

1. (Enem 2014) O potencial brasileiro para transformar lixo em energia permanece subutilizado — apenas pequena parte dos resíduos brasileiros é utilizada para gerar energia. Contudo, bons exemplos são os aterros sanitários, que utilizam a principal fonte de energia ali produzida. Alguns aterros vendem créditos de carbono com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Kyoto.

Essa fonte de energia subutilizada, citada no texto, é o

- a) etanol, obtido a partir da decomposição da matéria orgânica por bactérias.
- b) gás natural, formado pela ação de fungos decompositores da matéria orgânica.
- c) óleo de xisto, obtido pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias.
- d) gás metano, obtido pela atividade de bactérias anaeróbias na decomposição da matéria orgânica.
- e) gás liquefeito de petróleo, obtido pela decomposição de vegetais presentes nos restos de comida.

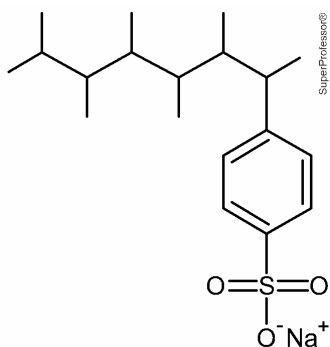
2. (Enem 2023 - Adaptada) A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos de cadeias saturadas contendo de 5 a 10 átomos de carbono. Além disso, a gasolina de alto desempenho deve conter elevados teores de hidrocarbonetos de cadeias ramificadas, de forma a resistir à compressão e entrar em ignição apenas quando a vela aciona uma centelha elétrica no motor. No quadro, estão apresentados compostos que podem ser utilizados como combustíveis.

Composto	Nomenclatura
I	n-decano
II	n-heptano
III	2,2,4-trimetilpentano
IV	3-etil-4-metilex-1-eno
V	3-etil-2-metilpentan-1-ol

Entre esses compostos, aquele que conferirá maior desempenho como combustível é o

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) IV.
- e) V.

3. (Enem 2023) O descarte de detergentes comuns nos esgotos domésticos ocasiona a formação de uma camada de espuma que impede a entrada de oxigênio na água. Os microrganismos que vivem nessas águas não são capazes de quebrar moléculas ramificadas, ocorrendo assim um desequilíbrio ambiental nos rios. A fórmula a seguir representa a estrutura química de um tensoativo presente na composição de um detergente não biodegradável.

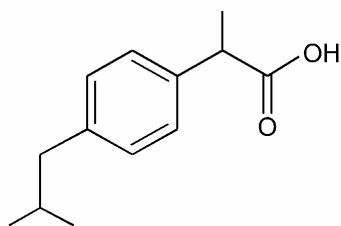


Tensoativo não biodegradável

Qual modificação química na estrutura desse tensoativo o tornaria um detergente biodegradável?

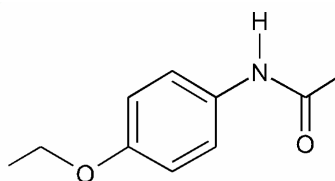
- a) Retirar a parte polar da molécula.
- b) Eliminar as insaturações do anel aromático.
- c) Trocar o grupo aniônico por um grupo neutro.
- d) Alterar o grupo aniônico por um grupo catiônico.
- e) Modificar a cadeia carbônica para cadeia normal.

4. (Enem 2023) Entre os medicamentos mais comuns consumidos para o alívio da dor está o ibuprofeno, um composto quiral com ação anti-inflamatória e efeito analgésico, que é comercializado como fármaco opticamente puro, ou seja, sem a mistura com outro isômero óptico. A fórmula estrutural plana do ibuprofeno é:

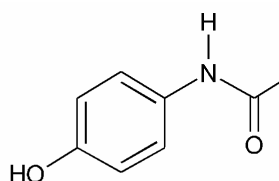


Ibuprofeno

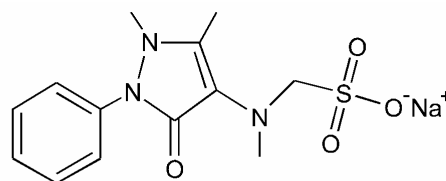
Além do ibuprofeno, destacam-se também os princípios ativos a seguir, presentes em outros medicamentos para o alívio da dor:



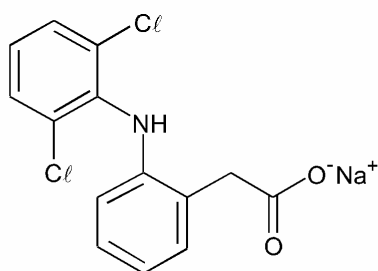
Fenacetina



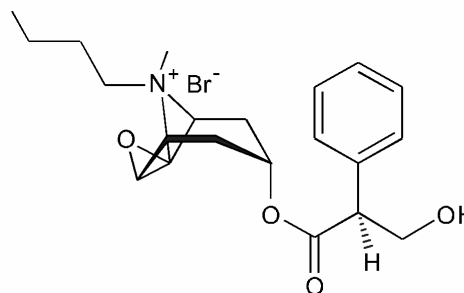
Paracetamol



Dipirona sódica



Diclofenaco sódico



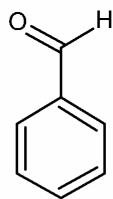
Butilbrometo de escopolamina

SuperProfessor®

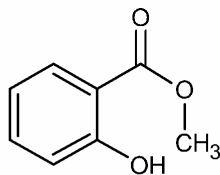
O princípio ativo que apresenta o mesmo tipo de isomeria espacial que o ibuprofeno é o(a)

- a) fenacetina.
- b) paracetamol.
- c) dipirona sódica.
- d) diclofenaco sódico.
- e) butilbrometo de escopolamina.

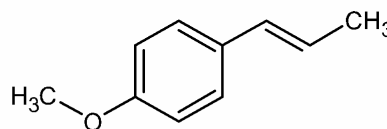
5. (Enem 2022) De modo geral, a palavra “aromático” invoca associações agradáveis, como cheiro de café fresco ou de um pão doce de canela. Associações similares ocorriam no passado da história da química orgânica, quando os compostos ditos “aromáticos” apresentavam um odor agradável e foram isolados de óleos naturais. À medida que as estruturas desses compostos eram elucidadas, foi se descobrindo que vários deles continham uma unidade estrutural específica. Os compostos aromáticos que continham essa unidade estrutural tornaram-se parte de uma grande família, muito mais com base em suas estruturas eletrônicas do que nos seus cheiros, como as substâncias a seguir, encontradas em óleos vegetais.



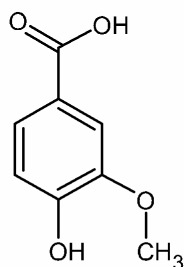
**Benzaldeído**  
(no óleo de amêndoas)



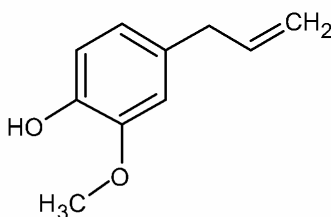
**Salicilato de metila**  
(no óleo de gaultéria)



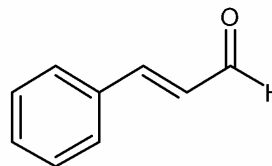
**Anetol**  
(no óleo de anis)



**Vanilina**  
(no óleo de baunilha)



**Eugenol**  
(no óleo de cravos)



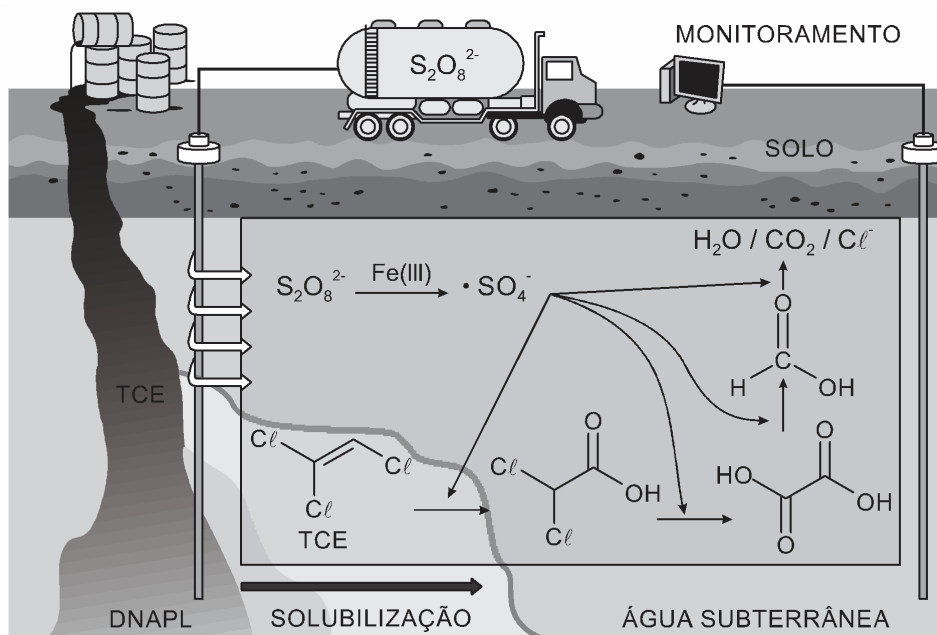
**Cinamalaldeído**  
(no óleo de canela)

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Química orgânica*. Rio de Janeiro: LTC, 2009 (adaptado).

A característica estrutural dessa família de compostos é a presença de

- a) ramificações.
- b) insaturações.
- c) anel benzênico.
- d) átomos de oxigênio.
- e) carbonos assimétricos.

6. (Enem 2022) A figura ilustra esquematicamente um processo de remediação de solos contaminados com tricloroetano (TCE), um agente desengraxante. Em razão de vazamentos de tanques de estocagem ou de manejo inapropriado de resíduos industriais, ele se encontra presente em águas subterrâneas, nas quais forma uma fase líquida densa não aquosa (DNAPL) que se deposita no fundo do aquífero. Essa tecnologia de descontaminação emprega o íon persulfato ( $S_2O_8^{2-}$ ), que é convertido no radical  $SO_4^{\cdot-}$  por minerais que contêm Fe(III). O esquema representa de forma simplificada o mecanismo de ação química sobre o TCE e a formação dos produtos de degradação.



BERTAGI, L. T.; BASÍLIO, A. O.; PERALTA-ZAMORA., P. Aplicações ambientais de persulfato: remediação de águas subterrâneas e solos contaminados. *Química Nova*, n. 9, 2021 (adaptado).

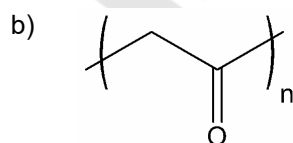
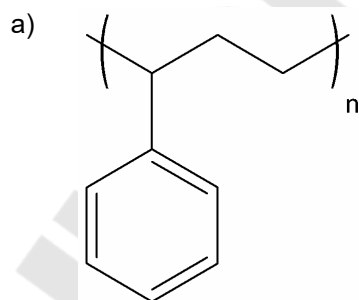
Esse procedimento de remediação de águas subterrâneas baseia-se em reações de

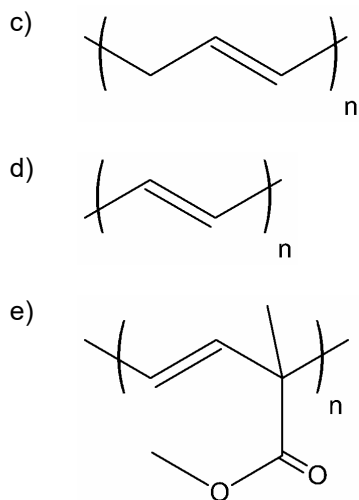
- oxirredução.
- substituição.
- precipitação.
- desidratação.
- neutralização.

7. (Enem 2021) O Prêmio Nobel de Química de 2000 deve-se à descoberta e ao desenvolvimento de polímeros condutores. Esses materiais têm ampla aplicação em novos dispositivos eletroluminescentes (LEDs), células fotovoltaicas etc. Uma propriedade-chave de um polímero condutor é a presença de ligações duplas conjugadas ao longo da cadeia principal do polímero.

ROCHA FILHO, R C. Polímeros condutores: descoberta e aplicações. *Química Nova na Escola*, n. 12, 2000 (adaptado).

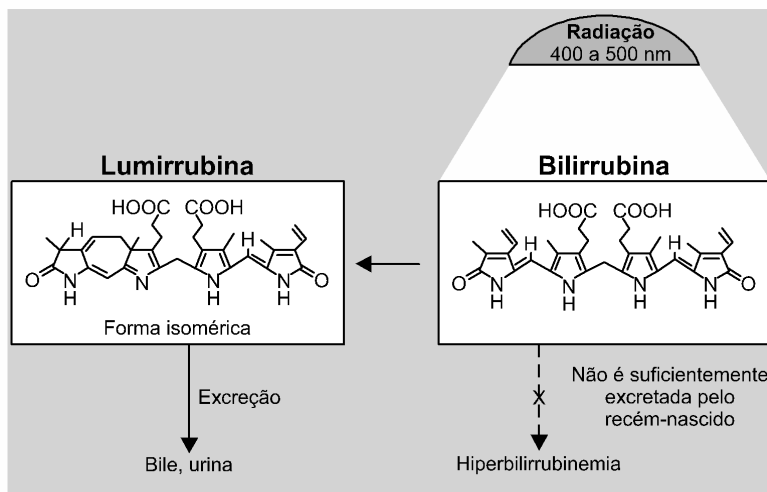
Um exemplo desse polímero é representado pela estrutura





8. (Enem 2021) A icterícia, popularmente conhecida por amarelão, é uma patologia frequente em recém-nascidos. Um bebê com icterícia não consegue metabolizar e excretar de forma eficiente a bilirrubina. Com isso, o acúmulo dessa substância deixa-o com a pele amarelada. A fototerapia é um tratamento da icterícia neonatal, que consiste na irradiação de luz no bebê. Na presença de luz, a bilirrubina é convertida no seu isômero lumirrubina que, por ser mais solúvel em água, é excretada pela bile ou pela urina. A imagem ilustra o que ocorre nesse tratamento.

MOREIRA, M. et al. *O recém-nascido de alto risco: teoria e prática do cuidar* [on-line]. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2004 (adaptado).



WANG, J. et al. Challenges of phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine*. n. 21, 2021 (adaptado).

Na fototerapia, a luz provoca a conversão da bilirrubina no seu isômero

- a) ótico.
- b) funcional.
- c) de cadeia.
- d) de posição.
- e) geométrico.

9. (Enem 2021) Com o objetivo de proporcionar aroma e sabor a diversos alimentos, a indústria alimentícia se utiliza de flavorizantes. Em geral, essas substâncias são ésteres, como as apresentadas no quadro.

Nome	Fórmula	Aroma
Benzoato de metila	$C_6H_5CO_2CH_3$	Kiwi
Acetato de isoamila	$CH_3CO_2(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	Banana
Acetato de benzila	$CH_3CO_2CH_2C_6H_5$	Pêssego
Propanoato de isobutila	$CH_3CH_2CO_2CH_2CH(CH_3)_2$	Rum
Antranilato de metila	$C_6H_4NH_2CO_2CH_3$	Uva

O aroma do flavorizante derivado do ácido etanoico e que apresenta cadeia carbônica saturada é de

- a) kiwi
- b) banana.
- c) pêssego.
- d) rum.
- e) uva.

10. (Enem 2021) A simples atitude de não jogar direto no lixo ou no ralo da pia o óleo de cozinha usado pode contribuir para a redução da poluição ambiental. Mas o que fazer com o óleo vegetal que não será mais usado? Não existe um modelo ideal de descarte, mas uma alternativa simples tem sido reaproveitá-lo para fazer sabão. Para isso, são necessários, além do próprio óleo, água e soda cáustica.

LOBO, I. *Sabão feito com óleo de cozinha*. Disponível em: <http://pqa.pgr.mpf.gov.br>. Acesso em: 29 fev. 2012 (adaptado).

Com base no texto, a reação química que permite o reaproveitamento do óleo vegetal é denominada

- a) redução.
- b) epoxidação.
- c) substituição.
- d) esterificação.
- e) saponificação.

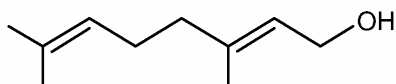
11. (Enem 2021) Com o aumento da população de suínos no Brasil, torna-se necessária a adoção de métodos para reduzir o potencial poluidor dos resíduos dessa agroindústria, uma vez que, comparativamente ao esgoto doméstico, os dejetos suínos são 200 vezes mais poluentes. Sendo assim, a utilização desses resíduos como matéria-prima na obtenção de combustíveis é uma alternativa que permite diversificar a matriz energética nacional, ao mesmo tempo em que parte dos recursos hídricos do país são preservados.

BECK, A. M. Resíduos suínos como alternativa energética sustentável. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. *Anais ENEGEP*, Foz do Iguaçu, 2007 (adaptado).

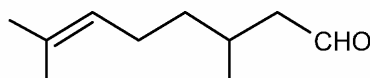
O biocombustível a que se refere o texto é o

- a) etanol.
- b) biogás.
- c) butano.
- d) metanol.
- e) biodiesel.

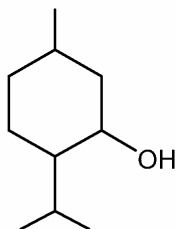
12. (Enem 2020) Um microempresário do ramo de cosméticos utiliza óleos essenciais e quer produzir um creme com fragrância de rosas. O principal componente do óleo de rosas tem cadeia poli-insaturada e hidroxila em carbono terminal. O catálogo dos óleos essenciais apresenta, para escolha da essência, estas estruturas químicas:



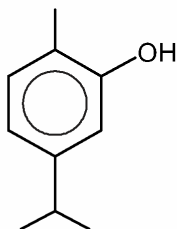
(1)



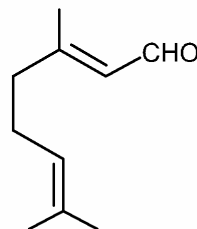
(2)



(3)



(4)



(5)

Qual substância o empresário deverá utilizar?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

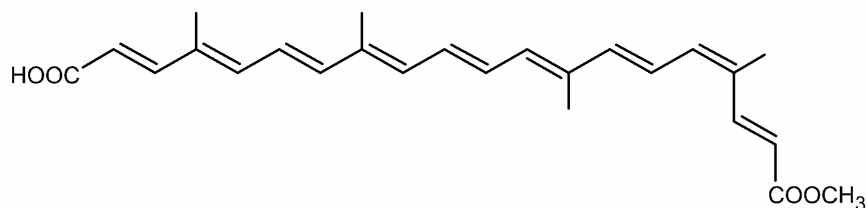
13. (Enem 2020) A enorme quantidade de resíduos gerados pelo consumo crescente da sociedade traz para a humanidade uma preocupação socioambiental, em especial pela quantidade de lixo produzido. Além da reciclagem e do reuso, pode-se melhorar ainda mais a qualidade de vida, substituindo polímeros convencionais por polímeros biodegradáveis.

Esses polímeros têm grandes vantagens socioambientais em relação aos convencionais porque

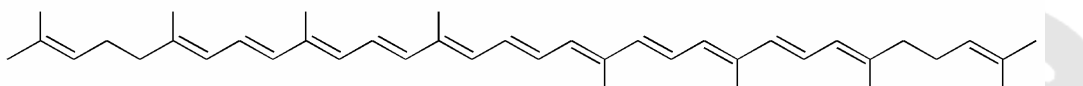
- a) não são tóxicos.
- b) não precisam ser reciclados.
- c) não causam poluição ambiental quando descartados.
- d) são degradados em um tempo bastante menor que os convencionais.
- e) apresentam propriedades mecânicas semelhantes aos convencionais.

14. (Enem 2019 - Adaptada) A utilização de corantes na indústria de alimentos é bastante difundida e a escolha por corantes naturais vem sendo mais explorada por diversas razões. A seguir são mostradas três estruturas de corantes naturais.

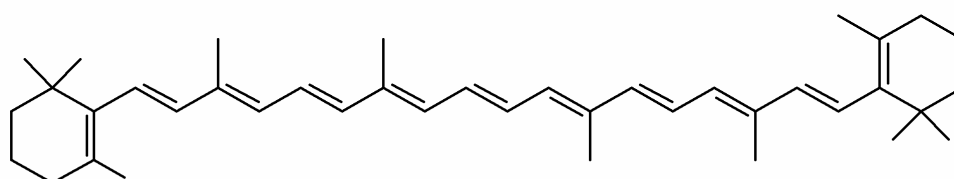




Bixina (presente no urucum)



Licopeno (presente no tomate)



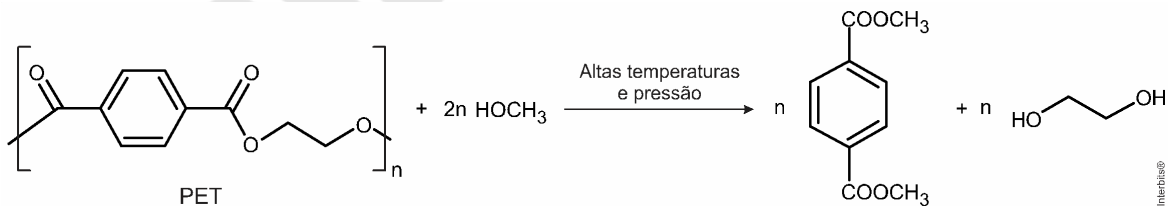
$\beta$ -caroteno (presente na cenoura e na laranja)

HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, n. 3, 2013.

A característica comum às estruturas representadas, que confere sua baixa solubilidade em água é

- a) as conjugações na cadeia carbônica.
- b) as ramificações na cadeia carbônica.
- c) grande quantidade de carbonos nas cadeias principais.
- d) grande quantidade de ligações duplas de configuração cis.
- e) grande quantidade átomos de carbonos de hibridação  $sp^2$ .

15. (Enem 2019 - Adaptada) Uma das técnicas de reciclagem química do polímero PET [poli(tereftalato de etileno)] gera o tereftalato de metila e o etanodiol, conforme o esquema de reação, e ocorre por meio de uma reação de transesterificação.

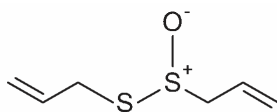


O produto aromático, representado no esquema de reação, pertence à função orgânica

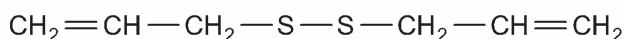
- a) álcool.
- b) ácido carboxílico.
- c) éster.
- d) éter.
- e) cetona.

16. (Enem 2019) O odor que permanece nas mãos após o contato com alho pode ser eliminado pela utilização de um “sabonete de aço inoxidável”, constituído de aço inox (74%), cromo e níquel. A principal vantagem desse “sabonete” é que ele não se desgasta com o uso.

Considere que a principal substância responsável pelo odor de alho é a alicina (estrutura I) e que, para que o odor seja eliminado, ela seja transformada na estrutura II.



Estrutura I



Estrutura II

Na conversão de I em II, o “sabonete” atuará como um

- a) ácido.
- b) redutor.
- c) eletrólito.
- d) tensoativo.
- e) catalisador.

17. (Enem 2019 - Adaptada) Os hidrocarbonetos são moléculas orgânicas com uma série de aplicações industriais. Por exemplo, eles estão presentes em grande quantidade nas diversas frações do petróleo e normalmente são separados por destilação fracionada, com base em suas temperaturas de ebulição.

O quadro apresenta as principais frações obtidas na destilação do petróleo em diferentes faixas de temperaturas.

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produtos	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ )
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	$\text{C}_1$ a $\text{C}_4$
2	30 a 180	Gasolina	$\text{C}_6$ a $\text{C}_{12}$
3	170 a 290	Querosene	$\text{C}_{11}$ a $\text{C}_{16}$
4	260 a 350	Óleo diesel	$\text{C}_{14}$ a $\text{C}_{18}$

SANTA MARIA, L. C. et al. Petróleo: um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n.15, maio 2002 (adaptado).

Na fração 1, a separação dos compostos ocorre em temperaturas mais baixas porque

- a) suas densidades são maiores em relação às outras frações.
- b) o número de ramificações é maior em relação às outras frações.
- c) suas cadeias carbônicas apresentam carbonos com hibridização  $\text{sp}^3$ .
- d) as forças intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio são menos intensas.
- e) as forças intermoleculares do tipo van der Waals são menos intensas.

18. (Enem 2018) As abelhas utilizam a sinalização química para distinguir a abelha-rainha de uma operária, sendo capazes de reconhecer diferenças entre moléculas. A rainha produz o sinalizador químico conhecido como ácido 9-hidroxidec-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias produzem ácido 10-hidroxidec-2-enoico. Nós podemos distinguir as abelhas-operárias e rainhas por sua aparência, mas, entre si, elas usam essa sinalização química para perceber a diferença. Pode-se dizer que veem por meio da química.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006 (adaptado).

As moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária possuem diferença na

- a) fórmula estrutural.
- b) fórmula molecular.
- c) identificação dos tipos de ligação.
- d) contagem do número de carbonos.
- e) identificação dos grupos funcionais.

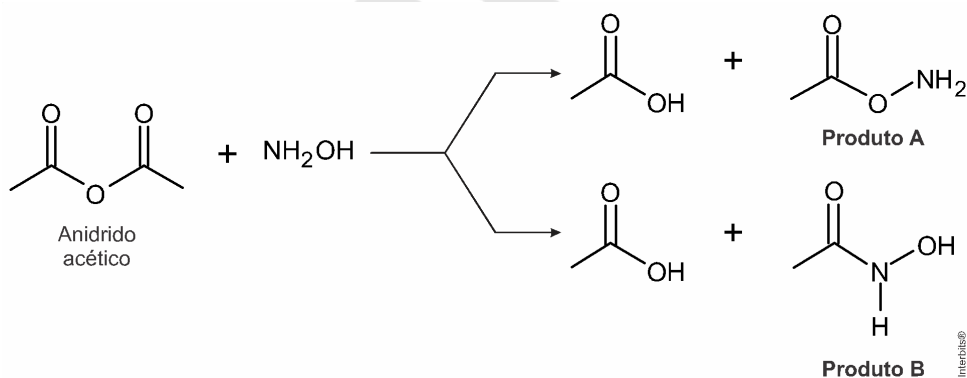
19. (Enem 2018 - Adaptada) As abelhas utilizam a sinalização química para distinguir a abelha-rainha de uma operária, sendo capazes de reconhecer diferenças entre moléculas. A rainha produz o sinalizador químico conhecido como ácido 9-hidroxidec-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias produzem ácido 10-hidroxidec-2-enoico. Nós podemos distinguir as abelhas-operárias e rainhas por sua aparência, mas, entre si, elas usam essa sinalização química para perceber a diferença. Pode-se dizer que veem por meio da química.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006 (adaptado).

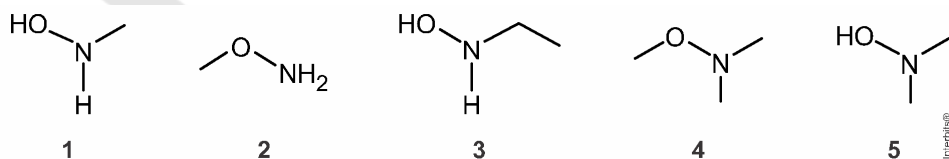
Em condições adequadas, as moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária podem ser neutralizadas por

- a) metanol.
- b) dietiléter.
- c) anidrido acético.
- d) hidróxido de potássio.
- e) cloreto de sódio.

20. (Enem 2018) A hidroxilamina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ) é extremamente reativa em reações de substituição nucleofílica, justificando sua utilização em diversos processos. A reação de substituição nucleofílica entre o anidrido acético e a hidroxilamina está representada.



O produto A é favorecido em relação ao B, por um fator de  $10^5$ . Em um estudo de possível substituição do uso de hidroxilamina, foram testadas as moléculas numeradas de 1 a 5.



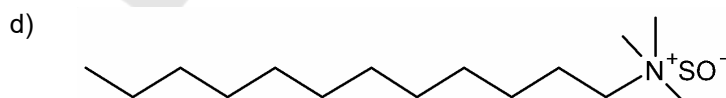
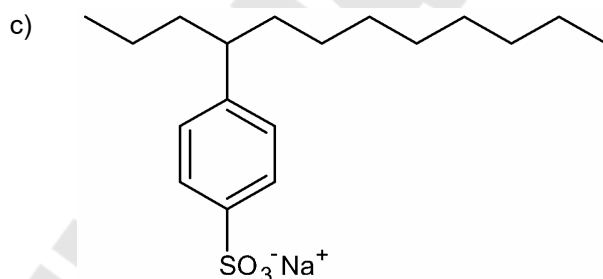
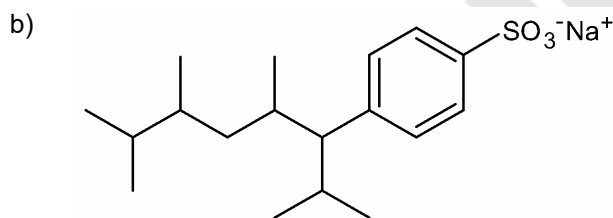
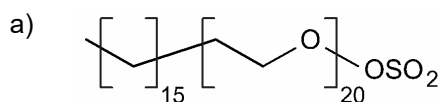
Dentre as moléculas testadas, qual delas apresentou menor reatividade?

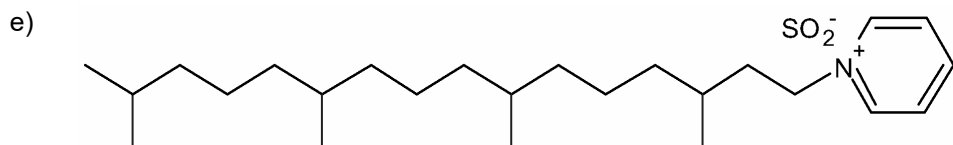
- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

21. (Enem 2018 - Adaptada) Tensoativos são compostos orgânicos que possuem comportamento anfifílico, isto é, possuem duas regiões, uma hidrofóbica e outra hidrofílica. O principal tensoativo aniônico sintético surgiu na década de 1940 e teve grande aceitação no mercado de detergentes em razão do melhor desempenho comparado ao do sabão. No entanto, o uso desse produto provocou grandes problemas ambientais, dentre eles a resistência à degradação biológica, por causa dos diversos carbonos terciários na cadeia que compõe a porção hidrofóbica desse tensoativo aniônico. As ramificações na cadeia dificultam sua degradação, levando à persistência no meio ambiente por longos períodos. Isso levou a sua substituição na maioria dos países por tensoativos biodegradáveis, ou seja, com cadeias alquílicas lineares.

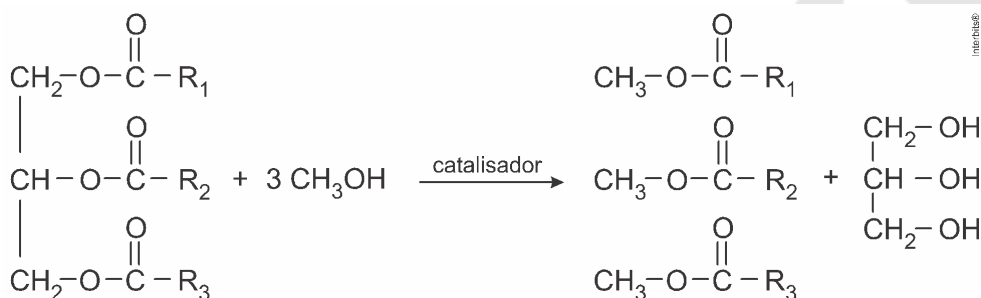
PENTEADO, J. C. P.; EL SEOUD, O. A.; CARVALHO, L. R. F. [ ... ]: uma abordagem ambiental e analítica. *Química Nova*, n. 5, 2006 (adaptado).

Qual a fórmula estrutural do tensoativo do grupo sulfonato que pode causar menos danos ao meio ambiente?





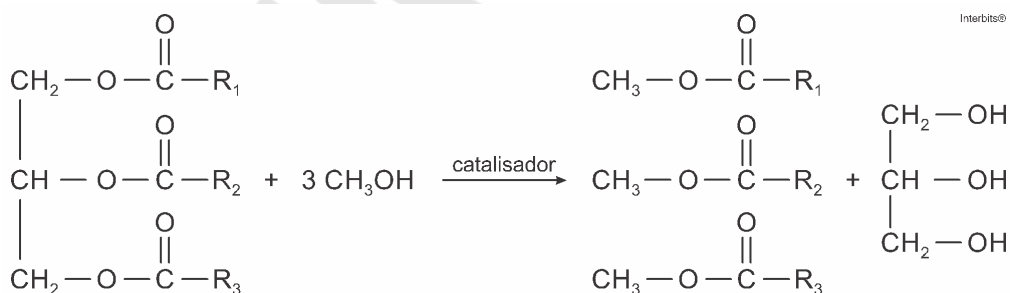
22. (Enem 2017 - Adaptada) O biodiesel é um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, que surgiu como alternativa ao uso do diesel de petróleo para motores de combustão interna. Ele pode ser obtido pela reação entre triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais, entre outros, e alcoóis de baixa massa molar, como o metanol ou etanol, na presença de um catalisador. Neste processo forma-se, também, um subproduto muito utilizado na indústria.



Os nomes da reação representada e do subproduto formado são, respectivamente,

- Esterificação e glicol.
- Esterificação e glicerina.
- Transesterificação e glicol.
- Transesterificação e glicerina.
- Oxidação e propanotriol.

23. (Enem 2017) O biodiesel é um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, que surgiu como alternativa ao uso do diesel de petróleo para motores de combustão interna. Ele pode ser obtido pela reação entre triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais, entre outros, e álcoois de baixa massa molar, como o metanol ou etanol, na presença de um catalisador, de acordo com a equação química:

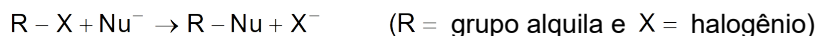


A função química presente no produto que representa o biodiesel é

- éter.
- éster.
- álcool.
- cetona.
- ácido carboxílico.

24. (Enem 2016) Nucleófilos ( $\text{Nu}^-$ ) são bases de Lewis que reagem com haletos de alquila,

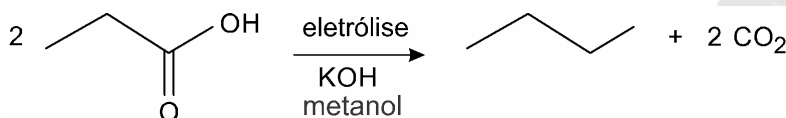
por meio de uma reação chamada substituição nucleofílica ( $S_N$ ), como mostrado no esquema:



A reação de  $S_N$  entre metóxido de sódio ( $Nu^- = CH_3O^-$ ) e brometo de metila fornece um composto orgânico pertencente à função

- éter.
- éster.
- álcool.
- haletto.
- hidrocarboneto.

25. (Enem 2015) Hidrocarbonetos podem ser obtidos em laboratório por descarboxilação oxidativa anódica, processo conhecido como eletrossíntese de Kolbe. Essa reação é utilizada na síntese de hidrocarbonetos diversos, a partir de óleos vegetais, os quais podem ser empregados como fontes alternativas de energia, em substituição aos hidrocarbonetos fósseis. O esquema ilustra simplificadamente esse processo.

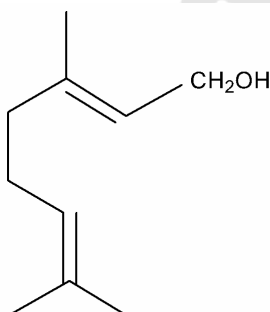


AZEVEDO, D. C.; GOULART, M. O. F. Estereosseletividade em reações eletródicas. *Química Nova*, n. 2, 1997 (adaptado).

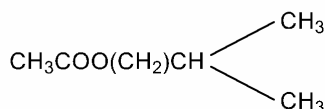
Com base nesse processo, o hidrocarboneto produzido na eletrólise do ácido 3,3-dimetil-butanoico é o

- 2,2,7,7-tetrametil-octano.
- 3,3,4,4-tetrametil-hexano.
- 2,2,5,5-tetrametil-hexano.
- 3,3,6,6-tetrametil-octano.
- 2,2,4,4-tetrametil-hexano.

26. (Enem 2015) Uma forma de organização de um sistema biológico é a presença de sinais diversos utilizados pelos indivíduos para se comunicarem. No caso das abelhas da espécie *Apis mellifera*, os sinais utilizados podem ser feromônios. Para saírem e voltarem de suas colmeias, usam um feromônio que indica a trilha percorrida por elas (Composto A). Quando pressentem o perigo, expelem um feromônio de alarme (Composto B), que serve de sinal para um combate coletivo. O que diferencia cada um desses sinais utilizados pelas abelhas são as estruturas e funções orgânicas dos feromônios.



Composto A



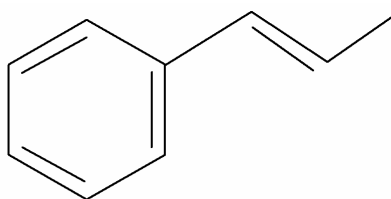
Composto B

QUADROS, A. L. Os feromônios e o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 7, maio 1998 (adaptado).

As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente,

- a) álcool e éster.
- b) aldeído e cetona.
- c) éter e hidrocarboneto.
- d) enol e ácido carboxílico.
- e) ácido carboxílico e amida.

27. (Enem 2015) O permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) é um agente oxidante forte muito empregado tanto em nível laboratorial quanto industrial. Na oxidação de alcenos de cadeia normal, como o 1-fenil-1-propeno, ilustrado na figura, o  $\text{KMnO}_4$  é utilizado para a produção de ácidos carboxílicos.



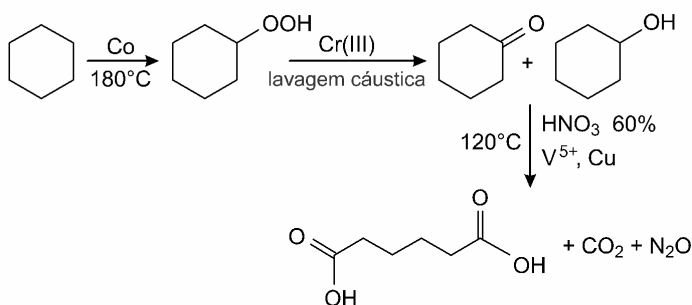
1-fenil-1-propeno

Os produtos obtidos na oxidação do alceno representado, em solução aquosa de  $\text{KMnO}_4$ , são:

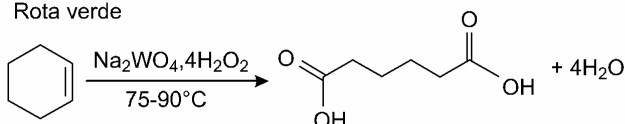
- a) Ácido benzoico e ácido etanoico.
- b) Ácido benzoico e ácido propanoico.
- c) Ácido etanoico e ácido 2-feniletanoico.
- d) Ácido 2-feniletanoico e ácido metanoico.
- e) Ácido 2-feniletanoico e ácido propanoico.

28. (Enem 2015) A química verde permite o desenvolvimento tecnológico com danos reduzidos ao meio ambiente, e encontrar rotas limpas tem sido um grande desafio. Considere duas rotas diferentes utilizadas para a obtenção de ácido adípico, um insumo muito importante para a indústria têxtil e de plastificantes.

Rota tradicional (marrom)



Rota verde



LENARDÃO, E. J. et al. Green chemistry - os doze princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, n.1, 2003 (adaptado).

Que fator contribui positivamente para que a segunda rota de síntese seja verde em comparação à primeira?

- a) Etapa única na síntese.
- b) Obtenção do produto puro.
- c) Ausência de reagentes oxidantes.

- d) Ausência de elementos metálicos no processo.  
e) Gasto de energia nulo na separação do produto.

29. (Enem 2014) O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir propriedades físicas e químicas responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada.

A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é

- a)  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .  
b)  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .  
c)  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH}_2$ .  
d)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .  
e)  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .

30. (Enem 2014) O biodiesel não é classificado como uma substância pura, mas como uma mistura de ésteres derivados dos ácidos graxos presentes em sua matéria-prima. As propriedades do biodiesel variam com a composição do óleo vegetal ou gordura animal que lhe deu origem, por exemplo, o teor de ésteres saturados é responsável pela maior estabilidade do biodiesel frente à oxidação, o que resulta em aumento da vida útil do biocombustível. O quadro ilustra o teor médio de ácidos graxos de algumas fontes oleaginosas.

Fonte Oleaginosa	Teor médio do ácido graxo (% em massa)					
	Mirístico (C14:0)	Palmítico (C16:0)	Estearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolênico (C18:3)
Milho	< 0,1	11,7	1,9	25,2	60,6	0,5
Palma	1,0	42,8	4,5	40,5	10,1	0,2
Canola	< 0,2	3,5	0,9	64,4	22,3	8,2
Algodão	0,7	20,1	2,6	19,2	55,2	0,6
Amendoim	< 0,6	11,4	2,4	48,3	32,0	0,9

MA, F.; HANNA, M. A. "Biodiesel Production: a review". *Bioresource Technology*, Londres, v. 70, n. 1 jan. 1999 (adaptado).

Qual das fontes oleaginosas apresentadas produziria um biodiesel de maior resistência à oxidação?

- a) Milho.  
b) Palma.  
c) Canola.  
d) Algodão.  
e) Amendoim.

31. (Enem 2014) A capacidade de limpeza e a eficiência de um sabão dependem de sua propriedade de formar micelas estáveis, que arrastam com facilidade as moléculas impregnadas no material a ser limpo. Tais micelas têm em sua estrutura partes capazes de interagir com substâncias polares, como a água, e partes que podem interagir com substâncias apolares, como as gorduras e os óleos.

SANTOS, W. L. P.; MÖL, G. S. (Coords.). *Química e sociedade*. São Paulo: Nova Geração, 2005 (adaptado).



A substância capaz de formar as estruturas mencionadas é

- a)  $C_{18}H_{36}$ .
- b)  $C_{17}H_{33}COONa$ .
- c)  $CH_3CH_2COONa$ .
- d)  $CH_3CH_2CH_2COOH$ .
- e)  $CH_3CH_2CH_2CH_2OCH_2CH_2CH_2CH_3$ .

32. (Enem 2014) Grande quantidade dos maus odores do nosso dia a dia está relacionada a compostos alcalinos. Assim, em vários desses casos, pode-se utilizar o vinagre, que contém entre 3,5% e 5% de ácido acético, para diminuir ou eliminar o mau cheiro. Por exemplo, lavar as mãos com vinagre e depois enxaguá-las com água elimina o odor de peixe, já que a molécula de piridina ( $C_5H_5N$ ) é uma das substâncias responsáveis pelo odor característico de peixe podre.

SILVA, V. A.; BENITE, A. M. C.; SOARES, M. H. F. B. "Algo aqui não cheira bem... A química do mau cheiro". *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 1, fev. 2011 (adaptado).

A eficiência do uso do vinagre nesse caso se explica pela

- a) sobreposição de odor, propiciada pelo cheiro característico do vinagre.
- b) solubilidade da piridina, de caráter ácido, na solução ácida empregada.
- c) inibição da proliferação das bactérias presentes, devido à ação do ácido acético.
- d) degradação enzimática da molécula de piridina, acelerada pela presença de ácido acético.
- e) reação de neutralização entre o ácido acético e a piridina, que resulta em compostos sem mau odor.

## Gabarito

### Resposta da questão 1:

[D]

#### [Resposta do ponto de vista da disciplina Biologia]

A fonte de energia subutilizada nos aterros sanitários é o gás metano ( $\text{CH}_4$ ) produzido pela atividade decompositora de bactérias anaeróbicas.

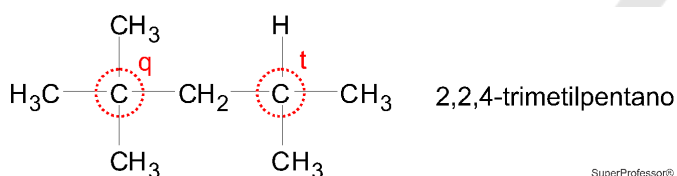
#### [Resposta do ponto de vista da disciplina Química]

Essa fonte de energia subutilizada, citada no texto, é o gás metano ( $\text{CH}_4$ ), menor hidrocarboneto existente, obtido pela atividade de bactérias anaeróbicas na decomposição da matéria orgânica.

### Resposta da questão 2:

[C]

De acordo com o texto do enunciado, a gasolina de alto desempenho deve conter elevados teores de hidrocarbonetos de cadeias ramificadas (carbonos terciários e/ou quaternários), de forma a resistir à compressão e entrar em ignição apenas quando a vela aciona uma centelha elétrica no motor. O composto III apresenta estas características.



### Resposta da questão 3:

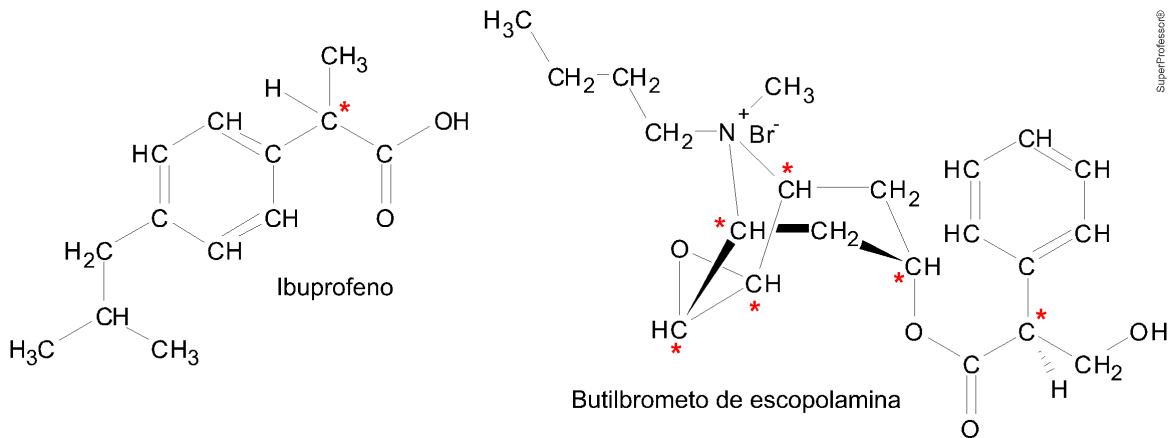
[E]

De acordo com o texto do enunciado, os microrganismos que vivem na água do esgoto não são capazes de quebrar moléculas ramificadas, ocorrendo assim um desequilíbrio em locais nos quais o esgoto é lançado nas águas dos rios (esgoto clandestino). Logo, a modificação química na estrutura desse tensoativo que o tornaria um detergente biodegradável seria a modificação de sua cadeia carbônica para uma cadeia normal ou reta, ou seja, sem ramificações.

### Resposta da questão 4:

[E]

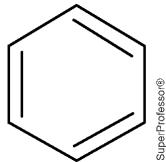
O princípio ativo que apresenta o mesmo tipo de isomeria espacial que o ibuprofeno (isomeria óptica), ou seja, que possui átomo de carbono quiral ou assimétrico (\*carbono ligado a quatro ligantes diferentes entre si) é o butilbrometo de escopolamina.



Resposta da questão 5:

[C]

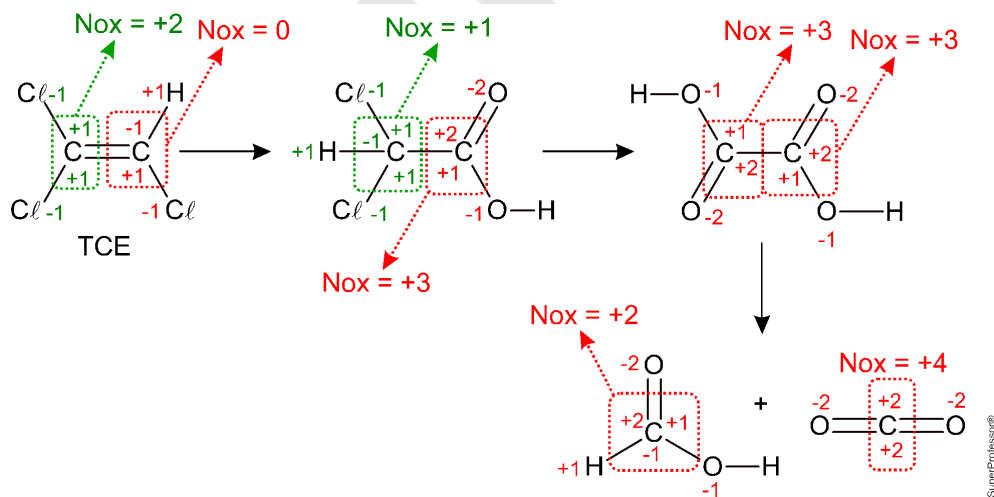
A característica estrutural dessa família de compostos é a presença de núcleo benzênico ou anel benzênico (estrutura que apresenta ressonância).



Resposta da questão 6:

[A]

O procedimento de remediação de águas subterrâneas baseia-se em reações de oxirredução, pois a partir da análise reacional com origem no TCE, percebe-se a variação dos números de oxidação (Nox) dos átomos de carbono.

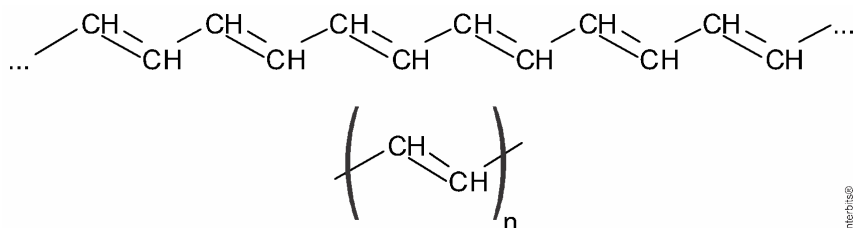


Resposta da questão 7:

[D]

Ligações duplas conjugadas são ligações duplas alternadas com simples ligações (...simples-dupla-simples-dupla...). Neste caso as ligações presentes no núcleo benzênico e nas carbonilas (C = O) não fazem parte da cadeia principal do polímero e não devem ser levadas em consideração.

Conclusão:



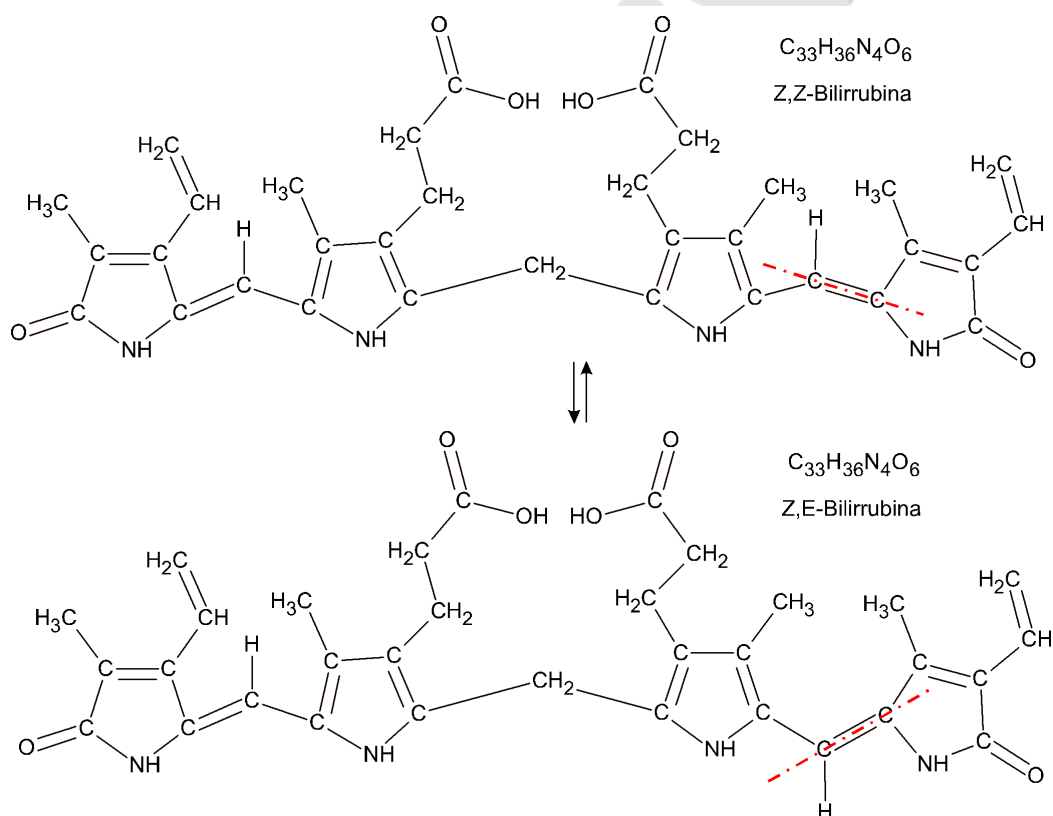
Resposta da questão 8:  
ANULADA

Gabarito Oficial: [C]

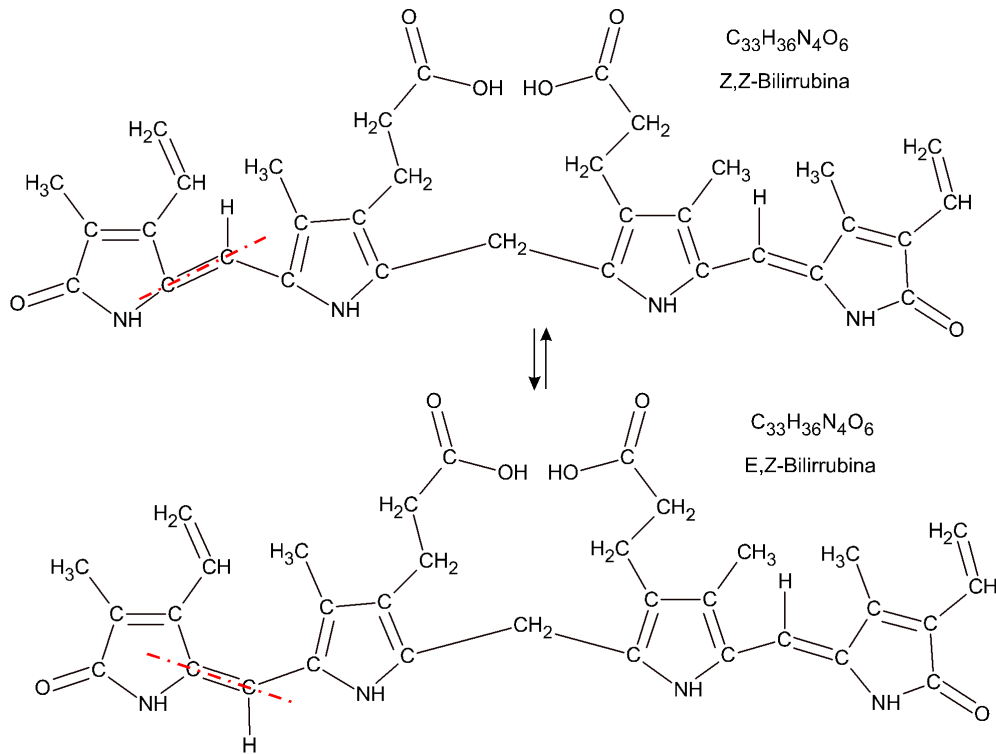
Gabarito SuperPro®: Anulada (sem resposta)

Na fototerapia (tratamento com irradiação de luz) a Bilirubina não conjugada e apolar (Z,Z-Bilirutina) presente na pele do recém-nascido é convertida em isômeros solúveis em água Z,E-Bilirrubina, E,Z-bilirrubina e E,Z-Ciclobilirrubina (também pode ser gerado o isômero E,E-Ciclobilirrubina) que são excretados do corpo pela bile ou urina.

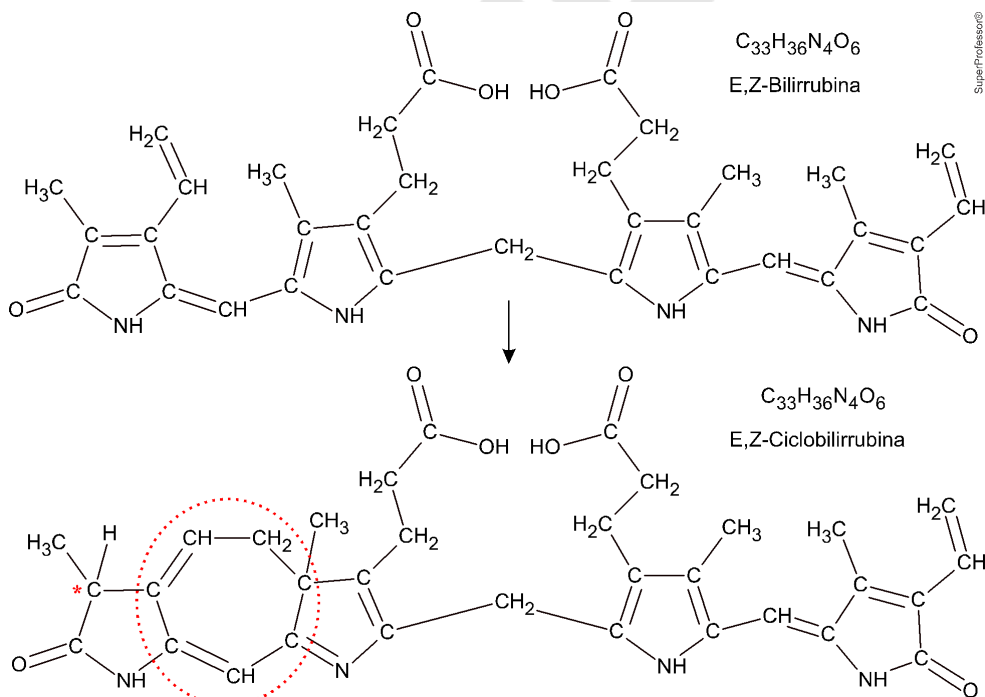
A molécula Z,Z-Bilirutina é convertida em Z,E-Bilirrubina:



A molécula Z,Z-Bilirutina, também, é convertida em E,Z-Bilirrubina:



Na sequência a E,Z-Bilirubina é convertida em E,Z-Ciclobilirubina, ou seja, aqui tem-se a formação de um ciclo, um carbono quiral ou assimétrico (\*) e alterações de posições de duplas ligações, o que caracteriza a isomeria estrutural.

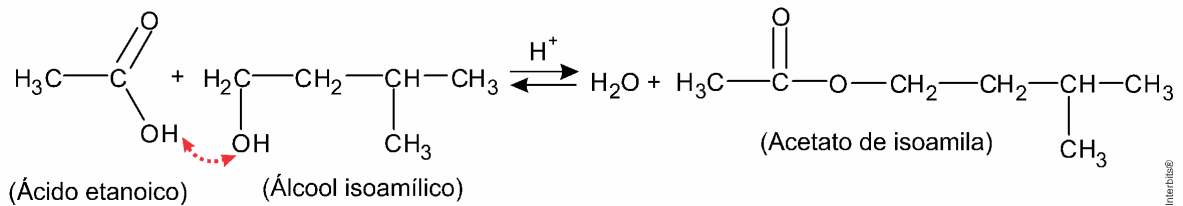


De acordo com a reação global esquematizada no enunciado da questão (em nível de ensino médio), a resposta mais adequada seria isômero estrutural (sem detalhamentos).

**Resposta da questão 9:**

[B]

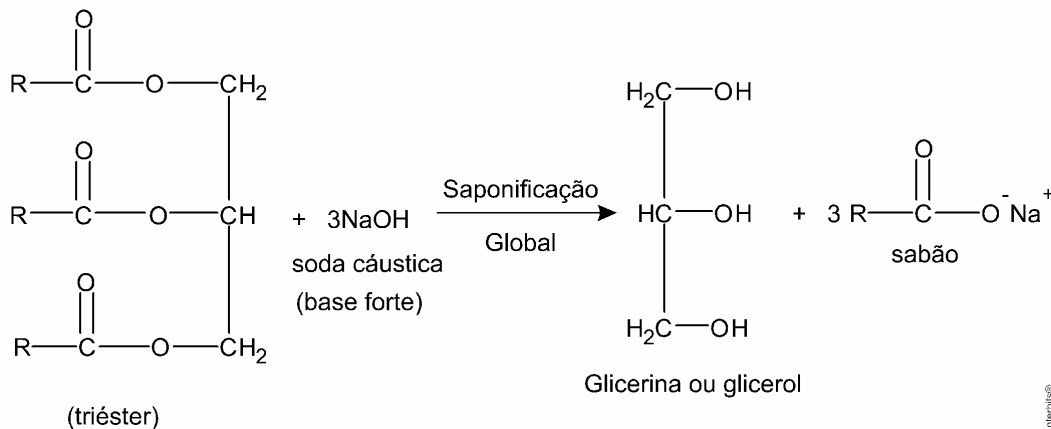
O aroma do flavorizante derivado do ácido etanoico ( $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$ ) e que apresenta cadeia carbônica saturada (apenas ligações simples) é de banana.



**Resposta da questão 10:**

[E]

A reação química que permite o reaproveitamento do óleo vegetal é denominada saponificação, ou seja, a reação de um triéster (obtido a partir de um ácido graxo) e uma base forte.



**Resposta da questão 11:**

[B]

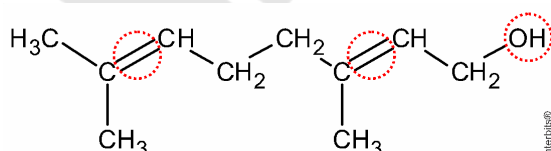
O biocombustível a que se refere o texto é biogás, que é produzido a partir dos dejetos suínos durante o processo de fermentação anaeróbica. O metano ( $\text{CH}_4$ ) é o principal produto combustível dessa mistura.

**Resposta da questão 12:**

[A]

O principal componente do óleo de rosas tem cadeia poli-insaturada (apresenta ligações pi, neste caso duplas) e hidroxila (grupo OH) em carbono terminal.

Conclusão: empresário deverá utilizar o composto 1.



**Resposta da questão 13:**

[D]

Os polímeros biodegradáveis sofrem degradação em um tempo muito menor do que os polímeros convencionais.

**Resposta da questão 14:**

[C]

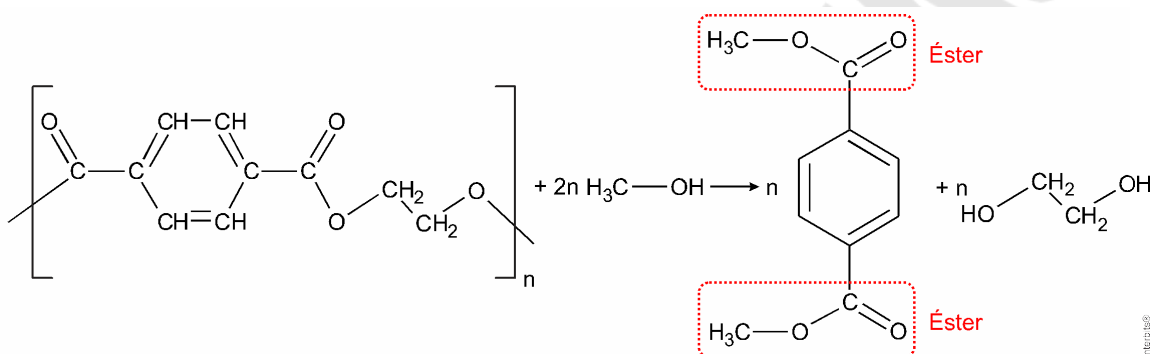
Quanto maior a quantidade de carbonos nas cadeias principais, mais apolar será a estrutura e menor a afinidade com a água.

(... - C = C - C = C - C = C - C = C - C = C - ...)

**Resposta da questão 15:**

[C]

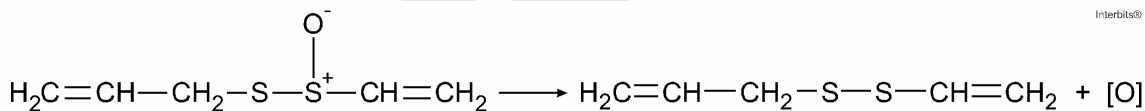
O composto aromático, que é produto da reação, apresenta núcleo benzênico e pertence à função éster.



**Resposta da questão 16:**

[E]

De acordo com a análise das estruturas, percebe-se que o átomo de enxofre presente na estrutura I ligado ao átomo de oxigênio, sofre redução.



Na conversão de I em II, o "sabonete" atuará como um catalisador (não se desgasta com o uso) aumentando a superfície de contato entre a estrutura I e um agente químico que provoque a redução do enxofre ligado ao oxigênio.

**Resposta da questão 17:**

[E]

Não existem interações do tipo ligação de hidrogênio nos hidrocarbonetos.

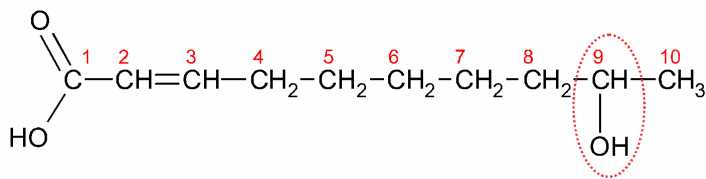
Na fração 1 tem-se menor número de carbonos em relação às outras frações, consequentemente, as interações do tipo van der Waals ocorrem em menor intensidade.

**Resposta da questão 18:**

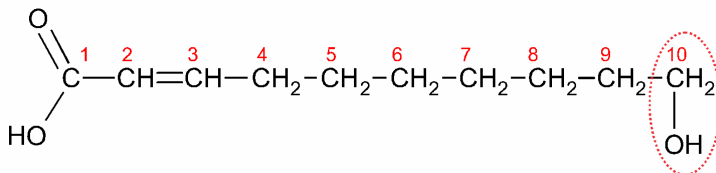
[A]

A diferença entre o ácido 9-hidroxic-2-enoico e o ácido 10-hidroxic-2-enoico está na posição do grupo hidroxila (OH), ou seja, na fórmula estrutural.

Estas duas moléculas são isômeros de posição.



Ácido-9-hidroxic-2-enoico

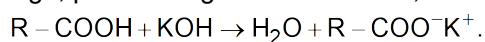


Ácido-10-hidroxic-2-enoico

**Resposta da questão 19:**

[D]

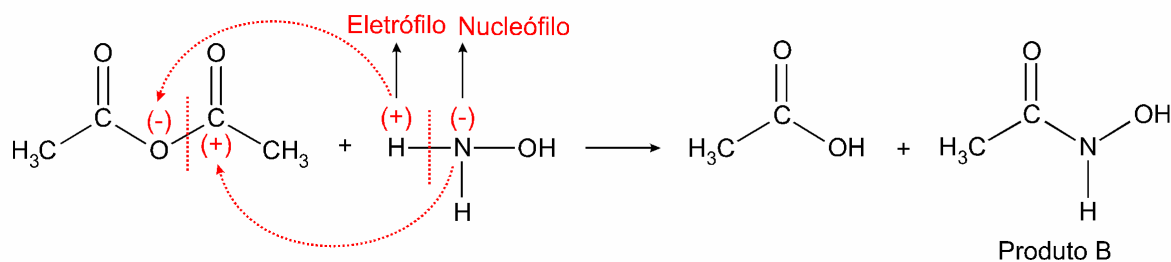
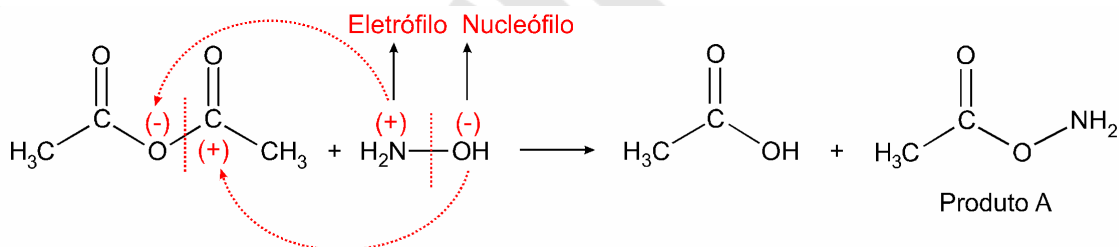
O ácido 9-hidroxic-2-enoico e o ácido 10-hidroxic-2-enoico têm caráter ácido (R – COOH), logo, podem reagir com uma base, dentre as alternativas, o hidróxido de potássio:



**Resposta da questão 20:**

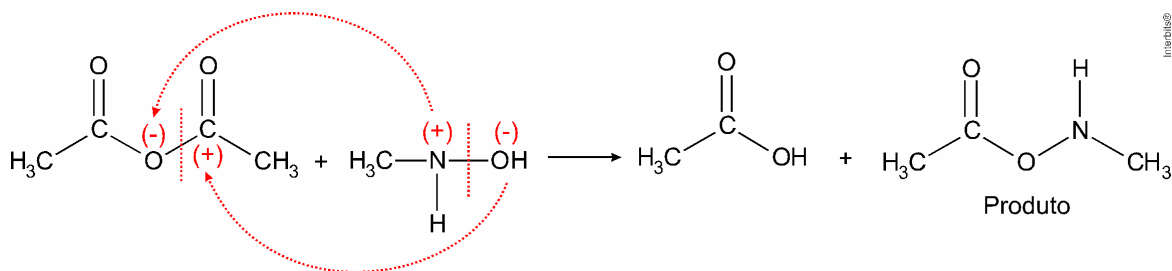
[D]

De acordo com o enunciado da questão, esquematicamente, têm-se as seguintes possibilidades:

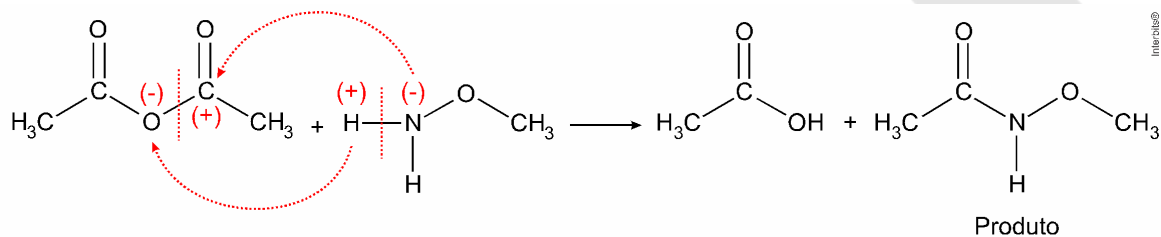


Testando a molécula 1:

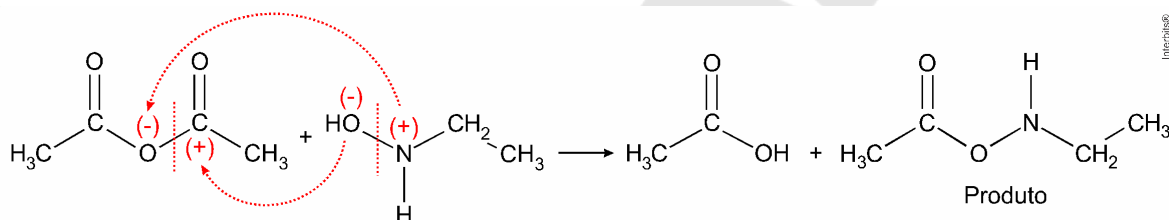




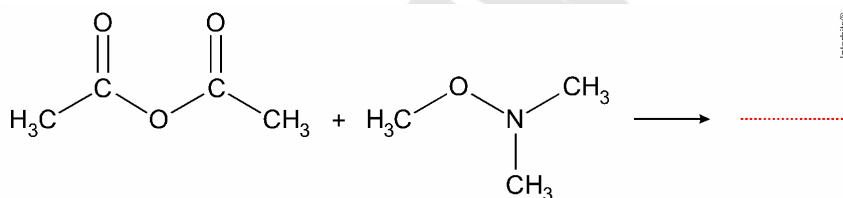
Testando a molécula 2:



Testando a molécula 3:

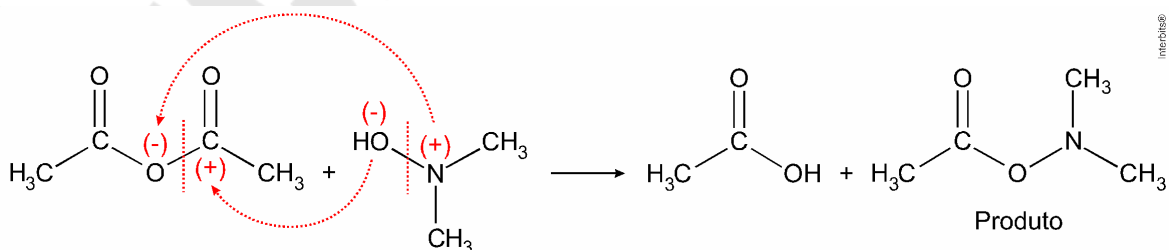


Testando a molécula 4:



(Não apresenta grupo OH ou NH, onde supõe-se a cisão)

Testando a molécula 5:

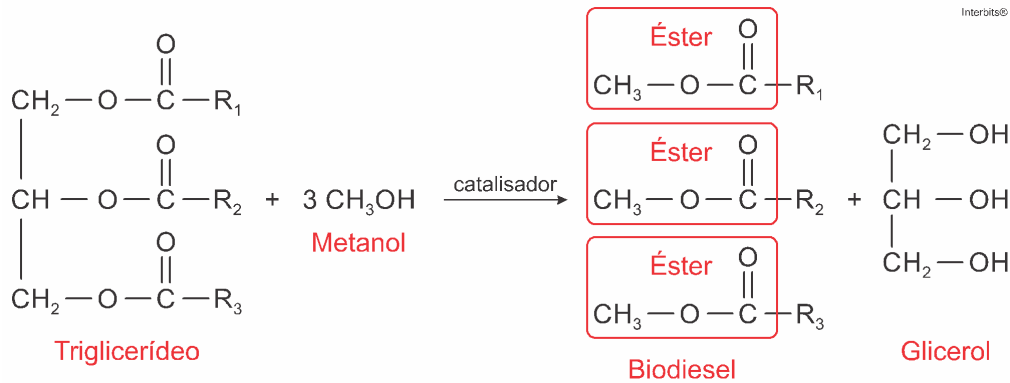


Conclusão: a molécula 4 apresenta a menor reatividade.

Resposta da questão 21:

[C]

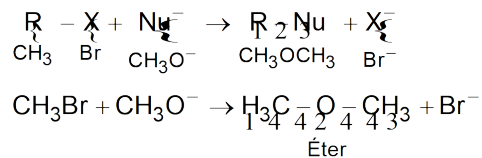




**Resposta da questão 24:**

[A]

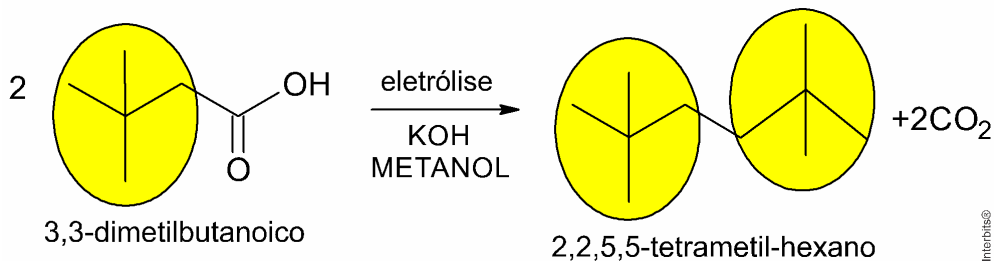
Substituindo  $\text{Nu}^-$  ( $\text{CH}_3\text{O}^-$ ) e o brometo de metila ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) na equação fornecida no enunciado, vem:



**Resposta da questão 25:**

[C]

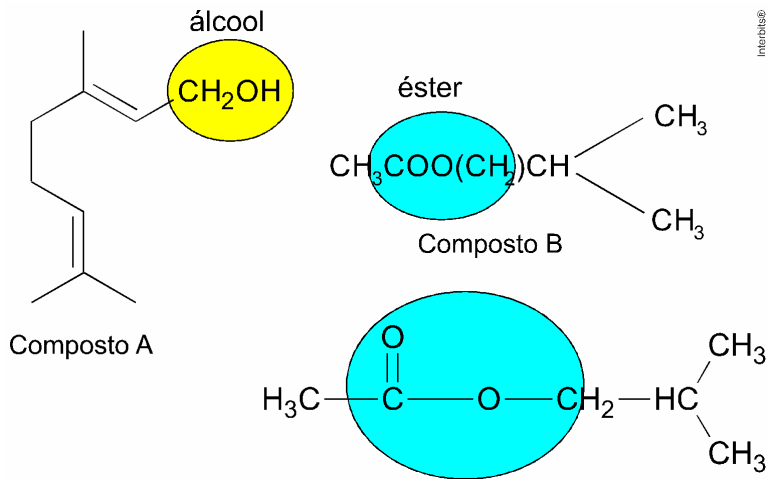
Para o ácido 3,3-dimetil-butanoico, vem:



**Resposta da questão 26:**

[A]

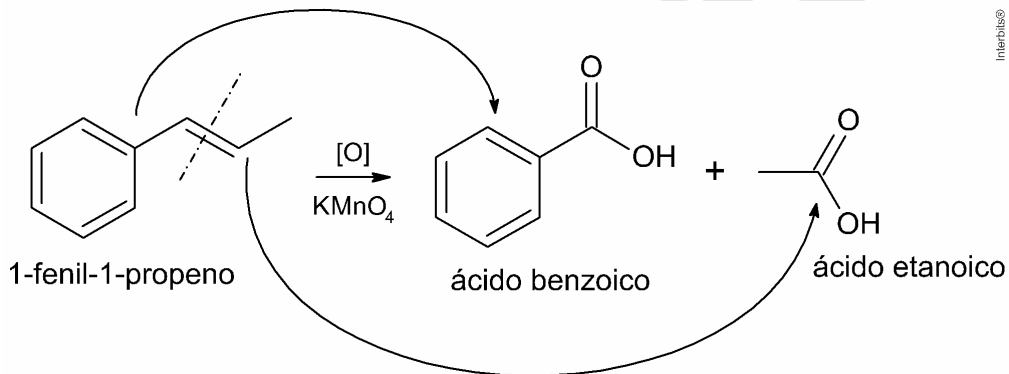
As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente, álcool e éster.



Resposta da questão 27:

[A]

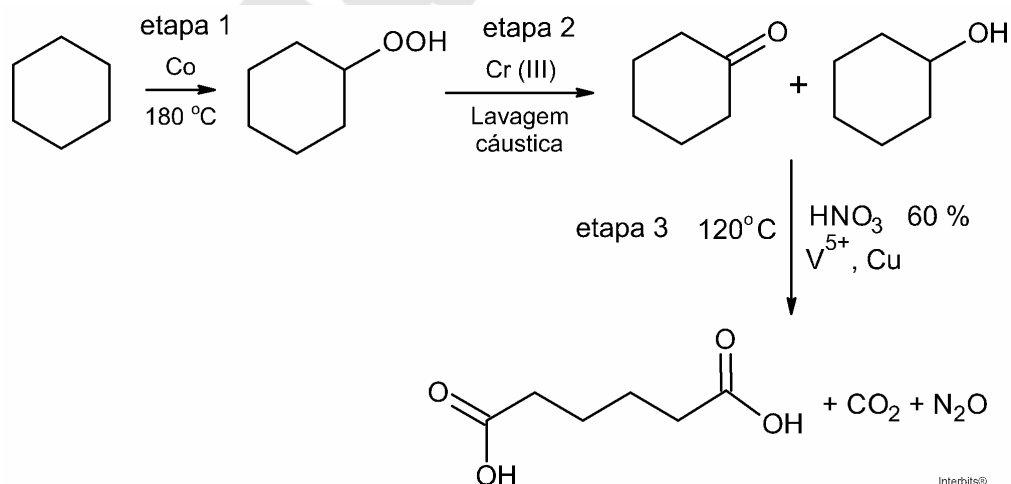
Teremos:



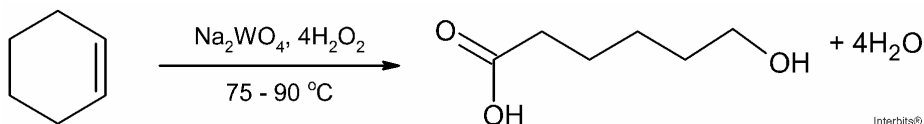
Resposta da questão 28:

[A]

Percebemos que a rota tradicional ocorre em três etapas:



Já a rota verde ocorre em apenas uma etapa:

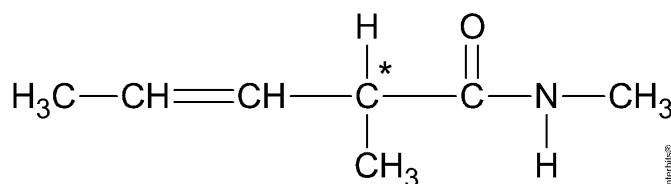
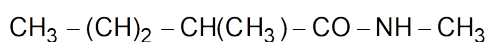


Conclusão: o fator que contribui positivamente para que a segunda rota de síntese seja verde em comparação à primeira é o fato de ocorrer em uma única etapa gerando menos resíduos tóxicos ou subprodutos e utilizando menos reagentes nocivos ao meio ambiente. Além disso, tem-se uma economia de tempo na execução processo.

**Resposta da questão 29:**

[B]

Molécula quiral (\* apresenta carbono assimétrico) cuja cadeia carbônica seja insaturada (apresenta ligação pi), heterogênea (apresenta heteroátomo) e ramificada (apresenta carbono terciário):



**Resposta da questão 30:**

[B]

Quanto menor a presença de insaturações (ligações duplas), maior a resistência à oxidação, ou seja, quanto mais saturado for o composto, mais ele resiste à oxidação.

Analisando a tabela:

<b>Mirístico (C14:0)</b> 0 insaturação	<b>Palmítico (C16:0)</b> 0 insaturação	<b>Esteárico (C18:0)</b> 0 insaturação
---	---	---

<b>Oleico (C18:1)</b> 1 insaturação	<b>Linoleico (C18:2)</b> 2 insaturações	<b>Linolênico (C18:3)</b> 3 insaturações
--	--	---

A partir dos ácidos graxos mirístico, palmítico e esteárico, vem:

**Teor médio do ácido graxo (% em massa)**

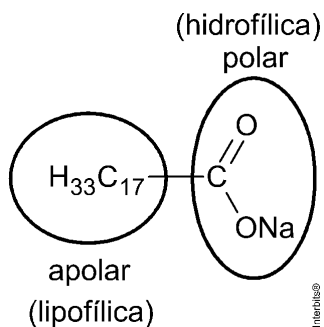
	<b>Mirístico (C14:0)</b>	<b>Palmítico (C16:0)</b>	<b>Esteárico (C18:0)</b>	<b>Total</b>
Milho	0,1	11,7	1,9	13,7 %
Palma	1,0	42,8	4,5	48,3 %
Canola	0,2	3,5	0,9	4,6 %
Algodão	0,7	20,1	2,6	23,4 %
Amendoim	0,6	11,4	2,4	14,4 %

Palma	48,3 % (composto mais saturado)
-------	---------------------------------

**Resposta da questão 31:**

[B]

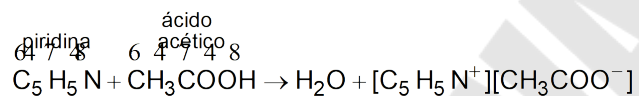
As micelas têm em sua estrutura partes capazes de interagir com substâncias polares, como a água, e partes que podem interagir com substâncias apolares, como as gorduras e os óleos. Concluímos que se trata de um sabão,  $C_{17}H_{33}COONa$ .



**Resposta da questão 32:**

[E]

A eficiência do uso do vinagre, nesse caso, se explica pela reação de neutralização entre o ácido acético e a piridina, que apresenta caráter básico no conceito de Lewis, o que resulta em compostos sem mau odor.



**Resumo das questões selecionadas nesta atividade**

---

**Legenda:**

NQ = número da questão

Q/DB = número da questão no banco de dados

NQ	Q/DB	Grau/Dif.	Matéria	Fonte	Tipo
1	135540	Média	Biologia	Enem/2014	Múltipla escolha
2	240259	Média	Química	Enem/2023	Múltipla escolha
3	240254	Baixa	Química	Enem/2023	Múltipla escolha
4	240257	Média	Química	Enem/2023	Múltipla escolha
5	218012	Média	Química	Enem/2022	Múltipla escolha
6	218025	Elevada	Química	Enem/2022	Múltipla escolha
7	204420	Elevada	Química	Enem/2021	Múltipla escolha
8	204422	Média	Química	Enem/2021	Múltipla escolha
9	204421	Média	Química	Enem/2021	Múltipla escolha
10	204431	Elevada	Química	Enem/2021	Múltipla escolha
11	204425	Média	Química	Enem/2021	Múltipla escolha
12	197253	Média	Química	Enem/2020	Múltipla escolha
13	197260	Média	Química	Enem/2020	Múltipla escolha
14	195607	Elevada	Química	Enem/2019	Múltipla escolha
15	195613	Média	Química	Enem/2019	Múltipla escolha
16	189716	Elevada	Química	Enem/2019	Múltipla escolha
17	195608	Média	Química	Enem/2019	Múltipla escolha
18	182115	Média	Química	Enem/2018	Múltipla escolha
19	195622	Média	Química	Enem/2018	Múltipla escolha
20	182125	Elevada	Química	Enem/2018	Múltipla escolha
21	195624	Elevada	Química	Enem/2018	Múltipla escolha
22	195640	Média	Química	Enem/2017	Múltipla escolha
23	175014	Média	Química	Enem/2017	Múltipla escolha
24	165263	Elevada	Química	Enem/2016	Múltipla escolha
25	149339	Média	Química	Enem/2015	Múltipla escolha

26	149359	Média	Química	Enem/2015	Múltipla escolha
27	149360	Média	Química	Enem/2015	Múltipla escolha
28	149353	Média	Química	Enem/2015	Múltipla escolha
29	135458	Média	Química	Enem/2014	Múltipla escolha
30	135466	Elevada	Química	Enem/2014	Múltipla escolha
31	135462	Elevada	Química	Enem/2014	Múltipla escolha
32	135468	Elevada	Química	Enem/2014	Múltipla escolha

INICIATIVA EXATAS



**Estadísticas - Questões do Enem**

NQ	Q/DB	Cor/prova	Ano	Acerto
1	135540	azul	2014	42%
5	218012	azul	2022	41%
6	218025	azul	2022	32%
7	204420	azul	2021	17%
8	204422	azul	2021	28%
9	204421	azul	2021	21%
10	204431	azul	2021	36%
11	204425	azul	2021	26%
12	197253	azul	2020	29%
13	197260	azul	2020	57%
16	189716	azul	2019	30%
18	182115	azul	2018	27%
20	182125	azul	2018	35%
23	175014	azul	2017	16%
24	165263	azul	2016	21%
25	149339	azul	2015	21%
26	149359	azul	2015	23%

27	149360	azul	2015	15%
28	149353	azul	2015	17%
29	135458	azul	2014	24%
30	135466	azul	2014	29%
31	135462	azul	2014	21%
32	135468	azul	2014	38%

INICIATIVA EXATAS