pode ser feita por absorção com peneiras moleculares

fornecendo um etanol mais puro, porém de custo mais elevado.¹⁵

A outra fonte de energia renovável, responsável por uma grande parcela da produção mundial de etanol, é o milho. O processo de produção do etanol a partir do milho (Figura 4) se dá pela moagem por via úmida ou via seca, sendo que o processo por via seca é atualmente o mais usado devido aos menores custos.

No processo por via seca, o milho é moído e adiciona-se água e enzimas (alfa-amilase) para promover a hidrólise do amido e formar cadeias menores de açúcares, seguido de uma sacarificação com a enzima glicocamilase.^{15,17} A solução obtida é encaminhada para as dornas de fermentação, e, em seguida, o mosto fermentado passa pelo processo de destilação de forma semelhante ao já

descrito. O resíduo da destilação é um subproduto utilizado na alimentação animal conhecido como DDGS (*distillers dried grains with solubles*).¹²

A mandioca é outra matéria-prima utilizada na produção de etanol e o processo usado é semelhante ao do milho, pois também é necessária a sacarificação do amido antes da fermentação e destilação.¹⁸

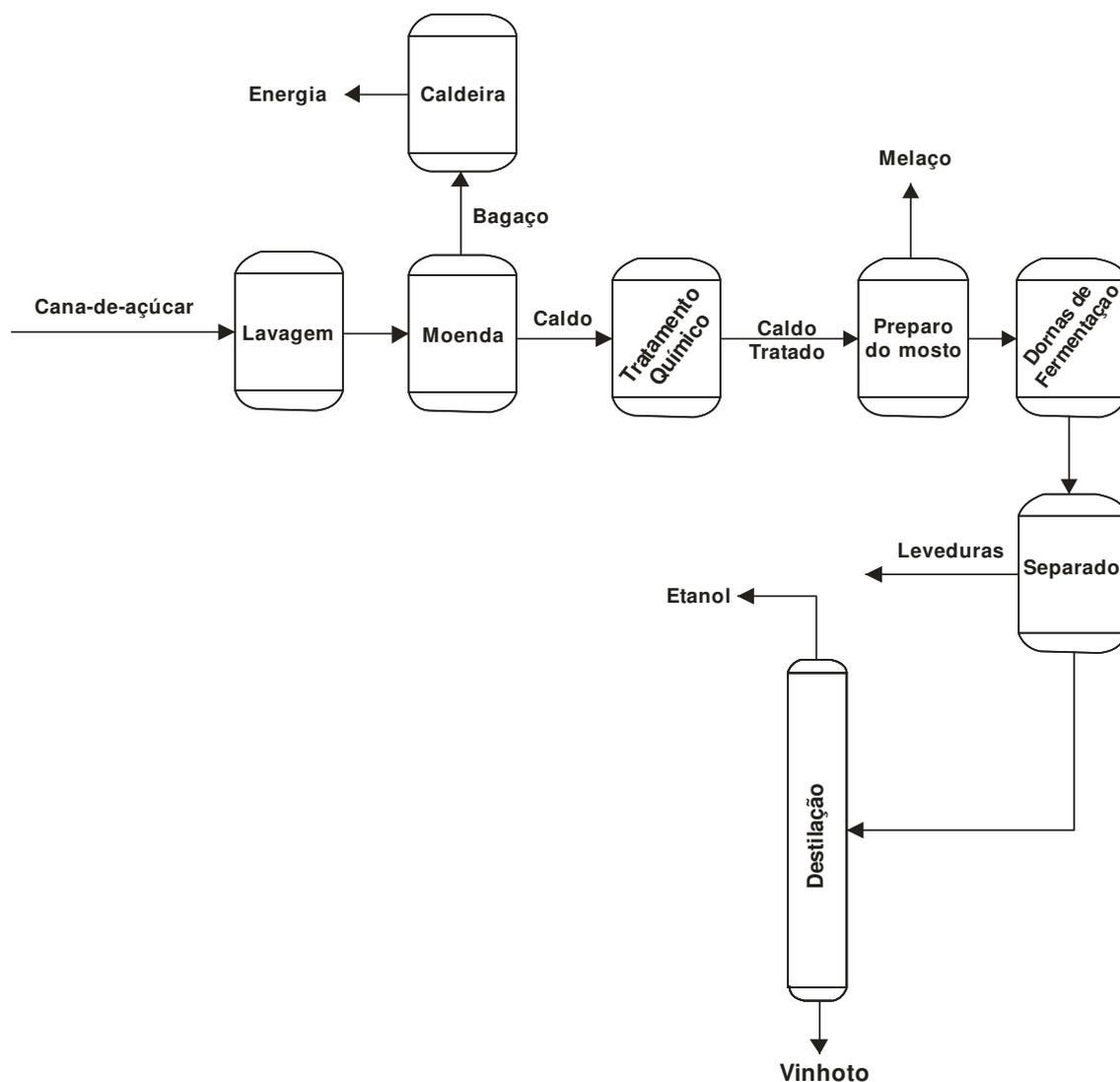


Figura 3. Esquema do processo de obtenção do etanol a partir da cana-de-açúcar (adaptado de: grupofarias¹⁶)

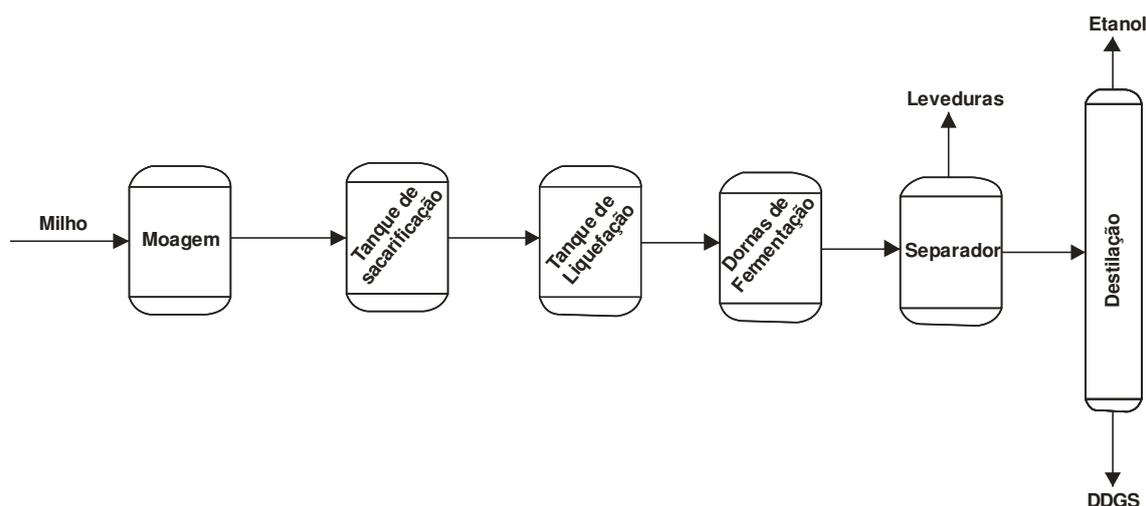


Figura 4. Esquema do processo de obtenção do etanol a partir do milho (adaptado de Bioetanol de cana-de-açúcar¹⁵)

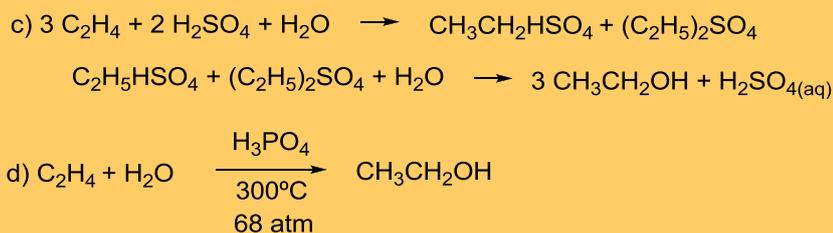
A beterraba açucareira (*Beta vulgaris*) é bastante utilizada na Europa como matéria-prima alternativa para a produção de etanol, sendo que o procedimento industrial é geralmente feito a partir do melão proveniente da produção da sacarose. O processo de produção do etanol a partir da beterraba também é semelhante ao usado para a cana-de-açúcar, isto é, o melão é submetido à fermentação seguido da destilação para fornecer, então, o etanol.¹⁵

O etanol também pode ser produzido a partir da quebra da celulose para fornecer açúcar, que é, então, submetido à fermentação e destilação. Apesar de promissor, este

método ainda está em fase de pesquisa.¹⁵

Já no método sintético existem dois tipos de processos: I) reação de hidratação indireta do eteno (Esquema 5), que consiste na reação com ácido sulfúrico, seguido da hidrólise do éster sulfúrico formado (c); e II) reação de hidratação direta do eteno (d).^{4,6}

pressão de 9,8 a 34,5 atm. Os gases não absorvidos, principalmente etano e eteno, são separados e tratados para a reciclagem do eteno. Os produtos absorvidos contendo os ésteres sulfúricos são submetidos à hidrólise em colunas com temperatura de 70 a 100 °C. Os produtos voláteis são submetidos a colunas “Stripping” para a



Esquema 5. Reações de obtenção do etanol a partir da hidratação do eteno

O processo de obtenção do etanol através da hidratação indireta (c) baseia-se na passagem do eteno em um absorvedor contendo ácido sulfúrico 94-98% (m/m) na temperatura de 55-80 °C e

retirada dos gases mais voláteis. Em seguida, são lavados com água ou hidróxido de sódio diluído, e, posteriormente, submetidos à destilação para a retirada

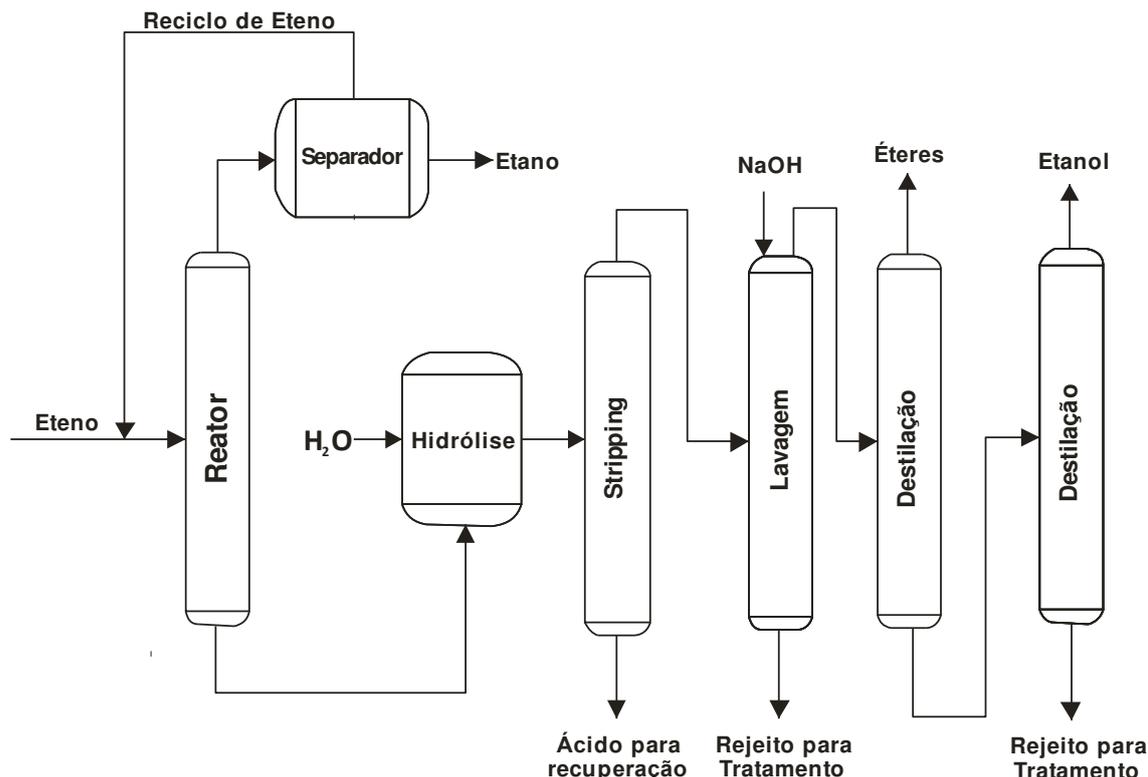


Figura 5. Fluxograma do processo de obtenção do etanol através da hidratação indireta (Adaptado de Chaucel¹⁹)

do éster e obtenção do etanol.^{4,19}

O etanol é obtido por hidratação direta (Figura 6) pela passagem da mistura eteno e água sobre um leito com catalisador, geralmente ácido fosfórico depositado

sobre sílica⁶, na temperatura de 300 °C e pressão de 68 atm. A taxa de conversão para cada passagem no reator é de 4%. Sendo assim, são necessários o excesso e a reciclagem de eteno para que o rendimento global possa chegar a 92%.^{4,6,19} O

eteno utilizado deve ser purificado de modo a evitar a presença de gases inertes, especialmente, de acetileno. Após a passagem pelo reator, os vapores são parcialmente condensados e purificados com água ou soda cáustica para a remoção de traços de

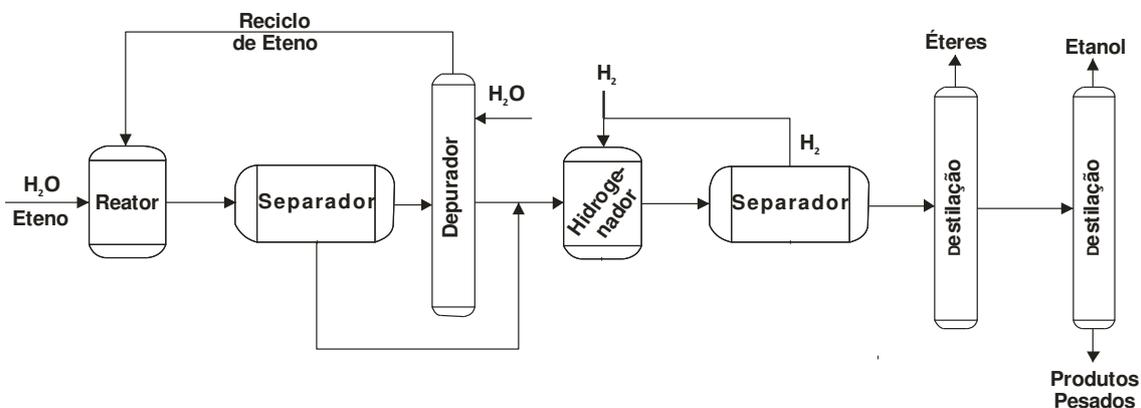


Figura 6: Fluxograma do processo de obtenção do etanol pela hidratação direta (Adaptado de Shreve⁴)

acidez; então, o eteno é reciclado no reator. A mistura líquida contendo água, etanol e éteres é submetida a uma primeira destilação para a retirada dos éteres que são mais leves e, posteriormente, encaminhada para uma segunda coluna de destilação para a retirada do etanol 95% (v/v).¹⁹

É importante destacar que o etanol produzido mundialmente é obtido, principalmente, da cana-de-açúcar e do milho, destacando-se o Brasil como principal produtor de etanol, a partir da cana-de-açúcar, e os Estados Unidos, como o principal produtor, a partir do milho, que juntos correspondem a mais de 70% da produção mundial de etanol. Essa estatística corresponde a aproximadamente 35-40 bilhões de litros de etanol produzidos anualmente por esses países (Figura 2).²⁰ Apesar do Brasil ser hoje o segundo maior produtor de etanol do mundo, atrás apenas dos EUA, ele vem se destacando no cenário mundial. Isso ocorre, devido aos baixos custos de produção do etanol da cana-de-açúcar, quando compar

ado ao processo utilizado nos Estados Unidos a partir do milho, podendo o primeiro alcançar 40% do valor deste último.^{12,21}

O baixo custo da produção do etanol proveniente da cana-de-açúcar está relacionado a um conjunto de fatores, tais como: menor demanda de fertilizantes, maior produção por hectare e menor uso de energia no processo.¹⁵ Ao se avaliar os fatores ambientais, o etanol de cana-de-açúcar apresenta algumas vantagens como, por exemplo, uma maior capacidade de reduzir os gases do efeito estufa (em torno de 70-90%), enquanto que o etanol do milho tem uma menor capacidade de redução (em torno de 20-50%). Além disso, as usinas de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar consomem pouca energia externa, visto que aproveitam a energia gerada pela utilização do bagaço da cana. Porém, uma desvantagem da utilização desse processo, em termos ambientais, é o problema com a água de lavagem que acaba gerando grande quantidade de água contaminada.^{12,22}

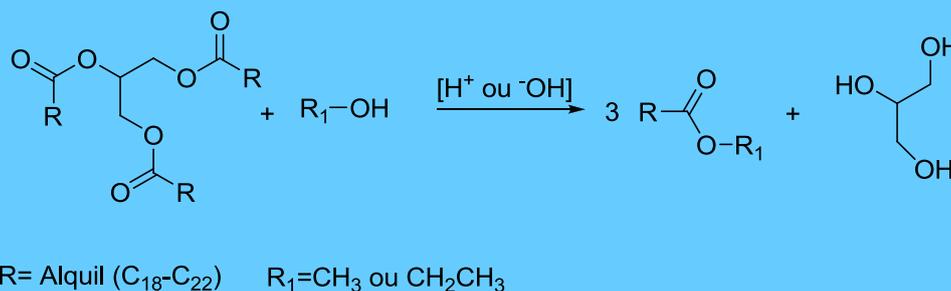
I) Combustível

Entre os anos de 1973 e 1974, a crise mundial do petróleo levou ao aumento excessivo nos preços dos combustíveis fósseis e muitos países incentivaram as pesquisas com combustíveis alternativos e principalmente renováveis.¹² Diante desse cenário, em 1975, o Brasil criou o “Programa Nacional do Álcool” (Próálcool) com o intuito de diminuir as importações de gasolina, devido ao aumento do preço do petróleo, e incentivar a produção e consumo do etanol, principalmente como combustível, a partir de investimentos no desenvolvimento de novas tecnologias no setor sucroalcooleiro.^{12,23,24} Vale lembrar que os estudos científicos nesta área de combustíveis renováveis para motores de explosão foram iniciados em 1923, na então Estação Experimental de Combustíveis e Minérios (EECM), hoje Instituto Nacional de Tecnologia (INT), localizado na Avenida Venezuela, no Centro do Rio de Janeiro. A partir dessa pesquisa foi possível



Esquema 6. Reação de combustão completa do etanol

desenvolver o



Esquema 7. Reação de obtenção do biodiesel

primeiro carro movido a álcool no país. O INT teve participação importante no programa Proálcool, e, atualmente, o instituto realiza pesquisas com biocombustíveis, a partir de matérias primas residuais, comumente conhecidas como biocombustíveis de segunda geração, além de pesquisas com combustíveis fósseis, como petróleo e gás natural.^{23,24}

A fim de promover o aumento do consumo do combustível etanol pela sociedade,

consequentemente favorecer a redução dos impactos ambientais, o governo brasileiro também incentivou a produção do veículo flex ou veículo de combustível duplo, que utiliza tanto o álcool como a gasolina, ou uma mistura de ambos em qualquer proporção. O etanol funciona como segundo combustível e promove o aumento da octanagem da gasolina, possibilitando assim a substituição dos aditivos

poluentes como o chumbo tetraetila ou o *terc*-butilmetil-éter (MTBE) na gasolina.¹⁵ Devido a estes incentivos e também aos benefícios ambientais inerentes ao etanol, houve um aumento de 11% no consumo, entre 2003 e 2008. Porém, nos últimos anos, esse aumento não foi tão significativo, devido ao alto preço associado ao etanol.²⁵ No Esquema 6 encontra-se a reação de combustão do etanol e a quantidade de energia gerada.¹²

II) Produção de Biodiesel

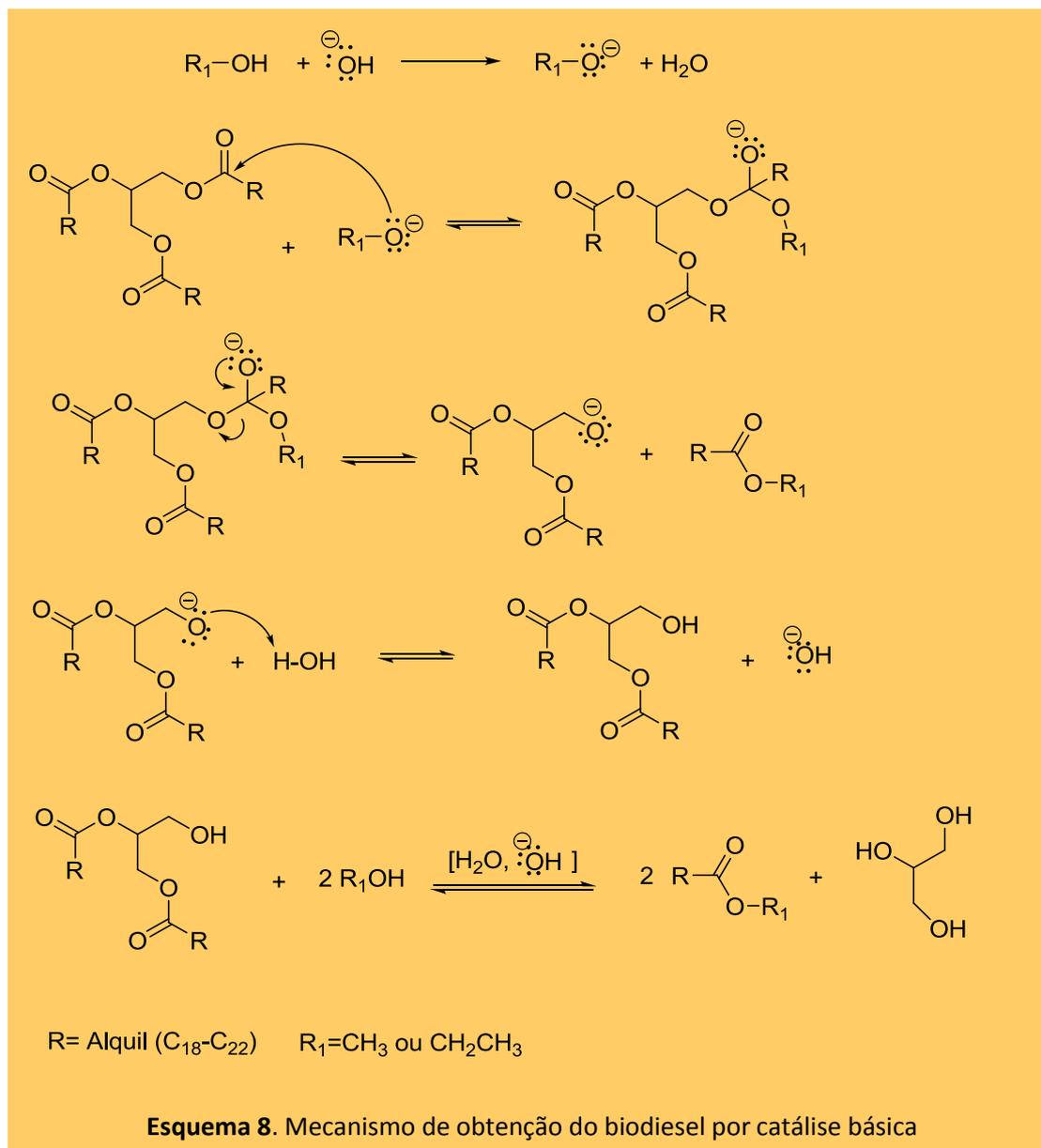
O biodiesel é um combustível biodegradável obtido a partir de fontes renováveis como óleos e gorduras animais²⁶, que consiste em uma mistura de ésteres de metila ou etila.²⁷ O principal método de obtenção do biodiesel consiste em uma reação de transesterificação dos triglicerídeos presentes nos óleos ou gorduras, com metanol ou etanol, em meio

catalítico (catálise ácida ou básica), formando o biodiesel e glicerina, que também tem valor de mercado (Esquema 7).²⁷⁻²⁹

A obtenção do biodiesel por catálise ácida é o método mais utilizado nas indústrias, porque apresenta melhores rendimentos e menor desgaste dos equipamentos nas linhas de produção. Vale destacar que a reação via catálise básica pode apresentar problemas de formação de sabões quando o óleo possui altos teores de ácidos graxos livres.

O mecanismo de reação por catálise básica ocorre conforme a figura abaixo^{27,29}:

A reação de obtenção do biodiesel através da catálise ácida tem menores rendimentos e um custo energético maior. Porém, quando o óleo apresenta ácidos graxos livres, o seu rendimento é superior e não ocorre a formação de sabão, diferente da catálise básica.



O mecanismo de transesterificação ácida para a produção do biodiesel esta descrito abaixo:^{27,29}

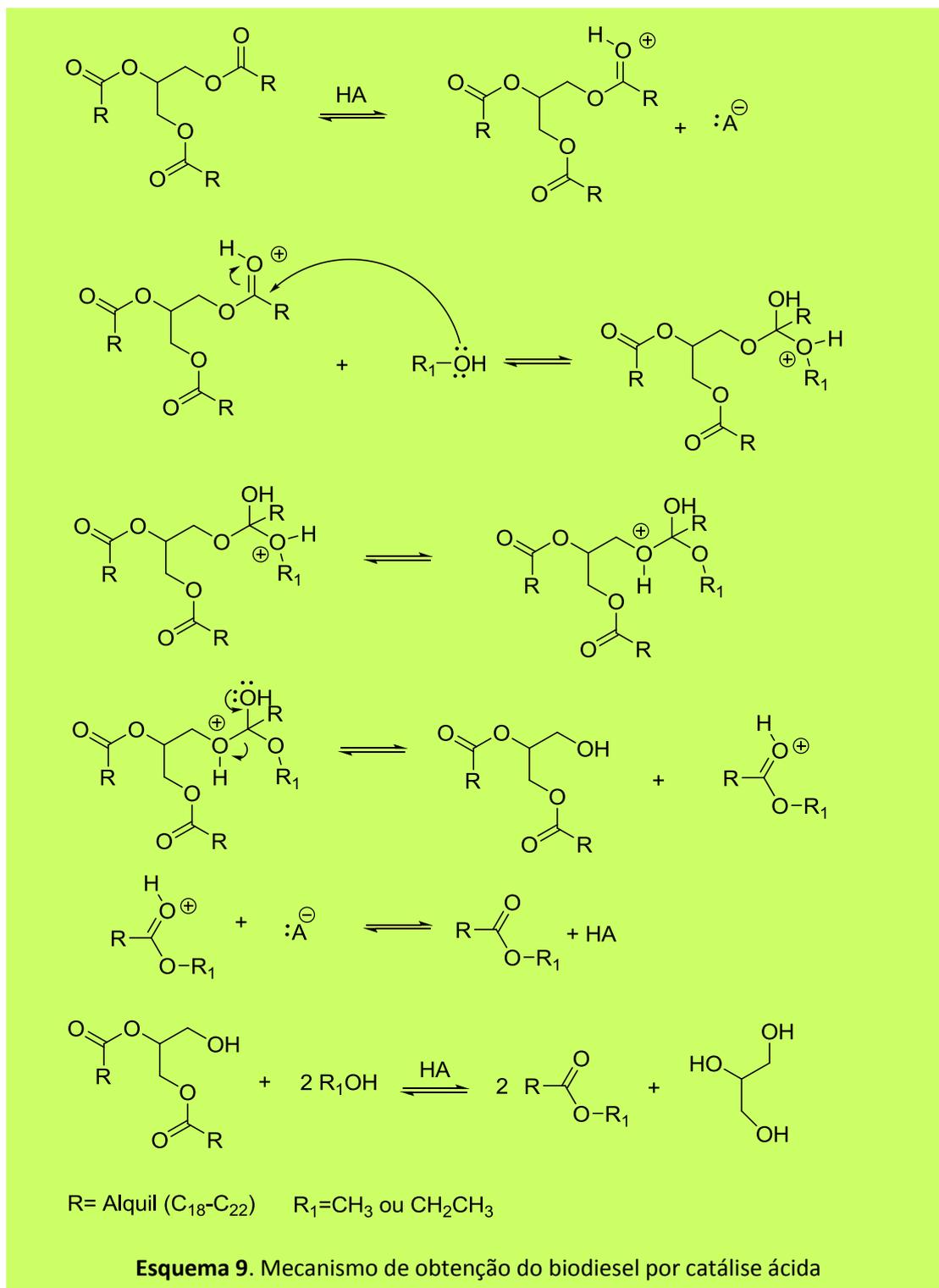
Economicamente, a rota sintética com o metanol é a mais viável devido aos seus menores custos. Entretanto, deve-se destacar que o metanol por ser um derivado da indústria do petróleo e, portanto, proveniente de fontes não renováveis, torna o processo de produção do

biodiesel questionável. Em termos de impacto ambiental, o etanol tem se destacado como reagente preferencial por ter origem da biomassa.^{27,29}

III) Indústria de Bebidas

Outro setor muito importante relacionado ao etanol é a indústria de bebidas, que tem por

objetivo a fermentação parcial dos açúcares presentes nas fontes de matéria-prima, obtendo-se bebidas com um valor agregado maior do que o do etanol puro.^{17,30} Essas bebidas alcoólicas podem ser obtidas por fermentação parcial de diversas matérias-primas e podem ser obtidas em diferentes teores alcoólicos, conforme listados na Tabela 1.³¹



Deve se destacar que a produção mundial de bebidas alcoólicas atinge valores consideráveis, destacando-se o mercado de cervejas que movimenta cerca de R\$ 54 bilhões por

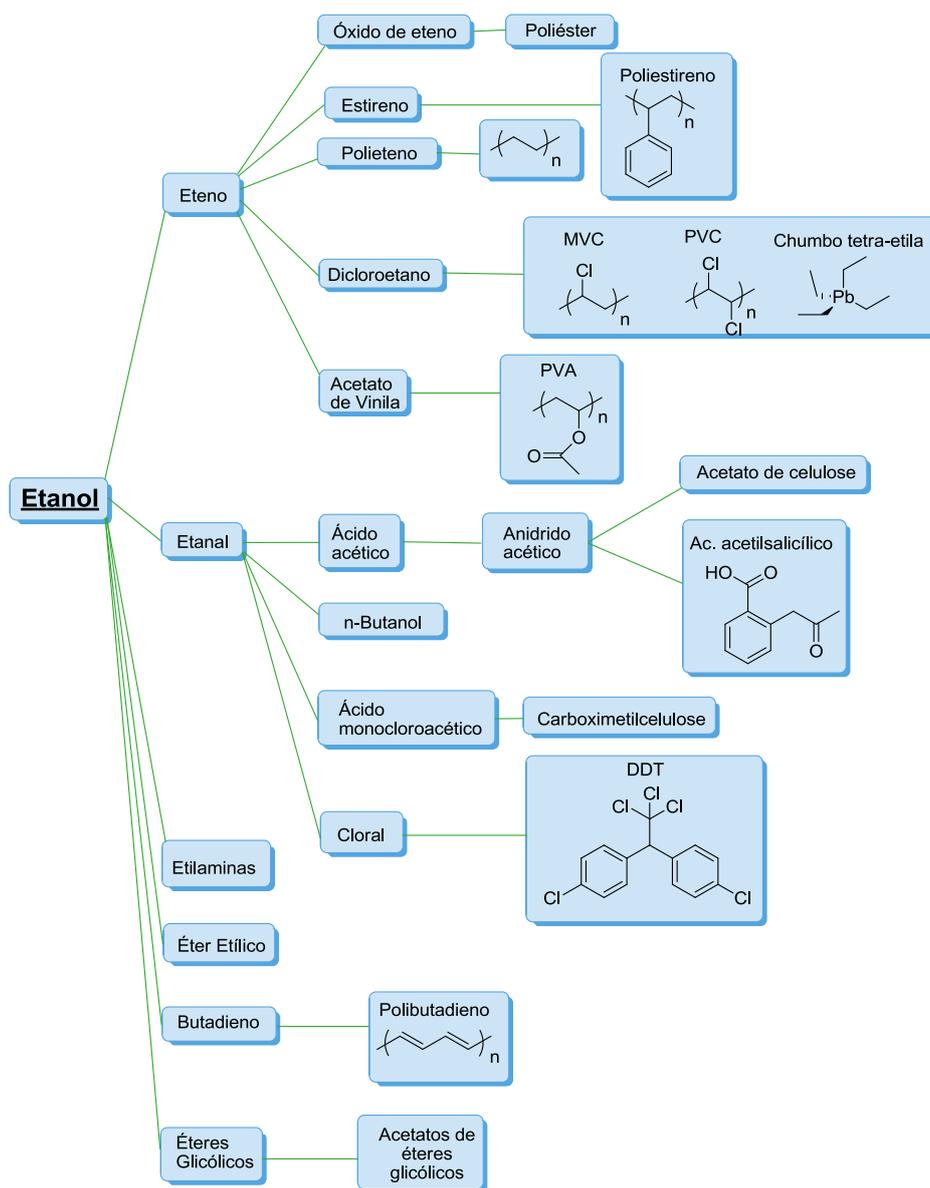
ano, correspondendo a um consumo anual de 1,5 bilhão de hectolitros, e de vinho, que atingiu a produção mundial de 236 milhões de hectolitros em 2004.³²

IV) Outras Aplicações

O etanol é uma matéria-prima bastante útil nas indústrias químicas para a fabricação de inúmeras substâncias de interesse econômico. No fluxograma

Tabela 1. Teor alcoólico e fonte de matéria-prima de algumas bebidas alcoólicas

Bebida	Matéria-prima	Teor alcoólico (°GL)*
Cerveja	Cevada	4
Vinho	Uva	11
Cachaça	Cana-de-açúcar	40
Uísque	Cevada ou Milho	43



Fluxograma 1. Panorama dos compostos orgânicos provenientes do etanol como matéria-prima. (Adaptado de Química verde no Brasil³⁸)

mostrado a seguir estão exemplificados os diferentes tipos de produtos, tendo

como matéria-prima o etanol.³³

Destaca-se, por exemplo, o uso do etanol na produção industrial dos compostos orgânicos: acetato de etila, a

partir da reação conhecida como esterificação de Fischer **(A)**^{34,35}; do éter etílico **(B)** e do etanal, via oxidação catalítica **(C)**. Vale relatar que outros métodos podem ser utilizados na oxidação do etanol a etanal como, por exemplo, a utilização do PDC (dicromato de piridínio), PCC (clorocromato de piridínio), reagente de Swern etc.³⁶ Uma vez sintetizado, o etanal pode ser oxidado a ácido acético **(D)**, amplamente utilizado na indústria química.¹⁹ A partir da reação de cloração do etanol pode-se obter o halogeneto tricloroetanal, também conhecido como cloral, **(E)**,

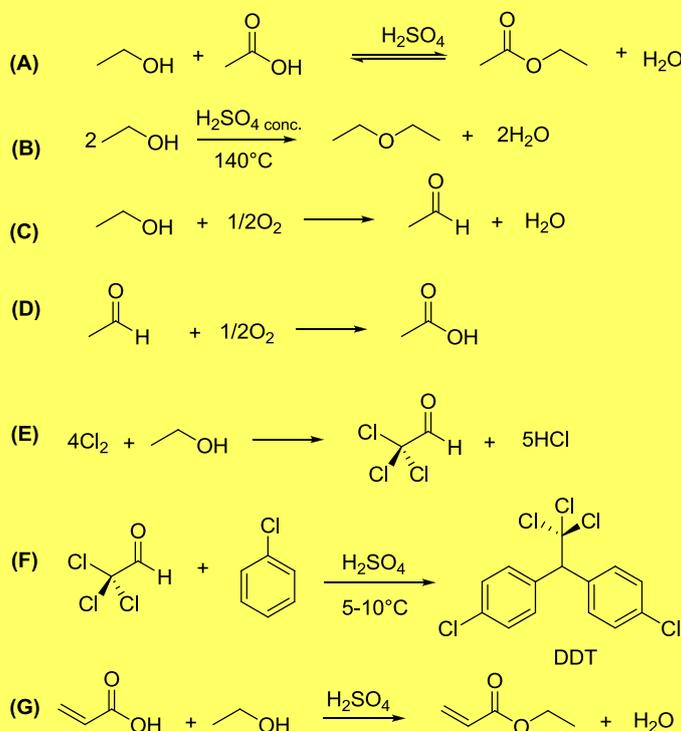
que ao reagir com

clorobenzeno em meio de

ácido sulfúrico catalítico produz o conhecido pesticida DDT (*dicloro-difenil-tricloroetano*) **(F)**.^{19,37} A produção de polímeros e copolímeros a partir de acrilatos é cada vez mais utilizada nas indústrias, e também utiliza o etanol como matéria-prima. O acrilato de etila é preparado a partir da reação de esterificação do ácido acrílico com o etanol **(G)**.¹⁹

Vale relatar a atuação do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) na elaboração de pesquisas em alcoolquímica, com destaque para o Laboratório de

Catálise, chefiado pela tecnóloga Lucia Gorenstin Appel. Nesse laboratório têm sido desenvolvidos projetos relacionados à síntese de compostos orgânicos via etanol, como o acetaldeído, ácido acético e acetato de etila, em uma etapa sintética, a partir do emprego de catalisadores heterogêneos multifuncionais. Estes resultados científicos geraram algumas patentes na área de catálise e inúmeros trabalhos publicados em revistas internacionais, além de trabalhos apresentados em congressos nacionais e internacionais.^{33,38,39}



Esquema 10. Exemplos de transformações químicas envolvendo o etanol como matéria-prima

Por fim, é importante dizer que atualmente vem crescendo o interesse das empresas na sustentabilidade de seus projetos, a partir de recursos renováveis e de baixo custo. Nesse cenário, o etanol brasileiro vem se destacando de forma clara, tornando-se possível a cada dia a consolidação da alcoolquímica brasileira.^{33,39}

Referências bibliográficas

- ¹ O'Neil, M. J.; *Merck Index*, 14a. ed., Merck: Whitehouse Station, New Jersey, 2006.
- ² Russel, J. B.; *Química Geral*, McGraw-Hill do Brasil: São Paulo, 1981.
- ³ Solomons, T. W. G.; Fryhle, C. B.; *Química Orgânica - Volume 1*, 8a. ed., Livros Técnicos e Científicos Editora: Rio de Janeiro, 2006.
- ⁴ Shreve, R. N.; Brink Jr., J. A.; *Indústrias de Processos Químicos*, 4a. ed., Guanabara: Rio de Janeiro, 1997.
- ⁵ Kirk, R. E.; Othmer, D. F.; *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 9, 3a. ed.; Wiley-Interscience: New York, 1980.
- ⁶ Weissermel, K.; Arpe, H., J.; *Industrial Organic Chemistry*, 3a. ed., VHC: Weinheim, 1997.
- ⁷ Ferreira, V. F. *Quim. Nova* **1992**, *15*, 348. [Link]
- ⁸ McMurry, J.; *Organic Chemistry*, 7a. ed., Brooks Cole: Monterey, 2007.
- ⁹ Costa, P. R. R.; Ferreira, V. F.; Esteves, P. M.; Vasconcellos, M. L. A. A.; *Ácidos e Bases em Química Orgânica*, Editora Bookman: Porto Alegre, 2005.
- ¹⁰ Carey, F. A.; Sundberg, R. J.; *Advanced Organic Chemistry, Part A: Structure and Mechanism*, 5a. ed., Springer: New York, 2007.
- ¹¹ Sítio da Energy Information Administration. Disponível em: <<http://www.eia.gov>>. Acesso em: 5 março 2013.
- ¹² Kohlhepp, G.; *Estudos Avançados* **2010**, *24*, 223. [CrossRef]
- ¹³ Amorim, H. V.; Leão, R. M.; *Fermentação alcoólica: ciência e tecnologia*, Fermentec: Piracicaba, 2005.
- ¹⁴ Sítio da Petrobras. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/etanol-sem-fronteira>>. Acesso em: 4 março 2013.
- ¹⁵ Sítio do BNDES. Disponível em: <<http://www.bioetanoldecana.org/pt/download/bioetanol.pdf>>. Acesso em: 7 janeiro 2013.
- ¹⁶ Sítio do Grupo Farias. Disponível em: <<http://www.grupofarias.com.br/fluxograma-industrial.htm>>. Acesso em: 27 janeiro 2013.
- ¹⁷ Coelho, M. A. Z.; Salgado, A. M.; Ribeiro, B. D.; *Tecnologia Enzimática*. EPUB: Petrópolis, 2008.
- ¹⁸ Salla, D. A.; Furlaneto, F. P. B.; Cabello, C.; Kanthack, R. A. D. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* **2010**, *14*, 444. [CrossRef]
- ¹⁹ Chaucel, A.; Lefebvre, G.; *Petrochemical processes: technical and economic characteristics*, vol. 2, Tchrip: Paris, 1989.
- ²⁰ Sallal, D., A.; Furlanetoll, F., P., B.; Cabello, C.; KanthackII, R., A., D. *Ciência Rural* **2009**, *39*, 2516. [CrossRef]
- ²¹ Sítio do Governo Brasileiro. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica/biocombustiveis>>. Acesso em: 9 janeiro 2013.
- ²² Carolo, A., Direto da Usina. Disponível em <<http://www.diretodausina.com.br/conteudo/etanol-de-cana-e-superior-ao-de-milho-e-beterraba>>. Acesso em: 9 janeiro 2013.
- ²³ Castro, M. H. M., Schwartzman, S., Instituto

- Nacional de Tecnologia. Disponível em <http://www.int.gov.br/int9Oanos/historiaINT01.pdf>. Acesso em: 9 março 2013.
- ²⁴ Sítio do Governo Brasileiro. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/so-bre/ciencia-e-tecnologia/unidades-de-pesquisa/instituto-nacional-de-tecnologia-int>. Acesso em: 26 fevereiro 2013.
- ²⁵ Milanez, A. Y., Nyko, D., Garcia, J. L. F., Reis, B. L. S. F. S., BNDES. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3508.pdf. Acesso em 14 janeiro 2013.
- ²⁶ Sítio do Governo Brasileiro. Disponível em http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/o_biodiesel.html. Acesso em: 15 janeiro 2013.
- ²⁷ Suarez, P. A. Z.; Meneghetti, S. M. P.; Meneghetti, M. R.; Wolf, C. R. *Quim. Nova* **2007**, *30*, 667. [CrossRef]
- ²⁸ Santos, A. P. B.; Pinto, A. C.; *Química Nova Na Escola* **2009**, *31*, 58. [Link]
- ²⁹ Ramos, L. P.; Silva, F. R.; Mangrich, A. S.; Cordeiro, C. S. *Rev. Virtual Quim.* **2011**, *3*, 385. [Link]
- ³⁰ Aquarone, A.; Borzani, W.; Schmidell, W.; Lima, U. A.; *Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na produção de alimentos*, Vol. 04, Editora Edgard Blucher: São Paulo, 2001.
- ³¹ Verani, C. N.; Gonçalves, D. R.; Nascimento, M. G. *Química Nova Na Escola* **2000**, *12*, 15. [Link]
- ³² Rosa, S. E. S., Cosenza, J. P., Leão, L. T. S., BNDES. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2304.pdf. Acesso em: 16 janeiro 2013.
- ³³ Química verde no Brasil: 2010-2030 - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: Brasília, 2010. [Link]
- ³⁴ Pattanaik, B. N.; Mandalia, H. C.; *Int. J. Curr. Res. Rev.* **2011**, *3*, 23. [Link]
- ³⁵ Barcza, M. V., Apostila de Processos Químicos Industriais III. Disponível em: <http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/Esterificacao.pdf>. Acesso em: 14 janeiro 2013.
- ³⁶ Cunha, A. C.; Paixão, F. M.; Souza, M. C. B. V.; Ferreira, V. F. *Quím. Nova* **2006**, *29*, 520. [CrossRef]
- ³⁷ Sánchez, A. I.; Hernando, M. D.; Vaquero, J. J.; García, E.; Navas, J. M. J. *Environ. Protect.*, **2010**, *1*, 231. [Link]
- ³⁸ Sítio do Instituto Nacional de Tecnologia. Disponível em: http://www.int.gov.br/Novo/Quimica_Catalise/quimica.html. Acesso em 10 janeiro 2013.
- ³⁹ Sítio do Instituto Nacional de Tecnologia. Disponível em: <http://www.int.gov.br/noticias/pesquisadora-fala-sobre-novo-contexto-do-etanol-na-industria-quimica>. Acesso em 26 fevereiro 2013.

Ethanol (CAS No 64-17-5)

Abstract: Ethanol is a raw material very useful for the manufacturing of many chemicals of economic interest. Among these are ethanal, acetic acid, ethyl acetate, ethylene, ethylene dibromide, glycols, ethyl ether etc. In this work we present examples of methodologies of industrial synthesis of ethanol, and describe some of its major applications, including the production of alcoholic beverages and biofuel.

Keywords: Ethanol; industrial syntheses; applications.

Resumo: O etanol é uma matéria-prima bastante útil para a fabricação de inúmeras substâncias de interesse econômico em diversos setores da indústria química. Dentre elas, destacam-se etanal, ácido acético, acetato de etila, etileno, dibrometo de etileno, glicóis, éter etílico etc. Neste trabalho apresentamos exemplos de metodologias de síntese industrial do etanol e algumas de suas principais aplicações, incluindo a produção de bebidas alcoólicas e biocombustível.

palavras-chave: Etanol; síntese industrial; aplicações.



✉ wandersonmarinati@hotmail.com

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Química Orgânica, Programa de Pós-Graduação em Química, Outeiro de São João Batista, s/n, CEP 24020-141, Niterói-RJ, Brasil.

Wanderson Amaral da Silva é bolsista de Mestrado do programa de pós graduação em química da UFF. Possui graduação em Química pela Universidade Federal Fluminense (2011). Tem experiência na área de Química, com ênfase em Síntese Orgânica, atuando principalmente nos seguintes temas: naftoquinona, carboidratos, fitofármacos, isoquinolina, espectrofotometria, absorção atômica, síntese. Teve ingresso no curso de mestrado em química pelo Instituto de Química da Universidade Federal Fluminense, onde desenvolve sua tese na área de Síntese e Caracterização de Naftotriazóis e Derivados da Isoquinolina no Laboratório de Compostos Bioativos (LaCBio) sob orientação dos professores Dra. Anna Claudia Cunha e Dr. Vítor Francisco Ferreira.



✉ viniciusquimicauff@hotmail.com

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Química Orgânica, Programa de Pós-Graduação em Química, Outeiro de São João Batista, s/n, CEP 24020-141, Niterói-RJ, Brasil.

Vinicius Rangel Campos é bolsista de Doutorado do programa de pós graduação em química da UFF. Possui graduação em Química pela Universidade Federal Fluminense (2009). Obteve seu título de mestre em Química pela Universidade Federal Fluminense em 2011. Tem experiência na área de síntese orgânica, atuando principalmente nos seguintes temas: 1,2,3-triazóis, carboidratos, aminonaftoquinonas, antifúngicos e agentes citotóxicos. Teve ingresso no curso de doutorado em química pelo Instituto de Química da Universidade Federal Fluminense, onde desenvolve sua tese na área de Síntese e Caracterização de Compostos Orgânicos no Laboratório de Compostos Bioativos (LaCBio) sob orientação dos professores Dra. Anna Claudia Cunha e Dr. Vítor Francisco Ferreira.