

# Tensoactivos na Indústria dos Detergentes

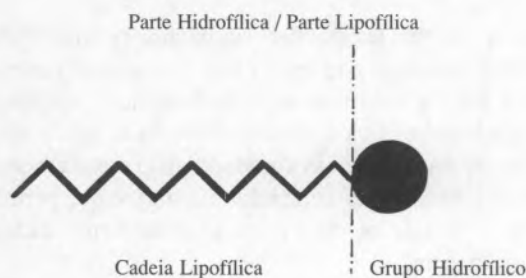
António Gonçalves da Silva<sup>a</sup>

*Apresenta-se uma breve panorâmica da importância dos tensoactivos no sector das especialidades químicas. Evidencia-se ser a indústria dos detergentes a principal aplicação dos tensoactivos e justifica-se tal facto analisando o fenómeno da detergência nos tensoactivos. Descrevem-se finalmente os tensoactivos mais importantes na indústria dos detergentes, estudando de forma sucinta os processos de fabrico dos produtos de maior relevância.*

## Definição e classificação dos tensoactivos

Chama-se tensoactivo ou agente de superfície a qualquer substância que, uma vez dispersa ou dissolvida num líquido, seja capaz de modificar a tensão interfacial entre esse líquido e outro meio, pelo facto de as suas moléculas se irem localizar na interfase entre os dois meios considerados.

### MOLÉCULA DO TENSOACTIVO:



### CLASSIFICAÇÃO DOS TENSOACTIVOS

Tensoactivos	Grupo lipofílico	Grupo hidrofílico
Aniónicos	Hidrocarboneto	Aniónico em sol. aquosa
Catiónicos		Catiónico em sol. aquosa
Anfotéricos		Parte aniónica e parte catiónica
Não-iónicos		Sem carácter iónico

Exemplos: Aniónicos: Sulfato; Sulfonato.  
 Catiónicos: Amónio quaternário.  
 Anfotéricos: Ácidos n-alquil-β amino propiônicos.  
 Não-iónicos: Poliéter.

Para que este efeito ocorra, as moléculas dos tensoactivos contêm duas partes diferentes quanto à natureza química:

- uma parte hidrofílica, que revela afinidade preferencial para os líquidos polares, como a água;
- uma parte lipofílica (ou hidrofóbica), que revela afinidade para líquidos não polares.

A parte lipofílica é naturalmente constituída por uma cadeia do tipo hidrocarboneto, que pode conter ou não anéis aromáticos e cujo peso molecular é em geral superior ao do octilo.

Quanto à parte hidrofílica poderá ser constituída, em solução aquosa, por um grupo iónico – como por exemplo o sulfato, o sulfonato ou o amónio quaternário – ou não iónico, como é o caso de uma cadeia poliéter.

A polaridade do grupo hidrofílico presente na cadeia do tensoactivo determina a base de classificação mais comum dos tensoactivos. Assim temos:

- tensoactivos aniónicos: constituídos por uma cadeia lipofílica, ligada a uma parte hidrofílica de natureza aniónica em solução aquosa;
- tensoactivos catiónicos: constituídos por uma cadeia lipofílica ligada a uma parte hidrofílica catiónica em solução aquosa;
- tensoactivos anfotéricos: que contêm na mesma molécula grupos hidrofílicos aniónicos e catiónicos ligados a uma cadeia lipofílica;
- tensoactivos não iónicos: cuja parte hidrofílica não tem, tal como a lipofílica, carácter iónico.

Uma outra classificação dos tensoactivos baseia-se no tipo de processo que lhes deu origem. Classificam-se assim em:

- tensoactivos químicos: quando resultam de um processo químico;
- tensoactivos bioquímicos, biológicos ou biotensoactivos: quando são produzidos por processos que utilizam a acção de micro-organismos.

## Aplicações dos tensoactivos

O tipo especial de molécula, característico dos tensoactivos, confere a estas substâncias propriedades físico químicas de grande interesse. Entre estas podem salientar-se:

- Poder molhante;
- Poder emulsionante (de líquidos não miscíveis);
- Poder espumante;
- Poder dispersante e suspensivo (de insolúveis);
- Poder detergente.

Ora, deste conjunto de propriedades resulta naturalmente que os tensoactivos se aplicam em campos tão diversos como:

<sup>a</sup> Engenheiro Químico (I.S.T.); Director de Produção e Desenvolvimento da SONADEL, Sociedade Nacional de Detergentes, S.A.R.L. - Apartado 2 - 2616 Alverca Codex, Portugal; Assistente do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

- detergentes e cosmética;
- indústria têxtil;
- plásticos e borrachas;
- tintas e vernizes;
- indústria agrícola e alimentar;
- indústrias extractivas;
- indústrias metal mecânicas (e.g. lubrificantes).

#### PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS TENSOACTIVOS

- Poder Molhante



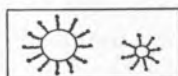
- Poder Emulsionante



- Poder Espumante



- Poder Dispersante e Suspensivo



- Poder Detergente

Segundo dados de 1982 o consumo de tensoactivos foi de  $13 \times 10^6$  TM, o que revela a enorme importância deste tipo de substâncias no quadro das especialidades químicas.

A distribuição de consumos de produtos químicos baseados em óleos e gorduras, com exclusão do sabão (que constitui o tensoactivo tradicional), foi estimada em 1984 como sendo a seguinte:

- Detergentes e cosmética	40%
- Plásticos, borrachas, têxteis e plastificantes	22%
- Tintas e vernizes	13%
- Indústria alimentar	11%
- Metal-mecânica	11%
- Outros	3%

Verifica-se, pois, ser na indústria dos detergentes e cosmética que os tensoactivos encontram a sua principal aplicação. Justifica-se assim que estudemos os tensoactivos mais importantes na indústria dos detergentes por coincidirem com os agentes de superfície de maior importância em termos absolutos. Antes, porém, convém proceder a uma descrição breve da acção dos tensoactivos como detergentes.

#### Os tensoactivos como detergentes

A detergência é um processo que consiste na remoção de sujidades das superfícies, passando-as para um meio, em geral líquido, que se designa por banho de lavagem, no qual tais sujidades ficam em suspensão, dissolvidas ou emulsionadas.

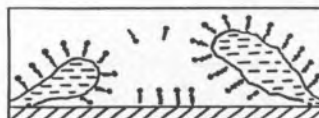
As substâncias, como os tensoactivos, que conseguem promover este processo, diz-se que possuem poder detergente e designam-se por detergentes.

É fácil relacionar as características moleculares dos tensoactivos com o processo complexo que constitui a detergência.

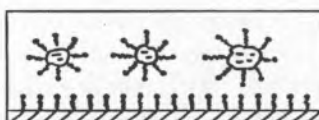
#### FASES DA DETERGÊNCIA



- Molhagem da superfície suja com o banho de lavagem



- Remoção da sujidade da superfície



- Integração estável das partículas de sujidade no banho de lavagem

A molhagem da superfície a limpar é um processo cuja necessidade resulta de a água não ser frequentemente um agente de molhagem eficiente. Este efeito deve-se principalmente ao facto de a tensão interfacial da água em relação ao substrato poder ser elevada, o que vai dificultar a molhagem. A existência de sujidade hidrofóbica (como é o caso das gorduras) à superfície do substrato, vai dificultar ainda mais a molhagem.

A inclusão de um tensoactivo no banho, permite que, na interfase, o tensoactivo oriente a sua extremidade molecular lipofílica para o substrato sujo (hidrofóbico), enquanto a extremidade hidrofílica se encontra orientada para o interior do banho aquoso. Dadas as afinidades díspares da molécula do tensoactivo a tensão interfacial diminui, o que permite o aumento da área da interfase e, conseqüentemente, a eficiência da molhagem.

A remoção da sujidade, segundo passo do processo de detergência, consegue-se agora por agitação do banho de lavagem e do substrato: as forças intermoleculares entre o tensoactivo e a sujidade, por um lado, e entre o tensoactivo e a água do banho, levam a que o tensoactivo arraste consigo partículas de sujidade para o interior do banho de lavagem. Finalmente a partícula de sujidade, mesmo sendo hidrofóbica, poderá ser mantida de forma estável dentro do banho de lavagem no interior de uma micela cujas paredes são constituídas por moléculas de tensoactivo com as extremidades lipofílicas orientadas para o interior e as hidrofílicas orientadas para o meio exterior aquoso.

As gorduras assim emulsionadas, bem como as sujidades sólidas insolúveis dispersas e suspensas, poderão ser facilmente removidas com o enxaguamento.

Como acabamos de ver, a constituição molecular dos tensoactivos confere-lhes as propriedades ideais para a sua utilização como detergentes. Justifica-se assim ser neste sector que os tensoactivos encontram a sua principal aplicação, havendo mesmo uma certa tendência para confundir as designações activo e detergente.

## Os tensoactivos na indústria dos detergentes

Dos detergentes conhecidos, os mais antigos são os sabões, cujo uso remonta seguramente a mais de 1000 anos. Sabões são sais de ácidos gordos, normalmente sódicos, sendo, pois, tensoactivos aniónicos em que o grupo hidrofílico é o anião carboxilato.

Não nos debruçaremos nesta comunicação sobre o sabão dado que o seu uso na moderna indústria dos detergentes é muito restrito face a outros tensoactivos. Seria, porém, injusto não o referir, até para realçar o facto curioso de os tensoactivos mais usados actualmente serem, tal como o sabão, tensoactivos aniónicos e em que o catião é, na maior parte dos casos, o  $\text{Na}^+$  tal como sucede no sabão.

### Tensoactivos aniónicos

Os tensoactivos aniónicos mais usados são sulfonatos (grupo hidrofílico -  $\text{SO}_3^-$ ) ou sulfatos (grupo hidrofílico -  $\text{O} - \text{SO}_3^-$ ), sendo os mais importantes dos tipos:

- alquilbenzeno sulfonato de sódio (LASNa)
- lauril eter sulfato de sódio (LESNa)

Usam-se ainda outros sulfatos como o lauril sulfato de trietanolamina ou de sódio e outros sulfonatos como o tolueno sulfonato de sódio, ou o cumeno sulfonato de sódio, mas a sua importância não é tão grande.

Vamo-nos debruçar apenas sobre a produção do LASNa e LESNa, dado serem os tensoactivos de maior importância.

### Alquilbenzeno sulfonato de sódio

Estes produtos, de fórmula geral  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1} - \phi - \text{SO}_3\text{Na}^+$ , surgiram nos EUA no início dos anos 30, utilizando como cadeia alifática uma fracção do querone, a qual foi posteriormente substituída pelo tetrâmero de propileno (dodecano).

O sulfonato sódico obtido a partir deste dodecilbenzeno (também conhecido por tetrapropilbenzeno - TPB), devido às suas boas propriedades como detergente e à grande facilidade de produção progrediu rapidamente no mercado dos tensoactivos, cobrindo a partir de 1950 mais de 50% das necessidades mundiais.

Nos anos 60 começaram, porém, a detectar-se problemas de poluição, consistindo normalmente na acumulação de espumas nos cursos de água que captavam os esgotos domésticos. Este fenómeno era naturalmente devido ao facto de o produto não ser decomposto pelas bactérias presentes nos efluentes: o produto não era biodegradável.

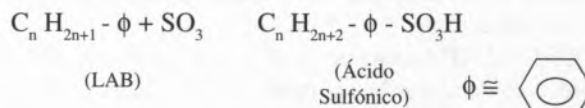
Veio posteriormente a concluir-se que a razão para a não biodegradabilidade estava na presença de moléculas de sulfonato cuja cadeia alifática ( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}-$ ) era ramificada. De facto, quando em vez do TPB se usa um alquilbenzeno de cadeia alifática linear (LAB) o sulfonato é biodegradável. A exigência de utilizar alquilbenzenos lineares (LAB) biodegradáveis para a produção de sulfonatos obrigou ao desenvolvimento de processos de produção sofisticados que garantissem tal objectivo.

Num dos processos modernamente utilizados, tal objectivo é conseguido como se descreve a seguir:

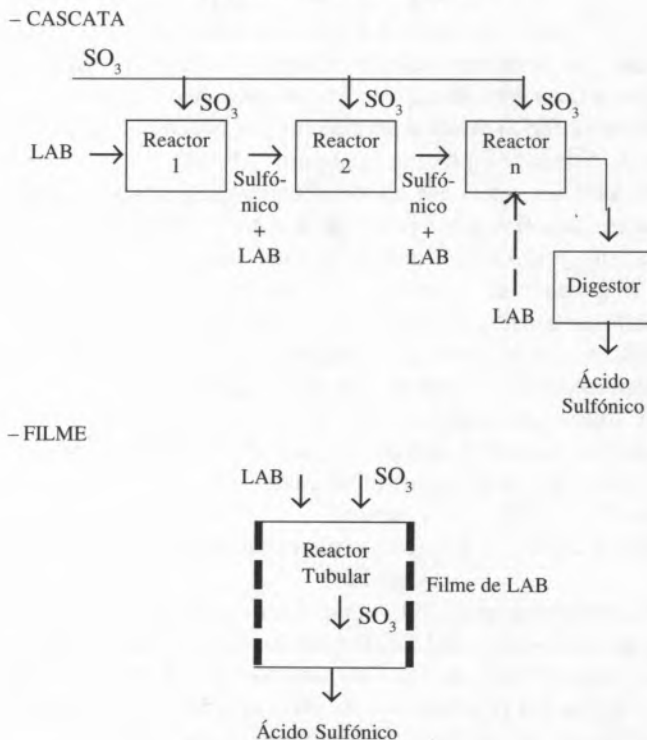
- Parte-se do querosene, o qual é constituído por olefinas e parafinas, lineares e ramificadas e contém ainda azoto e



### SULFONAÇÃO: ESQUEMA REACCIONAL



### PROCESSO DE SULFONAÇÃO





enxofre. A primeira operação é uma hidrogenação que elimina as olefinas, bem como o azoto e o enxofre.

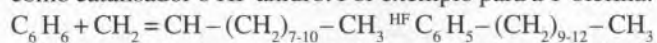
– Segue-se a separação nas *n*-parafinas através da adsorção por zeólitos. As *n*-parafinas adsorvidas são em seguida extraídas do substrato por um solvente de baixo peso molecular, o qual é facilmente destilado.

– Por destilação fraccionada, separa-se a fracção das *n*-parafinas com interesse para a produção do LAB, em geral na gama  $C_{10}-C_{13}$ .

– Atingiu-se assim o passo crítico que consiste em provocar uma desidrogenação selectiva em uma só ligação da *n*-parafina, obtendo-se as *n*-mono-olefinas.

Esta desidrogenação selectiva é conseguida por adsorção sobre um catalisador metálico especial.

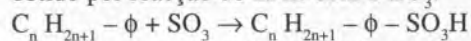
– A alquilação do Benzeno pelas mono-olefinas é feita pela variante conhecida da reacção de Friedel-Crafts, usando como catalisador o HF anidro. Por exemplo para a 1-olefina:



– Separam-se finalmente o HF (decantação seguida de destilação), bem como o excesso de benzeno e o LAB pesado (HLAB ou «Heavy LAB») por destilação. O HLAB é constituído essencialmente por dois subprodutos: dialquilbenzeno ou DAE ( $C_n H_{2n+1} - \phi - C_n H_{2n+1}$ ) e difenilalcano ou DPA ( $\phi - C_n H_{2n} - \phi$ ). Estas espécies cuja separação por destilação é muito fácil, dado o seu alto peso molecular em relação ao LAB, resultam da dialquilação do benzeno, no caso do DAB, ou da desidrogenação de duas ligações da *n*-parafina no caso do DPA.

Pelo processo anterior, usado por um dos maiores produtores de LAB, obtém-se produto de alta qualidade quer quanto à pureza, quer em termos de biodegradabilidade do sulfonato resultante.

Obtido o LAB é agora necessário proceder à sua sulfonação, processo que conduz à produção de ácido sulfónico de fórmula geral  $C_n H_{2n+1} - \phi - SO_3^- H^+$ . O ácido sulfónico é obtido por reacção do LAB com o  $SO_3$ :

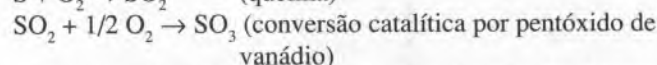
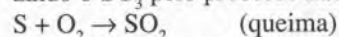


O  $SO_3$  pode ser usado tal qual, ou dissolvido em ácido sulfúrico, formando o oleum sulfúrico. No caso de a sulfonação se fazer com oleum é necessário proceder à separação do ácido sulfúrico residual por decantação. No caso de se usar o  $SO_3$ , obtém-se o produto final puro.

Além disso, o teor em ácido sulfónico que é tipicamente da ordem dos 97% para a produção a partir de  $SO_3$  não ultrapassa, em geral, os 87% quando se usa o oleum.

Compreende-se assim que a evolução seja no sentido de sulfonar a partir do  $SO_3$  e não do oleum, apesar de haver bastantes produtores de detergentes que ainda dispõem de instalações de sulfonação a partir do oleum.

A sulfonação usando o  $SO_3$  pode ser feita usando como matéria prima  $SO_3$  líquido, ou partindo do enxofre e produzindo o  $SO_3$  pelo processo habitual:



A armazenagem de  $SO_3$  a granel está a ser alvo de alguma polémica no seio da CEE, devido aos perigos inerentes para as populações limítrofes. Este assunto é um dos que veio para a ribalta, em consequência da preocupação que se instalou, sobretudo depois dos acidentes de Seveso e Bhopal.

A tendência deverá ser, pois, no sentido de usar o enxofre como matéria prima, produzindo o  $SO_3$  no processo de sulfonação.

Para a sulfonação propriamente dita, existem diversos processos, de entre os quais se salientam os modernos processos contínuos em cascata e filme, cujos princípios básicos se resumem em seguida:

– Cascata:

Processo em que a sulfonação se realiza num conjunto de reactores em série (cascata). O  $SO_3$  gasoso entra em paralelo nos reactores, com a fracção maior entrando no primeiro reactor e a menor no último. Quanto ao LAB é alimentado no primeiro reactor e flui através da cascata. No entanto, podem ser alimentadas pequenas quantidades de LAB ao último reactor.

A mistura íntima entre o  $SO_3$  e o LAB nos reactores é feita por turbinas de alta velocidade, as quais também garantem que não há zonas de sobreaquecimento. O projecto dos reactores inclui um sistema de arrefecimento que remove o calor da reacção libertado, controlando a temperatura.

Após os reactores existe um vaso denominado digestor onde a reacção se completa. O produto do digestor pode ser automaticamente analisado, determinando-se o «óleo livre» que mede o conteúdo em LAB não reagido: se este valor for elevado, ocorre um corte automático no fluxo de LAB alimentado ao último reactor; caso contrário este fluxo é acrescido.

– Filme:

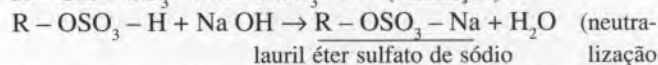
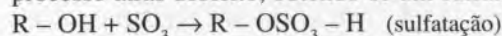
Neste processo a reacção ocorre num reactor multitubular, ao qual são alimentados o LAB e o  $SO_3$ . O LAB cai deslizando sobre as paredes dos tubos, formando um filme, enquanto que o  $SO_3$  circula pelos mesmos tubos em co corrente. A espessura do filme vai aumentando à medida que a reacção decorre e, na base do reactor, obtém-se o ácido sulfónico.

O arrefecimento é feito por água que circula na parte exterior dos tubos.

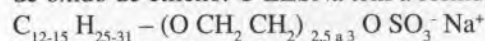
Após a produção do ácido sulfónico segue-se a neutralização, a qual se processa, em geral, com soda cáustica a 50%, obtendo-se o linear alquil benzeno sulfonato de sódio (LASNa) sob a forma de uma pasta branca, com uma concentração em geral da ordem dos 40-45%.

Lauril éter sulfato de sódio (LESNa)

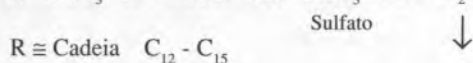
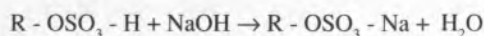
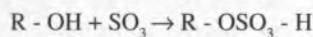
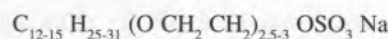
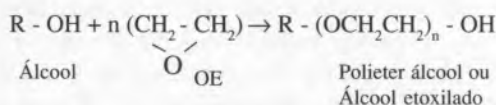
Se em vez de se usar o LAB, pode submeter-se um álcool ao processo atrás descrito, obtendo-se um sulfato:



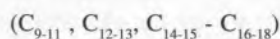
O lauril éter sulfato de sódio (LESNa) é o produto que se obtém se se usar como matéria prima um álcool laurico (mistura de alcoois de  $C_{12}$  a  $C_{15}$ ), etoxilado com 2,5 a 3 moles de óxido de etileno. O LESNa tem a fórmula molecular:



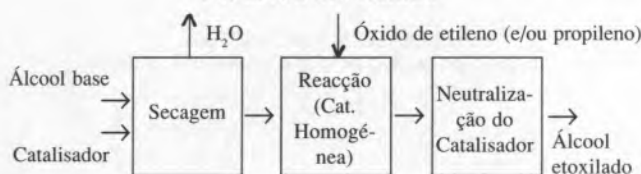
O fabrico do álcool laurico etoxilado será analisado no capítulo dos tensoactivos não iónicos.

**SULFATAÇÃO: ESQUEMAS REACCIONAIS****LAURIL ÉTER SULFATO DE SÓDIO: (LES Na)****TENSOACTIVOS NÃO-IÔNICOS****POLIÉTER ALCOOIS: ESQUEMA REACCIONAL**

R  $\equiv$  alquilfenóis ou cadeias lineares



n  $\equiv$  2 a 30

**PROCESSO DE FABRICO**

Quanto à produção do LESNa é em tudo idêntica à produção do LASNa, podendo usar-se a mesma instalação para ambos os produtos.

**Tensoactivos não iónicos**

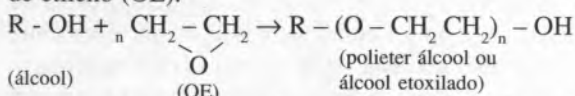
Nos tensoactivos não iónicos podemos considerar dois tipos de produtos:

- Poliéter alcoois
- Alcanolamidas de ácidos gordos

As alcanolamidas de ácidos gordos são produtos da reacção de uma alcanolamina com um ácido gordo, salientando-se de entre estes produtos a dietanolamida do óleo de coco, usada na indústria dos detergentes.

Os tensoactivos não iónicos do tipo poliéter álcool tem, porém, muito maior importância na indústria dos detergentes, pelo que os privilegiaremos nesta comunicação.

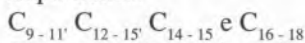
Os poliéter alcoois resultam da reacção de um álcool, alifático ou aromático, com um óxido de alquilenos, em geral o óxido de etileno (OE).



Entre os alcoois mais vulgarmente usados, cuja cadeia (R) vai constituir a parte lipofílica do tensoactivo, contam-se:

- alquilfenóis, principalmente o nonilfenol

– alcoois gordos lineares de cadeia variável, sendo os mais importantes:



Quanto ao número de moles de OE é muito variável, oscilando entre n=2 e n=30. Como é evidente, à medida que n aumenta, aumenta a parte hidrofílica da molécula constituída pela cadeia poliéter. Deste modo, com o aumento de n aumentará a solubilidade em meio aquoso do tensoactivo.

Entre os poliéter alcoois há produtos um pouco diferentes dos que acabamos de descrever. Assim:

- há produtos que são poliéter diois e não mono alcoois
- há produtos em que parte do óxido de alquilenos pode ser constituído por óxido de propileno ( $CH_2 - \underset{\text{O}}{\underset{|}{CH}} - CH_3$ ).

Em qualquer caso a reacção de produção é essencialmente semelhante à descrita, bastando partir de um diol (por exemplo um polipropileno glicol) para obter poliéter diois, e utilizar óxido de propileno em vez de óxido de etileno para obter propoxilados.

A produção dos tensoactivos não iónicos tem alguns aspectos delicados, nomeadamente:

- o álcool de base terá de ser previamente seco até teores muito baixos de humidade. Se tal não suceder, formar-se-ão poliglicóis por reacção da água com o óxido de alquilenos.
- Os óxidos de alquilenos são líquidos voláteis muito inflamáveis e que formam misturas explosivas com o ar. Em particular o óxido de etileno forma misturas explosivas com o ar para qualquer concentração de óxido superior a 3%. Este facto obriga a que estes produtos sejam feitos em instalações totalmente antideflagrantes e dotadas de meios de armazenagem e processamento adequados aos óxidos de alquilenos.
- A reacção do álcool com um óxido de alquilenos é fortemente exotérmica, e os óxidos são produtos voláteis. É, pois, essencial a existência de meios que permitam um apertado controle de temperatura e pressão, mesmo em condições de grande libertação de calor de reacção.

– Finalmente é necessário controlar rigorosamente a quantidade de álcool presente no reactor bem como a quantidade de óxido de alquilenos que se lhe adiciona, por forma a garantir que o produto final tem na molécula o número desejado de grupos éter.

Os tensoactivos não iónicos são fabricados em geral por um processo descontínuo, permitindo modificar-se de carga para carga os alcoois de base e as quantidades de óxido adicionadas, em instalações que satisfazem as condições atrás apontadas.

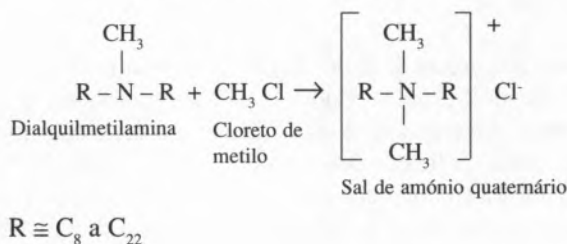
O processo de fabrico resume-se essencialmente à adição controlada de óxido ao álcool de base previamente seco. A reacção processa-se em presença de um catalisador básico desenvolvido na mistura reaccional, o qual é no final neutralizado.

**Tensoactivos catiónicos e anfotéricos**

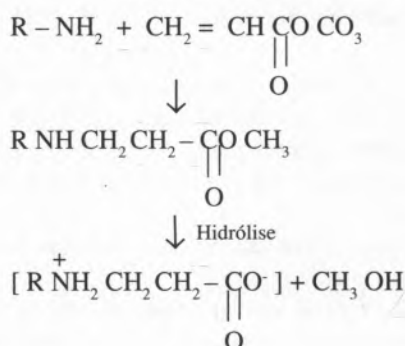
Estes tensoactivos têm uma aplicação muito restrita na indústria dos detergentes, pelo que não nos iremos debruçar sobre eles em detalhe. Assim, limitar-nos-emos a uma breve descrição da composição química de tensoactivos deste tipo usando para tal dois exemplos típicos.

Os tensoactivos catiónicos são regra geral compostos de

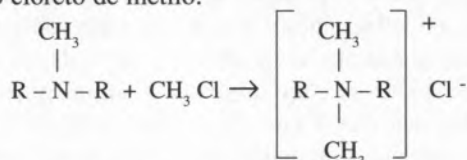
## TENSOACTIVOS CATIÓNICOS



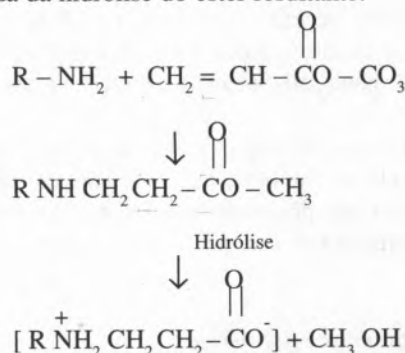
## TENSOACTIVOS ANFOTÉRICOS



amónio quaternário, podendo referir-se como exemplo, dada a sua importância na produção de amaciadores de roupa, os cloretos de dimetil dialquil amónio. Estes produtos podem produzir-se a partir da reacção de uma dialquilmetilamina com o cloreto de metilo:



Neste caso a parte hidrofílica é evidentemente o catião amónio, enquanto a parte hidrofóbica é constituída pelas cadeias que designámos por R ( $\text{C}_8$  a  $\text{C}_{22}$ , sendo muito usado o cloreto de dimetil diestearil amónio com  $\text{R} = \text{C}_{16-18} \text{H}_{33-37}$ ). Quanto aos tensoactivos anfotéricos cita-se como exemplo os ácidos N-alkil-β amino propiónicos que podem produzir-se pela reacção de aminas primárias com metil acrilato, seguida da hidrólise do ester resultante:



## Produtos biológicos

Como vimos atrás, os tensoactivos são particularmente adequados para a remoção de sujidades, devido ao seu alto poder detergente.

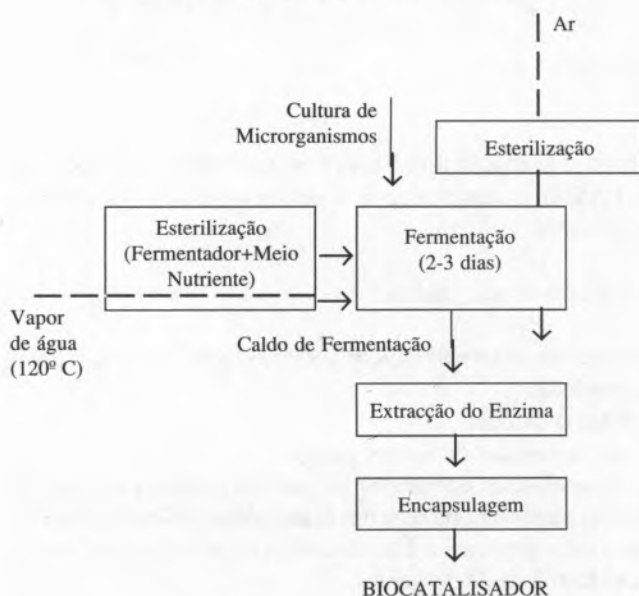
Há, no entanto, certos tipos de sujidade em que os tensoactivos não registam tanto sucesso: é, por exemplo, o caso das nódoas do tipo proteico como sangue, suor, ovo, leite, etc. Para a remoção eficiente das sujidades deste tipo recorre-se, regra geral, a um enzima adequado, que, no caso dado como exemplo, será uma protease.

Os enzimas são biocatalisadores produzidos por fermentação. Numa fermentação o elemento mais importante é um micro-organismo (no caso das proteases uma bactéria *Bacillus*) o qual é capaz de sintetizar o produto final desejado. Para tal o micro-organismo necessita de nutrientes que incluem açúcares, compostos de azoto, vitaminas e sais.

Os reactores de fermentação ou fermentadores são tanques equipados com agitação mecânica, entrada e saída de ar, entrada de vapor e equipamento para medição e controle do pH e da temperatura.

Antes de qualquer produção o líquido de nutrição bem como o reactor têm que ser esterilizados por forma a evitar a presença de micro-organismos, para além do desejado. Esta operação é feita usando vapor directo a 120°C e ela inclui, não só o reactor, mas toda a tubagem do processo.

Entretanto, uma cultura dos micro-organismos a utilizar é feita em laboratório e introduzida no fermentador após a esterilização.

PRODUTOS BIOLÓGICOS:  
SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO

O micro-organismo no seio do seu meio nutriente é agora deixado sob agitação e vai dar origem ao produto final pretendido.

Durante o processo de fermentação, o micro-organismo queima o açúcar e outros componentes da mistura nutriente, para o que precisa que haja oxigénio dissolvido na mistura. Como é evidente, o ar que entra no fermentador não poderá conter outros micro-organismos pelo que é purificado pela passagem através de espessos filtros de lã de vidro e carvão activado. A dispersão fina do ar na mistura líquida é feita



ENZIMAS VS. TENSOACTIVOS E LIXÍVIAS

Sujidade	Agente de remoção	Observações
Óleos e gorduras	Lípases	Processo biológico; mais caro
	Tensoactivos químicos	Processo químico; mais barato
Corantes e tintas	Oxidases	Processo biológico; mais caro
	Lixívias	Processo químico; mais barato

através da agitação mecânica. Refira-se, a propósito, que a alta viscosidade da matriz líquida obriga a que os agitadores usados nos fermentadores tenham potências muito elevadas. O processo de combustão dos nutrientes faz subir a temperatura do reactor, o qual tem que ser arrefecido com água por forma a que a temperatura permaneça nos valores óptimos para a fermentação. Também o pH é controlado por adição de um ácido ou de uma lixívia básica mantendo-se no valor desejado.

Após conclusão da fermentação, que pode levar alguns dias (2 a 3 dias para uma protease), obtém-se uma mistura cujo teor em produto final pode ser muito baixo (para uma proteose pode ser da ordem dos 2%).

O enzima é agora extraído por uma série de operações que envolvem a filtração da mistura líquida seguida da precipitação do enzima pela adição de sais inorgânicos e/ou solventes orgânicos. O precipitado é filtrado, centrifugado e por fim seco.

O enzima poderá ainda ser encapsulado, através da formação de um slurry com um tensoactivo não iónico (do tipo poliéter álcool) posteriormente injectado e seco em torre de secagem. Pelo processo que se acaba de descrever podem produzir-se outros enzimas, como por exemplo:

- α - amilases: adequados para a remoção de nódoas de amido
- lipases: adequados para nódoas de óleos e gorduras
- oxidases: adequados para a remoção de nódoas de corantes e tintas

Como é evidente, as lipases concorrem directamente com os tensoactivos químicos, enquanto as oxidases competem com as lixívias. Em ambos os casos a comparação em termos económicos é muito desfavorável para os enzimas, que são produtos de alto custo quando comparados com os componentes tradicionais dos detergentes comerciais.

Usando um processo de fermentação semelhante ao descrito atrás, podem produzir-se não só enzimas mas, também outras moléculas com propriedades tensoactivas que se designam geralmente por bio-tensoactivos.

Também para os bio-tensoactivos o factor preço é muito desfavorável, os quais se estima que custem três vezes mais que os tensoactivos químicos mais caros.

Este facto impediu, até agora, que alguns atraentes resultados já obtidos tenham tido tradução prática relevante. No entanto, há um interesse manifesto por este campo, que pode ser apreciado através do número de patentes já existentes que se listam no quadro seguinte:

Bio-tensoactivo	Microorganismo	Empresas
Lípido Trehalose	Rhodococcus	Wintershall 1984
«Liposurfactant»	Methylomonas	Hoechst 1984
«Emulsan»	Arthrobacter Acinetobacter	Biotechnologie AG 1981 Petroleum Ferm NV 1982
Lípido Sophorose	Torulopsis	Kao Soap 1979-1983
«Biosurfactant»	Corynebacterium Arthrobacter e outros	Canadian PD Ltd. 1976 Canadian PD Ltd. 1981
«Biosurfactant»	Penicillium	Inoue Japax 1978
«Biosurfactant»	Candida	VEB Schwedt 1979
Esteres de ácido gordo de frutose	Arthrobacter	Kyowa Hakko 1975
«Biosurfactant»	Candida e outros	Wintershall 1975, 1980
Surfactin	Bacillus	Takeda 1972
Lípido Trehalose	Arthrobacter	Kyowa Hakko 1970, 1972
«Biosurfactants»	Thiobacillus e outros	Philips Petroleum 1959, 1965

A par com alguns destes bio-tensoactivos com real interesse, outros há que possuem graves inconvenientes, como por exemplo efeitos laterais tóxicos (por exemplo o «Surfactin» é um forte agente hemolítico).

A aplicação em que os bio-tensoactivos tem tido maior sucesso não é em detergentes, mas sim como emulsionantes de óleos em água. Assim, por exemplo os «Emulsan», comercializados nos EUA desde 1981, tiveram como uma das suas primeiras aplicações a limpeza dos porões das barcas do Mississipi. Outra aplicação interessante dos bio-tensoactivos consiste na recuperação de petróleo «secundário» e «terciário» contido nos capilares das rochas dos poços de petróleo, através da produção in situ de bio-tensoactivos emulsionantes.

Apesar de a situação actual não ser ainda muito favorável, é possível que, no futuro, os bio-tensoactivos também encontrem aplicação na área dos detergentes, competindo ou complementando tensoactivos químicos.

Referências

[1] - J. M. FIGUEIRA DE MATOS e M. A. V. DE CAMPOS VIDAL, Rev. Port. Quim., 5, pág. 158 (1963).  
[2] - ELAINE MOORE, Detergentes, ed. Information Division, Unilever Limited, U. K. (1967).  
[3] - A. DAVIDSOHN e B. M. MILWIDSKY, «Synthetic Detergents», 4th. edition, Leonard Hill Books, London (1967).  
[4] - KENOBEL - Nobel Industries Sweden, Catálogo «We make life softer».  
[5] - J. FALBE e R. D. SCHMID, «Biotechnology and the Surfactants and Detergents Industry», Comunicaciones presentadas a las XVII Jornadas del Comité Español de la Detergencia, Madrid 1986, ed. A.I.D., Barcelona (1985).  
[6] - GIST BROCADES, «Production of Maxatase», artigo incluído nos catálogos.  
[7] - V. MOSES e MELANIE J. BROWN, «Biosurfactants for enhanced oil recovery», Comunicaciones presentadas a las XVII Jornadas del Comité Español de la Detergencia, Madrid 1986, ed. A.I.D., Barcelona (1985).

Agradecimento

O autor agradece ao Sr. Eng.º Emídio Martins dos Santos a colaboração prestada na revisão desta Comunicação e os comentários pertinentes que contribuíram significativamente para corrigir e melhorar a qualidade do trabalho apresentado.

## Convite à Reflexão ...

### O sentido do futuro

O ideal de eternidade que a física era portadora parece impor um frente-a-frente trágico entre o homem, cuja liberdade supõe e afirma o tempo, e um mundo passivo, domável e transparente ao conhecimento humano. O desenvolvimento das ciências contribuiu desta maneira para mobilizar em oposições inultrapassáveis as tensões que marcam, desde a sua origem, a cultura ocidental, o que também conduziu ao esgotamento do diálogo, tão fecundo em ideias e problemas até ao fim do século XVIII, entre ciências e filosofias.

A retoma desse diálogo parece-nos essencial. É impressionante verificar a que ponto é hoje frequente os cientistas voltarem-se para as filosofias orientais quando procuram meios de reflexão sobre o significado existencial da sua actividade. Assim, Schrödinger, um dos maiores físicos do século XX, expôs uma «concepção do mundo» inspirada essencialmente pelos *Vedas*. Os conceitos e os conhecimentos criados pela ciência não tinham, afirma ele, qualquer relação com uma «concepção filosófica do mundo». Outros, como David Bohm, procuram, pelo contrário, mostrar que, para além da linguagem dualista que as ciências herdaram da tradição ocidental, o seu desenvolvimento, em particular o da física quântica, nos conduz à descoberta dos caminhos do misticismo oriental. Do nosso ponto de vista, não

nos parece que as ciências modernas estejam predestinadas a manter relações unicamente com a tradição ocidental.

Todavia, não se trata para nós de propor uma «visão científica do mundo» que poderia unificar ciência e filosofia, suprimir as diferenças e as tensões. Uma «visão científica do mundo», qualquer que seja o conteúdo, é por definição fechada, portadora de certezas, privilegiando as respostas em contraposição às questões que as suscitaram. Não é uma «visão do mundo» que queríamos partilhar, mas sim uma visão da ciência. Da mesma forma que a arte e a filosofia, a ciência é, antes de toda a experimentação, criadora de questões e significados. Tal como a filosofia, ela não poderá dizer-nos o que «é» o tempo, mas, tal como a filosofia, a ciência tem como problema o tempo, a criação de uma coerência entre a nossa experiência mais íntima, que é a do tempo, e as nossas formas de descrever o mundo e nós próprios, que emergimos deste mundo.

Esta visão da ciência tem, é claro, um alcance utópico, traduz a necessidade que sentimos de nos libertar da imagem, hoje ainda dominante, de uma racionalidade científica neutra, destinada a destruir o que não consegue compreender e contra a qual deveriam ser defendidas as questões e as paixões que dão o sentido à vida humana.

Y. Proggine e I. Stengers,  
"Entre o tempo e a eternidade"