

# Polímeros Condutores

**Roselena Faez, Cristiane Reis, Patrícia Scandiucci de Freitas, Oscar K. Kosima, Giacomo Ruggeri e Marco-A. De Paoli**

Este artigo discute o que são os polímeros condutores e como eles conduzem eletricidade. Também apresenta os métodos de obtenção e as principais aplicações deste importante tipo de polímero.

► plástico condutor, materiais, polímeros ◀

O termo polímero representa um grande número de substâncias, algumas de ocorrência natural e outras sintéticas. O início de sua utilização pelo homem se confunde com a história. No entanto, o desenvolvimento sintético teve início em princípios do século 20, sob base ainda empírica. Apenas às vésperas da Segunda Guerra Mundial, os polímeros começaram a ser preparados e os conceitos que envolvem esta classe de materiais começaram a ser estudados. A idéia de associar propriedades elétricas dos metais às propriedades mecânicas dos polímeros ocorreu por volta dos anos 50, pela incorporação de cargas condutoras (negro de fumo, fibras metálicas ou fibra de carbono) a estes, produzindo os chamados “polímeros condutores extrínsecos” (extrínsecos pois a carga condutora é adicionada). Recentemente, uma outra classe de materiais condutores, os “polímeros condutores intrínsecos”, vem sendo estudada e suas propriedades específicas têm

**Os polímeros condutores são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores**

contribuído muito para uso em diversas aplicações. Estes polímeros conduzem corrente elétrica sem a incorporação de cargas condutoras.

## A descoberta da propriedade condutora em polímeros

Por muito tempo, as tentativas para obter um polímero condutor foram frustradas. Somente no início da década de 70, uma classe de polímeros foi preparada com significativa capacidade de conduzir eletricidade, embora a idéia de que sólidos orgânicos apresentassem alta condutividade elétrica, comparável à dos metais, tenha sido proposta há mais de meio século. A descoberta dos polímeros condutores teve início acidentalmente no laboratório de Hideo Shirakawa do Instituto de Tecnologia de Tóquio, em 1976. Na tentativa de sintetizar o poliacetileno (um pó preto), um estudante de Shirakawa produziu um lustroso filme prateado, parecido com uma folha de alumínio. Revendo a metodologia, o estudante verificou que havia utilizado uma quantidade de

catalisador 1000 vezes maior que a necessária.

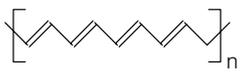
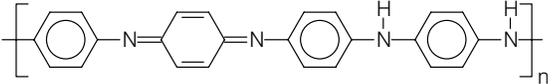
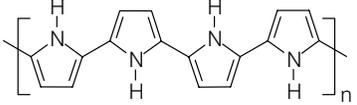
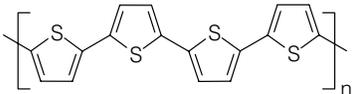
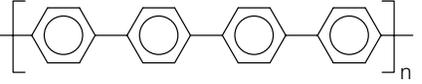
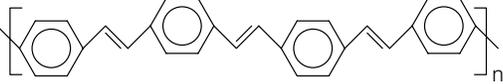
Em 1977, Shirakawa, trabalhando em colaboração com MacDiarmid e Heeger na Universidade da Pensilvânia, EUA, verificou que após a dopagem do poliacetileno com iodo, o filme prateado flexível tornou-se uma folha metálica dourada, cuja condutividade elétrica era sensivelmente aumentada. Na década de 80, os pesquisadores Naarmann e Theophilou da BASF AG, em Ludwingshafen, Alemanha, conseguiram incrementar ainda mais a condutividade do poliacetileno. Usando um novo catalisador e orientando o filme por estiramento, conseguiram, após dopagem, condutividade semelhante à do cobre metálico à temperatura ambiente ( $10^6 \text{ S cm}^{-1}$ ). A descoberta do poliacetileno condutor mostrou que não havia nenhuma razão para que um polímero orgânico não pudesse ser um bom condutor de eletricidade. Desta forma, outros polímeros condutores foram preparados.

## Estrutura molecular e propriedades de condução

Os polímeros condutores são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores. O mais adequado seria chamá-los de “polímeros conju-

A seção “Atualidades em química” procura apresentar assuntos que mostrem como a química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária revisão de conceitos.

Tabela 1: Estrutura dos principais polímeros intrinsecamente condutores.

Polímero condutor	Condutividade / S cm <sup>-1</sup>
 Poliacetileno	10 <sup>3</sup> a 10 <sup>6</sup>
 Polianilina	10 a 10 <sup>3</sup>
 Polipirrol	600
 Politiofeno	200
 Poli(p-fenileno)	500
 Poli(p-fenileno vinileno)	1

gados” porque são formados por cadeias contendo duplas ligações C=C conjugadas (vide Tabela 1). Esta conjugação permite que seja criado um fluxo de elétrons em condições específicas, como discutido a seguir.

Os elétrons  $\pi$  da dupla ligação podem ser facilmente removidos ou adicionados para formar um íon, neste caso polimérico. A oxidação/redução da cadeia polimérica é efetuada por agentes de transferência de carga (aceptores/doadores de elétrons), convertendo o polímero de isolante em condutor ou semiconductor. Esses agentes são chamados de “dopantes” em analogia com a dopagem dos semicondutores, porém são adicionados em quantidades muito superiores, pois a massa do dopante pode chegar a até 50% da massa total do composto. Nos semicondutores inorgânicos, a condutividade só é alcançada pela inserção de elementos (dopantes) que possam doar ou receber elétrons a fim de proporcionar um fluxo de elétrons e assim gerar portadores de corrente elétrica.

A condutividade elétrica dos polímeros foi primeiramente explicada com base no “modelo de bandas”, semelhante aos semicondutores inorgânicos. Num cristal, como em um polímero, a interação da cela unitária com todos os seus vizinhos leva à formação de bandas eletrônicas. Os níveis eletrônicos ocupados de mais alta energia constituem a banda de valência (BV) e os níveis eletrônicos vazios de mais baixa energia, a banda de condução (BC). Estes estão separados por uma faixa de energia proibida chamada de *band-gap* (também chamada de “hiato”), cuja largura determina as propriedades elétricas intrínsecas do material. Esse “modelo de bandas” foi discutido por Toma em *Química Nova na Escola* de novembro de 1997.

No caso do poliacetileno, uma oxidação remove elétrons do topo da banda de valência e uma redução adiciona

elétrons na banda de condução. Isso forma bandas semipreenchidas, como no caso dos metais. No entanto, esse modelo não explica o fato de que a condutividade está associada a portadores de carga de spin zero e não a elétrons deslocalizados.

Da mesma forma que em qualquer sólido, em um polímero o processo de ionização resulta na criação de uma lacuna no topo da banda de valência. Neste caso, três observações podem ser feitas:

1. Pela definição exata do processo nenhuma relaxação geométrica (distorção do retículo) ocorre na cadeia polimérica.
2. A carga positiva gerada permanece deslocalizada sobre toda a cadeia polimérica.
3. A presença da lacuna (nível desocupado) no topo da banda de valência confere um caráter metálico ao processo.

Contudo, em sólidos unidimensionais dos quais os polímeros condutores fazem parte, pode ser energeticamente favorável localizar a carga que aparece sobre a cadeia (criando um defeito) e ter ao redor desta carga uma distorção local do retículo (relaxação) - Teorema de Peierl. Esse processo resulta no aparecimento de estados eletrônicos localizados no interior do *band-gap*.

Considerando-se o caso da oxidação, isto é, a remoção de um elétron da cadeia, há a formação de um cátion radical (também chamado de polaron em química de sólidos). Esta pode ser interpretada como a redistribuição de elétrons  $\pi$ , que polariza a cadeia polimérica apenas localmente, produzindo uma modificação de curto alcance na

distribuição espacial dos átomos. Em termos químicos, um polaron consiste em um íon radical com carga unitária e spin = 1/2, associado a uma distorção do retículo e à presença de estados localizados

no *band-gap* (vide Figura 1). No processo de formação do polaron, a banda de valência permanece cheia e a banda de condução vazia, e não há o

**A condutividade elétrica dos polímeros foi primeiramente explicada com base no “modelo de bandas”, semelhante aos semicondutores inorgânicos**

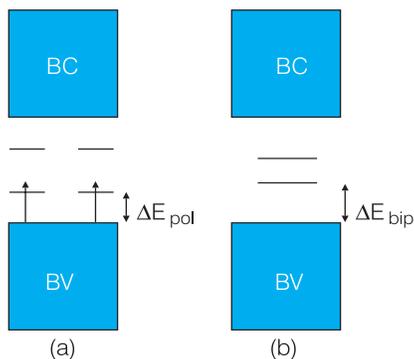


Figura 1: Modelo de bandas para um polímero condutor: a) *polarons* e b) *bipolaron*.

aparecimento do caráter metálico, uma vez que o nível parcialmente ocupado está localizado no *band-gap*.

Quando um segundo elétron é removido da cadeia, pode-se ter duas situações: ou o elétron é removido da cadeia polimérica ocasionando a criação de mais um estado polaron ou é removido do estado polaron já existente. No último caso, ocorre a formação de um bipolaron, que é definido como um par de cargas iguais (dicatión com spin = 0, associado a uma forte distorção do retículo). A formação de um bipolaron é favorecida em relação à formação de dois polarons, uma vez que o ganho de energia decorrente da interação de duas cargas com o retículo é maior do que a repulsão coulômbica entre as cargas de mesmo sinal.

Portanto, assim como nos semicondutores inorgânicos, os polímeros con-

dutores devem ser dopados para apresentar maior condutividade. Entretanto, de forma diferente dos semicondutores, os portadores de carga não são elétrons ou buracos localizados no interior de bandas e sim defeitos carregados, os polarons e bipolarons, localizados ao longo da cadeia polimérica. Essa particularidade influencia diretamente o mecanismo de transporte no interior da cadeia do polímero.

Na maioria dos polímeros condutores, como polipirrol e politiofeno, o processo de dopagem ocorre simultaneamente com a oxidação da cadeia. Elétrons são retirados da cadeia durante a oxidação e há inserção de contraíons (dopantes) para balancear a carga. Os mais conhecidos aceptores e doadores de elétrons, incluindo-se agentes fortes e fracos, são:  $\text{AsF}_5$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{BF}_3$ , HF, Li, Na e K, respectivamente. O processo de dopagem pode ser realizado por métodos químicos ou apenas pela exposição dos polímeros condutores aos vapores dos agentes de transferência de carga.

A polianilina e seus derivados formam uma outra classe de polímeros condutores em relação ao processo de dopagem. Ela pode ser dopada por protonação, isto é, sem que ocorra alteração do número de elétrons (oxidação/redução) associados à cadeia polimérica. A polianilina pode ocorrer em diferentes estados de oxida-

ção, dos quais a forma esmeraldina, 50% oxidada, é a mais estável (vide Tabela 2).

A forma base esmeraldina (isolante) do polímero pode reagir com ácidos (HCl) resultando na forma sal esmeraldina (condutora). A reação de protonação ocorre principalmente nos nitrogênios imínicos da polianilina ( $-\text{N}=\text{}$ ). Este estado contém duas unidades repetitivas, a amina-fenileno e a imina-quinona. Além da elevada condutividade elétrica, que chega à ordem de  $10^2 \text{ S cm}^{-1}$ , outra propriedade interessante da polianilina é exibir diferentes colorações quando se variam as condições de pH ou o potencial elétrico.

## Síntese

Os polímeros condutores podem ser sintetizados por três métodos de polimerização: química (vide quadro na página seguinte), eletroquímica e fotoeletroquímica. Dentre estes métodos, a síntese química é a mais utilizada e industrialmente é a mais vantajosa por possibilitar a produção de grandes quantidades de material.

### Como nos semicondutores inorgânicos, os polímeros condutores devem ser dopados para apresentar maior condutividade

Algumas rotas de síntese são muito simples e podem ser adaptadas para escala piloto ou industrial (poli(*p*-fenil vinileno), polipirrol e polianilina). Outras requerem ambientes isentos de umidade (polifenilenos e politiofenos).

O produto da oxidação da anilina foi primeiramente preparado em 1862,

Tabela 2: Os três estados de oxidação mais importantes da polianilina: leucoesmeraldina, esmeraldina (isolante e condutora) e pernigranilina.

Estado de oxidação	Estrutura	Cor*	Característica
Leucoesmeraldina		amarela 310	isolante completamente reduzida
Sal de esmeraldina		verde 320, 420, 800	condutora parcialmente oxidada
Base esmeraldina		azul 320, 620	isolante parcialmente oxidada
Pernigranilina		púrpura 320, 530	isolante completamente oxidada

\* Os valores numéricos referem-se ao comprimento de onda (em nanômetros) onde a absorção é máxima.

## Vamos sintetizar polianilina?

Se você tem interesse em conhecer mais de perto um polímero condutor, aqui é mostrado como se preparar a polianilina, um dos polímeros condutores mais conhecidos. Antes de começar o experimento tenha certeza de que você dispõe de um laboratório seguro, com capela equipada com exaustor e equipamentos de segurança pois haverá evolução de vapores corrosivos e irritantes durante a dissolução dos reagentes. Também é necessário o uso de avental, óculos de segurança, luvas e sapato fechado, cuidados que devem ser usuais em um laboratório para se evitar ferimentos em caso de acidente. Lembre-se: o ácido é corrosivo e pode queimar a pele e a anilina é tóxica, pode conter um subproduto que causa câncer e o persulfato de amônio,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ , é altamente oxidante, portanto evite contato com os reagentes.

Você vai precisar de:

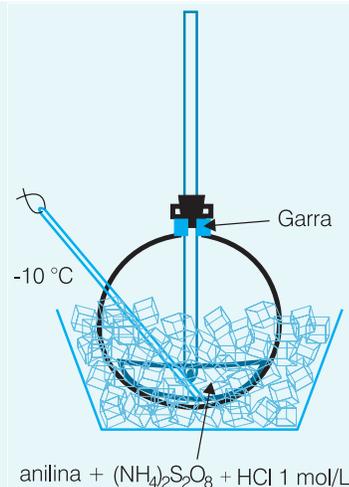
- balão de fundo redondo de 250 mL
- termômetro
- haste de agitação e agitador mecânico ou barra de agitação (peixinho) e agitador magnético (o peixinho pode não girar constantemente com a deposição de sólido)
- recipiente onde será colocado o balão em banho com gelo e sal grosso
- funil de Büchner
- Kitazato
- trompa de vácuo
- dessecador com  $\text{CaCl}_2$
- balança
- multímetro

Reagentes:

- 100 mL de solução de HCl 1 mol/L
- 2 mL de anilina
- 6 g de  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$

Monte o balão. Dissolva a anilina em 20 mL de solução de HCl dentro do balão. Mantenha o balão dentro do reci-

piente contendo o gelo e o sal grosso, procure manter o sistema a  $-10^\circ\text{C}$ . Separadamente dissolva o  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  no restante da solução de HCl. Adicione lenta e cuidadosamente a solução de  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  ao balão contendo a anilina, sob agitação. Mantenha a agitação por 2 h. O meio reacional deverá mudar de coloração, podendo passar por tons de vinho, roxo e azul até começar a se depositar o precipitado. Filtre o precipitado em funil de Büchner sob vácuo, lavando-o com solução de HCl 1 mol/L. Seque em dessecador contendo  $\text{CaCl}_2$ . Monitore a secagem pesando o sólido periodicamente até massa constante, o que pode levar alguns dias. O material obtido será um pó com coloração escura, quase preta e tonalidade esverdeada e não se parece com os polímeros utilizados em embalagens, utensílios domésticos, carcaças de equipamentos, entre outros. Quando o polímero estiver seco, faça uma pastilha em um pastilhador para pastilhas para infravermelho. Meça a condutividade com um multímetro e compare com vários tipos de plásticos e borrachas. Separe uma parte da polianilina e coloque em um meio básico (solução de NaOH, por exemplo), a coloração muda de esverdeado para azulado. Filtre, lave com água destilada e seque (desta vez pode ser em estufa). Faça uma nova pastilha e meça a condutividade com o multímetro. Compare com a amostra anterior. A primeira amostra estava dopada com HCl, sendo condutora, na segunda o dopante foi removido, tornando a polianilina isolante.



Montagem do sistema para síntese da polianilina.

porém suas propriedades foram reconhecidas somente cerca de 100 anos depois (década de 80 do século 20), despertando um interesse particular devido ao baixo custo de produção, facilidade de síntese e alto rendimento. As sínteses da polianilina e do polipirrol podem ser realizadas de maneiras semelhantes sob a ação de um agente oxidante. No caso da polianilina, é essencial manter um meio com  $\text{pH} \approx 1,0$ . Alguns dos agentes oxidantes estudados para a polianilina foram  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KMnO}_4$  ou  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Para o polipirrol usa-se  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ . Agentes oxidantes comuns a ambos são o  $\text{FeCl}_3$  ou  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ , este último muito utilizado

por apresentar bons resultados, como rendimento e condutividade (vide Figura 2). O politiofeno e seus derivados podem ser obtidos por polimerização com  $\text{FeCl}_3$  ou  $\text{CuClO}_4$ .

Os polímeros condutores também podem ser depositados eletroquimicamente na forma de filmes sobre eletrodos metálicos ou semicondutores. A célula eletroquímica consiste de um eletrodo de trabalho (o eletrodo onde o filme do polímero vai ser depositado), um contra-eletrodo e um eletrodo de referência. Estes são

imersos em uma solução que contenha o monômero e o eletrólito (os ânions dopantes). No caso da anilina, é necessário acidificar o meio. O meio reacional pode ser aquoso ou orgânico, dependendo da solubilidade do precursor polimérico e da estabilidade do produto. As dimensões do filme formado são limitadas pela área geométrica do eletrodo e pela densidade de carga utilizada na síntese. Industrial-

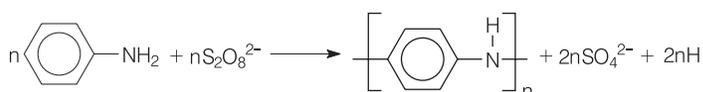


Figura 2: Principal método de síntese da polianilina.

mente esta técnica é utilizada na preparação de filmes poliméricos para a produção de baterias recarregáveis ou para polimerização *in situ*, utilizando-se outros materiais como matriz.

A preparação eletroquímica de filmes de polipirrol em larga escala foi desenvolvida pela BASF AG (Ludwigshafen) através de dois métodos de produção contínua usando-se eletrodos cilíndricos, conforme esquema da Figura 3. Os principais fatores que afetam a produção contínua são o tempo de residência no anodo ou a velocidade de rotação do eletrodo, a concentração do monômero, a concentração dos sais eletrolíticos e a densidade de carga. Na prática, o processo consiste na retirada do filme polimérico diretamente do eletrodo à medida que vai se depositando a partir do eletrólito que contém o monômero. Dependendo das condições de reação é possível produzir filmes flexíveis de 30 m x 150 m. O mecanismo da reação é mostrado na Figura 4.

### Aplicações

Os polímeros condutores podem ser utilizados em muitas aplicações como mostrado na Tabela 3. No entanto, eles só vão conseguir entrar no mercado quando oferecerem "algo mais" que os compostos já existentes. A seguir será discutido um exemplo de aplicação.

### Dispositivos eletrocromáticos

Eletrocromismo é o fenômeno de

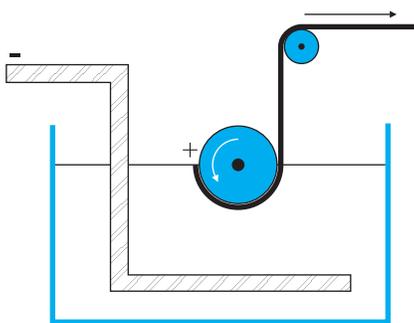


Figura 3: Processo de produção contínua de polipirrol. O anodo tem a forma de um tambor rotativo e permite a remoção do filme da solução.

alteração de coloração induzido em alguns materiais por processos eletroquímicos reversíveis. A aplicação de um potencial externo nos polímeros condutores faz com que estes passem da forma condutora para a isolante com grande contraste cromático (variação de cor). Estas propriedades tornam os polímeros condutores candidatos promissores para aplicação em dispositivos eletrocromáticos. Um dispositivo eletrocromático é essencialmente uma célula eletroquímica na

qual o eletrodo eletrocromático é separado do contra-eletrodo por um eletrólito líquido ou sólido e a mudança de coloração ocorre pela carga/descarga da célula eletroquímica quando uma pequena diferença de potencial é aplicada (vide Figura 5). Um dispositivo eletrocromático é utilizado comercialmente em embalagens de pilhas alcalinas para avaliar a carga da bateria e em espelhos retrovisores de automóveis para evitar o ofuscamento do motorista.

Tabela 3: Algumas aplicações dos polímeros condutores.

Aplicação	Fenômeno	Uso
Eletrodos	transferência de carga	baterias recarregáveis, sensores, capacitores
Dispositivos eletrocromáticos	variação de cor com aplicação de potencial	janelas inteligentes
Músculos artificiais	movimentação mecânica de um filme pela aplicação de potencial	transdutor mecânico para robótica
LEDs	emissão de luz	monitores e mostradores
Protetor antiestático	eliminação de carga estática	microeletrônica
Anticorrosivos	proteção contra corrosão	tintas
Células solares	transformação de energia luminosa em energia elétrica	fonte alternativa de energia
Blindagem eletromagnética	absorção de radiação (diminui interferência nos equipamentos eletrônicos)	marinha, aeronáutica e telecomunicações

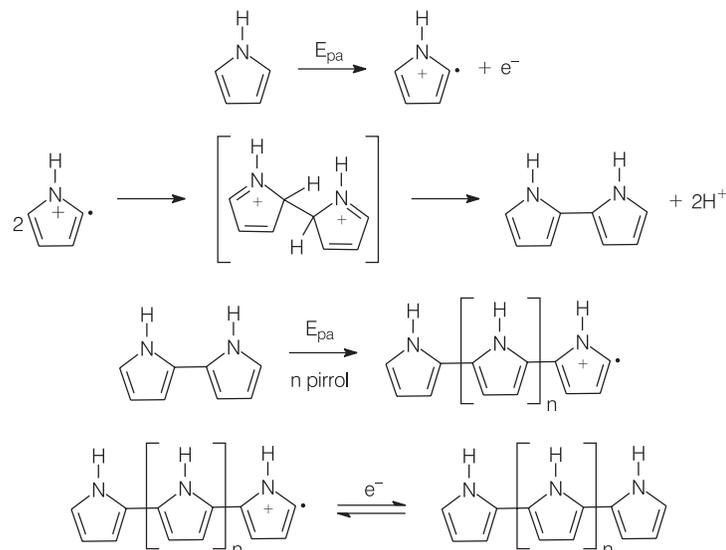


Figura 4: Mecanismo de reação da eletropolimerização do pirrol.

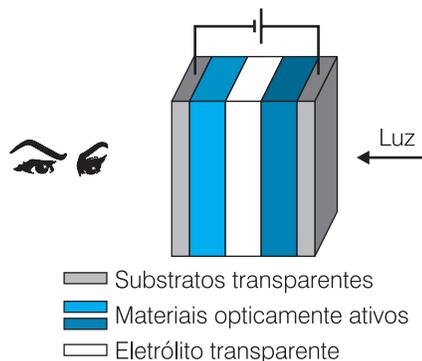


Figura 5: Esquema de um dispositivo eletrocromico.

### Grupos de pesquisa no Brasil

Existem vários grupos de pesquisa no mundo inteiro que trabalham com pesquisas básica e aplicada na área de polímeros condutores. Aqui no Brasil, há também vários grupos de pesquisa nesta área, enumerados na Tabela 4.

Tabela 4: Instituições onde há grupos de pesquisadores de polímeros condutores no Brasil.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA	Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária- CNPDIA - São Carlos
Universidade de São Paulo	Instituto de Física de São Carlos Instituto de Química de São Carlos Instituto de Química (São Paulo)
Universidade Estadual de Campinas	Faculdade de Engenharia Química Instituto de Física Gleb Wataghin Instituto de Química
Universidade Estadual Paulista	Departamento de Física da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
Universidade Federal da Paraíba	Departamento de Engenharia Química
Universidade Federal de Minas Gerais	Departamento de Química
Universidade Federal de Pernambuco	Departamento de Química Fundamental
Universidade Federal de Piauí	Departamento de Química
Universidade Federal de São Carlos	Departamento de Engenharia de Materiais Departamento de Física Departamento de Química
Universidade Federal do Paraná	Departamento de Química Departamento de Física
Universidade Federal do Rio de Janeiro	Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Química Instituto de Química
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Escola de Engenharia Instituto de Química

18

**Roselena Faez**, bacharel e licenciada em química pela UNESP-Ararquara e doutora em ciências pela UNICAMP, é pesquisadora do Departamento de Materiais do Centro Técnico Aeroespacial do ITA. **Cristiane Reis Martins**, engenheira química pela UNICAMP, é doutoranda em química no Instituto de Química da UNICAMP. **Patrícia Scandiucci de Freitas**, bacharel em química pela UNICAMP, é doutoranda em química no Instituto de Química da UNICAMP. **Oscar K. Kosima** é bacharel em química pela UNICAMP. **Giacomo Ruggeri**, é docente do Departamento de Química e Química Industrial da Universidade de Pisa, na Itália, e professor visitante do Instituto de Química da UNICAMP. **Marco-A. De Paoli** (mdepaoli@iqm.unicamp.br), doutor em ciências pela USP, é professor titular do Instituto de Química da UNICAMP e membro titular da Academia Brasileira de Ciências.

#### Para saber mais

ZOPPI, R.A. e DE PAOLI, M.-A. Aplicações tecnológicas de polímeros condutores: perspectivas atuais. *Química Nova*, v. 16, n. 6, p. 560-569, 1993.

MATTOSO, L.H.C. Polianilinas: síntese, estrutura e propriedades. *Química*

*ca Nova*, v. 19, n. 4, p. 388-399, 1996.

TOMA, H.E. Ligação química: abordagem clássica ou quântica. *Química Nova na Escola*, n. 6, p. 8-12, 1997.

SIMIELLI, E.R. Aspectos históricos de ciência e tecnologia de polímeros no Brasil. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 4, p. 6-8, 1998.

### Educación Química completa dez anos



A revista *Educación Química*, editada pela Faculdade de Química da Universidade Nacional Autónoma do México (UNAM), completou dez anos em 1999. Segundo seu editor, Andoni Garritz, ela "pretende ser um fórum de orientação e análise que propicie a melhoria do processo de ensino-aprendizagem da química, para o bem dos alunos e da sociedade".

Para seu 10º volume foi planejada a publicação de uma série de artigos especiais, em uma seção denominada de "De aniversário". Infelizmente, dada a longa greve ocorrida na UNAM em 1999/2000, em 1999 só foram publicados dois dos seis números previstos. Recentemente, foi retomada a publicação da revista, sendo que para 2000 estão planejados quatro números.

O primeiro número de 2000 (<http://www.fquim.unam.mx/eq/index111.html>) contém, entre outros, artigos sobre a situação do ensino de Química na Venezuela, Panamá, Chile, Brasil e México. O artigo "A educação química no Brasil: uma visão através das pesquisas e pu-

blicações da área" foi escrito por Nelson Rui Ribas Bejarano e Anna Maria Pessoa de Carvalho, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Neste artigo de oito páginas, além de examinarem as dissertações/teses defendidas na área de ensino de ciências e de educação química (1972 a 1996), os autores analisaram o que foi publicado na seção Educação Química de *Química Nova* (95 a 98) e nos primeiros oito números de *Química Nova na Escola*, seção por seção. Cópia do artigo pode ser obtida no sítio de internet de *Educación Química*.

(RCRF)