

**REVISTA
DE QUÍMICA
INDUSTRIAL**

RQI



UMA PUBLICAÇÃO DA ABQ - ANO 69 - Nº 717 - 2001

**XL CBQ
QUÍMICA EM FOCO**

**CÉLULA DE ENERGIA
PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL**

Associação Brasileira de Química e suas Regionais

	SEDE ADMINISTRATIVA: Rua Senador Furtado, 121 Sala 221 20270-000 Rio de Janeiro RJ Tel: 0 XX 21 872-4420 Fax: 0 XX 21 872-4421 e-mail: abqj@alternex.com.br	
ABQ NACIONAL Presidente: Prof. Airton Marques da Silva e-mail: airton@ufc.br Vice- Presidente:	ABQ-Regional MARANHÃO Presidente: Prof ^a . Maria da Graça Silva Nunes Prédio do Centro Tecnológico Campus do Bacanga 65080-000 São Luís MA Tel: 0 XX 98 217-8227/8228 Fax: 0 XX 98 217-8063	ABQ-Regional PIAUÍ Presidente: Prof. José Ribeiro dos Santos Jr Dept. de Química UFPI/CCN Campus Universitário 64049-550 Terezina PI Tel: 0 XX 86 232-1211 Fax: 0 XX 86 232-1729
ABQ-Regional AMAZONAS Presidente: Dr. Kleber Filgueiras Bastos Dept. de Química /ICE Av. Rodrigo Otávio J. Ramos, 3000 Mini Campus Universitário 69077-000 Manaus AM Tel/Fax: 0 XX 92 644-1510 / 1610 / 2006	ABQ-Regional MINAS GERAIS Presidente: Profa. Miriam S. dos Santos Rua São Paulo, 409 – 16º andar 30170-902 Belo Horizonte MG Tel: 0 XX 31 319-5151 Fax: 0 XX 31 319-5142 e-mail: mstassun@cefetonline.com.br	ABQ-Regional RIO DE JANEIRO Presid.: Prof ^a . Rita de Cássia A. Costa Rua Senador Furtado, 121 sala 217 20270-000 Rio de Janeiro RJ Tel: 0 XX 21 569-1771 ram. 257 Fax: 0 XX-21 567-0283 email:rcosta@domain.com.br
ABQ-Regional BAHIA Presidente: Prof. Djalma Jorge Nunes Av. Tancredo Neves, 274/Sala 614 Bl.A Centro Emoesarial Iguatemi 41826-900 Salvador Bahia Tel/Fax: 0 XX 71 450-8396 e-mail: crq@svn.com.br	ABQ-Regional PARÁ Presidente: Prof ^a . Maria Helena Bentes Rua Ó de Almeida, 490/704 66017-050 Belém PA Tel/Fax: 0 21 91 222-0870 e-mail: helena@ufpa.br	ABQ-Regional RIO GRANDE DO NORTE Presidente: Prof ^a . Dulce Araújo Melo Depto. de Química/UFRN Caixa Postal 1662 59072-970 Natal RN Tel: 0 XX 84 215-3826 email:dmelo@matrix.com.br
ABQ-Regional CEARÁ Presidente: Prof. Antonio Carlos Magalhães Caixa Postal 12152 60021-970 Fortaleza CE Tel/Fax: 0 XX 85 288-9974 email:abqce@ufc.br	ABQ-Regional PARAÍBA Presidente: Maria de Fátima N. de Souza Dept. de Química-CCT/UFPB Rua Juvêncio Arruda, s/n-Campus Universitário-Bocongó 58790-160 Campina Grande PB Tel/Fax: 0 XX 83 333-1821/1763 e-mail:majoba@openline.com.br	ABQ-Regional RIO GRANDE DO SUL Presidente: Newton Mário Battastini Rua Dr. Flores, 307 - sala 702 90220-123 Porto Alegre RS Tel/Fax: 0 XX 51 225-9461 email: abqrs@zaz.com.br
ABQ-Regional GOIÁS Presidente: Prof. Wilson Botter Jr. Inst. de Química/UFG Campus Samambaia 74001-970 Goiânia GO Tel/Fax: 0 XX 62 821-1059 e-mail: wilson@quimica.ufg.br abq@quimica.ufg.br	ABQ-Regional PERNAMBUCO Presidente: Prof ^a . Silvana Calado Dept. de Eng. Química UFPE Rua Prof. Artur Sá, s/n Cidade Universitária 50740-521 Recife PE Tel: 0 XX 81 462-2899 Fax: 0 21 81 271-8247 e-mail: sil@elogica.com.br abq@npd.ufpe.br	ABQ-Regional SÃO PAULO Presidente: Prof. Omar El Seoud Inst. de Química/USP B-3 térreo sala 306 Av. Prof. Lineu Prestes, 748 05508-800 São Paulo SP Tel/Fax: 0 XX 11 818- 2159 e-mail:abqsp@quim.iq.usp.br



Associação Brasileira de Química

Utilidade Pública Federal – Decreto 33254 de 08-07-53



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA

Utilidade Pública: Decreto Nº 33254, de
08/07/1953

Home Page: www.abq.org.br

Rua Senador Furtado, 121 Sala 221
Tel.: 0 XX 21 872-4420, Fax: 0 XX 21 872-4421
e-mail: abqri@alternex.com.br
CEP 20270-021 - Rio de Janeiro - RJ

CONSELHO DIRETOR DA ABQ

Carmen Lúcia Branquinho(1997/2001), Cláudio Couto(1999/
2003), David Tabak(1999/2003), Harry Serruya(1999/2001), Léa
Barbieri Zinner(1997/2001), Magda Beretta(1999/2003), Omar
El Seoud(1997/2001).

DIRETORIA DA ABQ

Airton Marques da Silva (Presidente), Vago (Vice-Presidente),
Cláudio Couto (Diretor Secretário), Arkerne Rodrigues
Sucupira (Diretor Tesoureiro), Arno Gleisner (Diretor de Pla-
nejamento), Arkerne Rodrigues Sucupira (Diretor de Even-
tos), Avaro Chrispino (Diretor de Educação e Difusão), Harry
Serruya (Diretor de Expansão), Magda Beretta (Diretora de
Integração Nacional), Dulce Melo (Diretora Técnico-Científica),
Silvana Calado (Diretora de Extensão), Paulo Celso Isolani
(Diretor de Intercâmbio Internacional), Eduardo McMannis
Torres (Diretor de Assuntos do Mercosul), Carmen Lúcia Bran-
quinho (Diretora do Núcleo de Informação), Sergio Melo (Di-
retor para Assuntos das Olimpíadas)

COMITÊ BRASILEIRO JUNTO À IUPAC

Carmen Lúcia Branquinho (Representante da ABQ junto ao
Comitê Brasileiro de Assuntos de Química).

COMITÊ JUNTO A FLAQ

Geraldo Vicentini (Representante da ABQ)

GERÊNCIA ADMINISTRATIVA E DE EVENTOS

Celso Augusto Fernandes

Publicação Técnica e Científica de química aplicada a indús-
tria. Circula desde fevereiro de 1932 nos setores de especi-
alidades químicas, petroquímica, química fina, polímeros
sintéticos, celulose, tintas e vernizes, combustíveis,
fármacos, instrumentação científica, borracha, vidros, têx-
teis, biotecnologia, instrumentação analítica e outros.

FUNDADOR

Jayme da Nóbrega Santa Rosa

CONSELHO DE REDAÇÃO

Arkerne Rodrigues Sucupira, Elicia Biasotto Mano, Elisabeth E.
C. Monteiro, Fernando M. B. Coutinho, Kurt Politzer, Otto Richard
Gottlieb, Peter Rudolf Seidl, Roberto Rodrigues Coelho.

PRODUÇÃO EDITORIAL

José S. T. Coutinho
Celso Augusto Fernandes

COLABORADOR

Wilson Milfont Jr.

SECRETÁRIA GERAL

Janaina M. Santos

CONTABILIDADE

Miguel Dawdman

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA, FOTOLITOS E IMPRESSÃO

Sermograf Artes Gráficas e Editora Ltda.

Rua São Sebastião, 199

Tel.: 0 XX 24 237-3769 - Petrópolis

REGISTRO NO INPI/MIC - 812.307.984

ISSN - 0370-69X

TIRAGEM - 5.000 exemplares

CIRCULAÇÃO - Trimestral

ASSINATURA - 4 números

Brasil: R\$ 30,00 - Exterior: R\$ 50,00

REDAÇÃO, PUBLICAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

Rua Senador Furtado, 121 Sala 221

Tel.: 0 XX 21 872-4420 Fax: 0 XX 21 872-4421

CEP 20270-021 - Praça da Bandeira - Rio de Janeiro - RJ

e-mail: jscoutinho@openlink.com.br

ÍNDICE

- XL Congresso Brasileiro de Química 4
- Célula de Energia 7
- Química em Foco 14
- Produção de Biocombustível
Alternativo ao Óleo Diesel
através da Transesterificação de
Óleos Vegetais 17

SEÇÕES

- ACONTECENDO 3
- EMPRESAS 28
- PROCESSOS, PRODUTOS,
SERVIÇOS 28
- AGENDA 3ª Capa

Impresso em Janeiro de 2001

Capa

Cortesia: FARMANGUINHOS

Montagem: José S. T. Coutinho

PONTO DE VISTA DO PRESIDENTE

Em 2002, a Associação Brasileira de Química estará completando 80 anos de fundação, e desde já convocamos todos os Químicos do Brasil, para participarem das comemorações festivas que acontecerão durante aquele ano. Foi indicada uma Comissão para organizar os eventos, constituída pelo atual presidente e pelos seguintes ex-presidentes da ABQ: David Tabak, Roberto Rodrigues Coelho e Harry Serruya. Para que haja a participação de todos, estamos recebendo sugestões, que por certo enaltecerão o desenvolvimento da Química do País, que, sem dúvida nenhuma, passa pela ABQ. Como o início foi no Rio de Janeiro, as comemorações terão como ponto alto o XLII Congresso Brasileiro de Química, que será realizado naquela cidade.

Ao longo destes anos, a Associação tem incentivado a pesquisa na área de Química, para que novas descobertas científicas surjam e tornem a vida do ser humano mais agradável. Dentro desta perspectiva, o Ministério de Ciência e Tecnologia discute a aplicação dos Fundos Setoriais e, recentemente, realizou consulta pública para regulamentar suas gestões. Além disso, o Secretário Executivo, Prof. Carlos Américo Pacheco, tem proferido Palestras a respeito, dentre as quais tive oportunidade de assistir a uma delas. O esforço do MCT é louvável, porque alavanca a pesquisa no País, tão sacrificada diante das crises econômicas. A comunidade química é chamada a colaborar e não deve se furtar, pois é importante para o desenvolvimento científico do Brasil, principalmente naqueles que nos tocam mais de perto, como são os Fundos referentes a: Petróleo (CTPetro), Recursos Hídricos, Espacial, Mineração, Agronegócios e Universidade-Empresa.

São medidas que aplaudimos, pois investem na pesquisa de pontos essenciais para o desenvolvimento da nação e, desde já, colocamos a ABQ à disposição do MCT, para consulta e assessoramento junto à comunidade científica, da área de Química.

No Brasil, o potencial científico nesta área é muito grande, principalmente nas Universidades. Entretanto, há pouco reconhecimento do Governo Brasileiro, que oferece escassas condições para o desenvolvimento de um trabalho à altura.

Desejamos um feliz natal aos Químicos deste País, em especial aos Abequeanos, e que o ano de 2001 seja mais humano e menos violento, para que possamos ter um pouco mais de paz de *Airton Marques da Silva* –
Presidente da ABQ-nacional

Brasil fica com a presidência da ALIPLAST

A presidência da ALIPLAST - Associação Latino-Americana da Indústria do Plástico será exercida nos próximos 12 meses pelo empresário Merheg Cachum. Atual presidente da ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico, Cachum retornou este semana do México onde, como representante brasileiro, participou da Assembléia Geral Ordinária com os demais representantes latino-americanos para, entre outros temas, eleger a nova diretoria.

Constituída em 1996, a ALIPLAST é uma entidade com sede itinerante, que se localiza sempre no País que detém a presidência. Entre seus principais objetivos, destaca-se o esforço conjunto para o desenvolvimento regional do setor, intercâmbio tecnológico entre os países membros, a análise e encaminhamento de propostas conjuntas às autoridades dos respectivos países referentes ao comércio regional de produtos plásticos.

Integram a ALIPLAST as associações nacionais dos seguintes países: Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Colômbia, Costa-Rica, El Salvador, Equador, México, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela. (PR).

Atuação Responsável melhora gerenciamento ambiental

A transparência dos processos e a significativa melhoria do desempenho das indústrias do setor químico nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente são inquestionáveis resultados do Programa Atuação Responsável, que completou o ano passado,

seis anos de sua implantação pela Abiquim, a Associação Brasileira da Indústria Química. Os dados comparativos nos índices de emissão de poluentes e de ruídos, acidentes de trabalho e saúde dos trabalhadores e da comunidade nas oito regionais onde o programa vem sendo desenvolvido indicam o real comprometimento das indústrias com a adoção de mecanismos de proteção ambiental, responsáveis, em grande parte, por ganhos de competitividade e pela melhoria da imagem das empresas. Para avaliar estes resultados e discutir meios de incrementar a iniciativa, foi realizado em agosto, no Hotel Deville, em Guarulhos, o 4º Congresso do programa, com o tema Descobrimos o Atuação Responsável.

O programa é, na verdade, a versão brasileira do *Responsible Care*®, criado no Canadá e hoje desenvolvido por indústrias químicas de 40 países. No Brasil, todas as associadas da Abiquim são automaticamente signatárias do programa. (PR)

TECHNO PLUS-PACK Expo Brasil 2000

Ao final de quatro dias de visitação, a TECHNO PLUS-PACK EXPO BRASIL 2000 atingiu seu objetivo principal como Feira de negócios voltada para um mercado dirigido: atrair o maior número possível de profissionais e empresários ligados às indústrias de bens de capital e embalagens, que abastecem setores importantes da economia nacional, como produtos farmacêuticos, alimentícios e cosméticos.

Ao todo, mais de 18 mil visitantes circularam entre os estandes de 250 expositores brasileiros e estrangeiros, gerando um volume de negócios da ordem

de R\$ 400 milhões. Os dados foram divulgados pelo próprio presidente do Grupo Brasil Rio, Ricardo Santos Neto. "O sucesso da Feira comprova a importância de nossa estratégia em oferecer soluções integradas para mercados convergentes", afirma Santos Neto a respeito das vantagens apresentadas pelo evento aos segmentos industriais nele representados, os quais são capazes de movimentar, juntos, cerca de 12% do PIB nacional. (PR)

Indústria química em foco

Segundo o Relatório de Acompanhamento Conjuntural (RAC) da Abiquim, Associação Brasileira da Indústria Química, de janeiro a setembro as Indústrias Químicas estão trabalhando no limite de produção, alcançando em média 90% de sua capacidade instalada. Alguns segmentos, conforme mostrado no quadro abaixo, estão operando até acima desta média.

Grupos de produtos	Capacidade instalada (%)
Solventes	
Industriais	95
Elastômeros	94
Intermediários para fertilizantes	93
Orgânicos básicos ...	91
Intermediários para fibras sintéticas	91

Nota-se entretanto que apesar deste quadro, as importações neste período tiveram um aumento de 31% em relação ao mesmo período do ano passado, mostrando claramente a necessidade de investimentos no setor químico a fim de não piorar ainda mais a balança comercial do Setor, que já é deficitária. (PR).

XL Congresso Brasileiro de Química

Celso Augusto C. Fernandes*

O XL Congresso Brasileiro de Química, foi realizado em Recife, no período de 23 a 26 de outubro de 2000. Promovido pela ABQ - Regional Pernambuco, o congresso reuniu 1.600 participantes, além dos convidados da Expoquímica'2000. O evento apresentou 20 palestras, 3 conferências, um simpósio, 11 mesas-redondas e 31 minicursos com seis horas de duração, discutindo diversos assuntos relacionados à Química, sob o tema central: **“Química: Ontem, Hoje e Amanhã”**.

O número de inscritos pagos foi de 1.467 pessoas. O número de trabalhos recebidos foi de 732, sendo que aprovados pela Comissão Científica foram 694 trabalhos, apresentados em forma de painéis e comunicações orais. Destes, 164 foram de Iniciação Científica.

Nos cursos, o número total de inscrições foi de 1.284, sendo que aqueles com maior número de inscritos foram os de Tecnologia Cervejeira, ministrado pelo Prof. Eduardo Henrique Lima da Brahma com 120; Tratamento de Rejeitos Laboratoriais, ministrado pelo Prof. Wilson Jardim da Unicamp com 107; Refino de Petróleo, ministrado pelo Prof. Alexandre Gomes da UFRJ com 97.

A cada ano, o número de profissionais de organismos públicos, que dependem de

empenho para pagamento de inscrições aumenta. O número de inscritos por indústrias também. Este quadro nos dá certeza como organizadores, que estamos na direção certa. Uma programação mais específica em torno de algumas áreas da química sendo trabalhada a cada CBQ, vem nos dando uma resposta positiva. Iremos, nos próximos anos, especificar ainda mais os CBQ's.

Este ano em Recife recebemos servidores inscritos de forma oficial por suas instituições, da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia, Conselho Nacional de Energia Nuclear, Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento do Exército, Departamento Nacional de Pesquisas Minerais, Instituto Tecnológico de Pernambuco, Instituto Nacional de Propriedade Industrial, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, Eletronuclear, Instituto Nacional de Tecnologia, Cenes/Petrobrás, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Unicamp, UFPA, UFMS, UFBA, UnB, ETFSC, Liberato Salzano, além de representantes dos CEFET's de vários estados brasileiros.

No Encontro de Química Profissional - ENQUIMPRO, mais uma vez foram apresentadas propostas que estarão nas mãos dos responsáveis pelo

ensino básico (médio) do Conselho Nacional de Educação. Sobre esse evento o relato (veja a seguir) é do Diretor de Educação, Prof. Luiz Edmundo Aguiar, um dos organizadores do Encontro.

III Encontro de Química Profissional ENQUIMPRO

O ENQUIMPRO nasceu da necessidade dos docentes das instituições de ensino profissional de química se articularem para os novos desafios apresentados pela SEMTEC/MEC no sentido da reestruturação dos cursos profissionais.

No I ENQUIMPRO, em São Luís do Maranhão em 1998, demos o pontapé inicial naquilo que seria nossa luta pela garantia da permanência da Química como área profissional, dentre as demais que seriam estabelecidas pela nova reforma do ensino que estava em marcha, ao estabelecermos uma linha de conduta articulada nacionalmente através da ABQ.

Em setembro do ano seguinte em Goiânia, no II ENQUIMPRO, foram discutidos os aspectos didáticos - pedagógicos e mercadológicos envolvidos na implantação dos novos cursos pro-

fissionais, segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais da Área Industrial de Química. A expectativa era de avançarmos nestas discussões, e a partir de então, criarmos uma Rede Nacional de Docentes que atuassem no Ensino Profissional.

Esse encontro aconteceu no ano em que as diretrizes curriculares nacionais para a educação profissional de nível técnico eram definidas e nossa articulação faz-se sentir quando lemos hoje as resoluções finais da reforma e verificamos a influência que pudemos ter no seu texto final.

Com a participação de 17 instituições de ensino técnico e/ou tecnológico o III ENQUIMPRO, ocorrido no último mês de outubro em Recife, acontece no mesmo momento em que foram enviados à SEMTEC/MEC os Planos, dos vários cursos existentes em cada instituição de educação profissional, elaborados segundo a Metodologia de Desenvolvimento de Currículos por Competências.

Ressaltando-se a importância de estarmos nos debruçando sobre a Avaliação por Competências, o encontro foi planejado com o objetivo de discutir as abordagens metodológicas para o desenvolvimento de competências, na implantação dos novos cursos profissionais da Área Química. Pudemos contar com a palestra "A abordagem metodológica na construção de competências", ministrada pelo professor Francisco Apa-

recido Cordão, relator do Parecer nº 16/99 e atual Presidente da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação, além de termos a apresentação dos Planos de Cursos de cada instituição de Ensino Profissional, enfatizando o itinerário de curso, as ênfases nas certificações, e as metodologias adotadas para avaliação por Competências.

Visando a realização do próximo encontro, cujo tema central será "O ENSINO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL", foi deliberado um novo significado para o ENQUIMPRO, que passa a ser Encontro Nacional de Química Profissional, e não mais *profissionalizante*, como até então; organizar oficinas aonde cada Instituição interessada se inscreva em data a ser determinada pela Comissão Permanente Organizadora, para apresentar experiências realizadas nas Instituições de origem dentro do tema central do encontro; e que o IV ENQUIMPRO deverá continuar contando com a assessoria da Diretoria de Educação da ABQ e da Comissão Permanente Organizadora dos ENQUIMPRO's.

Além disso, foi reafirmada a necessidade da criação da Rede de Docentes do Ensino Profissional. Foi ressaltada a importância dos ENQUIMPRO's, decorrente do fato de estarmos mobilizados pela Reforma enquanto Rede de Ensino Profissi-

onal garantindo a possibilidade de continuarmos atuando nas audiências públicas e defendendo a permanência da Química como Área, além do respaldo adquirido junto à SEMTEC/MEC, uma vez que mostramos nosso trabalho e nos tornamos conhecidos enquanto grupo coeso e determinado, formando realmente uma Rede Nacional de Docentes de Química do Ensino Profissional, articulados e amparados na inserção nacional da ABQ. (Luiz Edmundo Aguiar).

XIII Jornada Brasileira de Iniciação Científica em Química

Mais uma vez, a ABQ realiza em paralelo ao CBQ a apresentação de trabalhos de Iniciação Científica. Neste ano, concorreram à premiação máxima, 164 trabalhos científicos e segundo a Comissão de Avaliação, haviam trabalhos de nível excelente.

O sistema de avaliação compreendeu uma primeira análise dos trabalhos apresentados por meio de painéis em que os membros da Comissão "visitando" todos os trabalhos (pelo menos três membros avaliaram cada trabalho), selecionaram 24.

Esses 24 trabalhos receberam então nova "visita". Após essa segunda avaliação, a Comissão selecionou 10 trabalhos que fizeram a apresentação oral, e responderam aos questionamentos dos membros da banca. Como um dos alunos selecionados não defendeu seu

trabalho, foi imediatamente desclassificado, concorrendo os outros nove as premiações de primeiro ao quinto lugar e quatro menções honrosas.

A Comissão de Avaliação foi composta pelos seguintes membros: Valdinete Lins da Silva, Presidente, da UFPE; David Tabak, Coordenador dos Trabalhos, da UFRJ/Fiocruz; Antonio Magalhães, da UFC; Maria de Fátima de Souza, da UEPB; Maria Helena Bentes, da UFPA/Ecos da Amazônia; Neyla Margarida de Araújo, da UFBA; Paulo Isolani, da USP; Regiane de Cássia Araújo, da UFAL; Sergio Melo, da UFC/Funcap; Tania Mara Pizzolato, da UFRGS.

Os cinco primeiros colocados receberam, além dos Certificados com a designação da Classificação, os seguintes prêmios: do segundo ao quinto colocados, livros. O primeiro colocado, recebeu R\$ 4.000,00. Os livros foram patrocínio da Livraria Saraiva e o prêmio do primeiro colocado um patrocínio da Union Carbide do Brasil que já o faz a sete anos, devendo manter o

montante para o ano que vem.

Representando a empresa na entrega da premiação, o Prof. Arikerne Sucupira, Diretor de Eventos da ABQ, que em nome da Union Carbide do Brasil desejou sucesso ao aluno Allan, esperando que o mesmo continue seus estudos e se destacando como vem fazendo até então. Lembrou o Prof. Sucupira que esse mesmo aluno foi o segundo colocado na Jornada do ano passado e um dos alunos selecionados para representar o Brasil na Conferencia Pan-Americana de Química que ocorreu esse ano em Porto Rico.

A relação de vencedores foi:
1º) Allan H. Hollanda (UNESP) - "Fixação de Óxido Fosfato de Nióbio sobre placas de Titânio utilizando cerâmica vítrea".

2º) Geisamanda Pedrini Brandão (UFES) - "Acoplamento da Técnica de vapor frio à GF-AAS de Hg em mariscos do sistema estuário de Vitória".

3º) Andréa Monteiro Santana Silva (UFPE) - "Efeitos da Fotomerização em histerese

de filmes de Langmuir de derivados de retinal".

4º) Cosmelina G. da Silva (UFCE) - "Estudo da reação de despreendimento de hidrogênio sobre superfícies de Ni-Fe".

5º) Magnus S. de Amorim (UFPE) - "Preparação de géis e vidros transparentes de polifosfato de Alumínio: envelhecimento e secagem".

Ocorreram ainda a nível nacional a **VIII Maratona de Química** e pela primeira vez a **Feira de Projetos de Química - FEPROQUIM**. Na Maratona foram vencedores os alunos **Yuri Maranhão Sereda, de Curitiba; Cristiane de Souza Mendes, de São Luís; Alan Jerep Smarzarro, de São Paulo**. Na FEPROQUIM foram vencedores os Projetos **"Guandu" do CEFETEQ/Nilópolis (área tecnológica) e "Chuva Ácida" do Colégio Contato de Pernambuco (área didática).**

* O autor que é Administrador é o Gerente Administrativo e de Eventos da ABQ.

JUNTE-SE A NÓS

E desfrute de estar ligado a uma Associação atuante, coordenada por profissionais do mais alto nível técnico.

A ABQ promove congressos e seminários, prêmios de incentivo à pesquisa, defende os interesses dos químicos junto a sindicatos e governo, colabora com empresas do setor no aprimoramento tecnológico e científico, edita a Revista de Química Industrial e os Anais da ABQ e muito mais

Integre-se à nossa comunidade

Associação Brasileira de Química

Utilidade Pública, Decreto nº 33.254 de 8 de julho de 1953.

Rua Senador Furtado 121 sala 221

20270-000 Rio de Janeiro, RJ

Tel.: 0 XX 21 872-4420

Fax: 0 XX 21 872-4421

e-mail: abqrj@alternex.com.br

Células de energia

Marcelo Linardi
Eliana M. Aricó
Egberto G. Franco

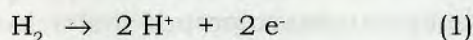
A tecnologia de células de energia tem-se desenvolvido bastante nos últimos anos, encontrando aplicações diversas como geradoras de energia para a eletrotração, para fins portáteis e para unidades estacionárias. Seu grande diferencial é o baixo (ou nenhum) impacto ambiental e alta eficiência. O combustível mais apropriado ainda é alvo de discussão. Relata-se, brevemente, o cenário brasileiro nesta área.

INTRODUÇÃO

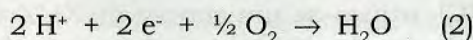
O conceito de um novo energético chamado Célula de Energia ou Célula a Combustível começa a despertar um interesse cada vez maior na população em geral, deixando de ser um tema restrito à comunidade técnico-científica e empresarial. Este conceito vem sempre associado à crescente preocupação de preservação ambiental, a automóveis elétricos não poluidores e à geração de energia com maior aproveitamento do combustível. Porém, o conceito de células a combustível é bem mais abrangente. Este artigo tem por objetivo traçar as linhas gerais deste tipo de tecnologia, suas perspectivas e citar as realizações recentes. Outro objetivo não menos importante é apresentar um breve panorama desta tecnologia no Brasil.

Princípio de funcionamento e tipos de células a combustível

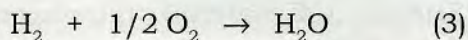
Células a combustível são, em princípio, baterias de funcionamento contínuo, que produzem corrente contínua pela combustão eletroquímica a frio de um combustível, geralmente hidrogênio¹. Na Figura 1 é mostrado um esquema simplificado de uma célula de energia em meio ácido. Assim, neste exemplo, hidrogênio é oxidado a prótons num eletrodo, liberando elétrons, segundo a reação:



No eletrodo oposto, considerando-se as células a membrana trocadora de prótons (meio ácido), tem-se a reação:



A reação global, exotérmica, pode ser escrita da seguinte forma:



Os eletrodos são condutores eletrônicos permeáveis aos gases reagentes e são separados um do outro por um eletrólito (condutor iônico). O eletrólito pode ser um líquido, um polímero condutor de cátions (geralmente saturado com um líquido) ou um sólido. Obtêm-se potenciais de trabalho em células unitárias para o sistema hidrogênio/oxigênio entre 0,5 e 0,7 V. Potenciais de circuito aberto ficam entre 1,1 e 1,2 V. Geralmente, classificam-se os vários tipos de células a combustível pelo tipo de eletrólito utilizado e, conseqüentemente, pela temperatura de operação.

Na Tabela 1 estão representados os diferentes tipos de células a combustível, bem como suas características principais. As células do tipo alcalina AFC (Alkaline Fuel Cell) têm um papel importante somente em viagens espaciais, entretanto, este tipo de células foi o precursor das células mais modernas.

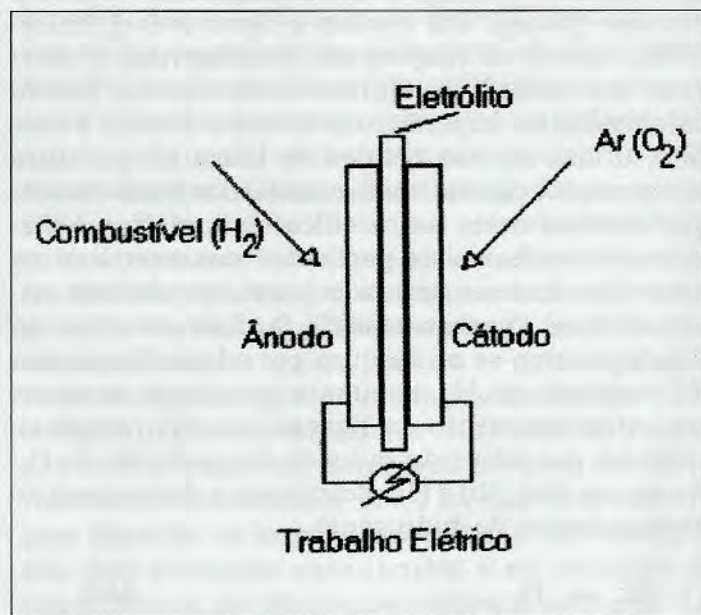
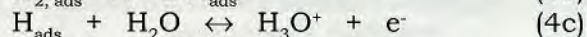


Figura 1 – Esquema simplificado de uma célula a combustível

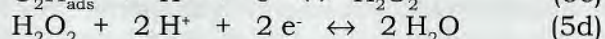
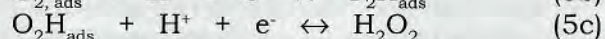
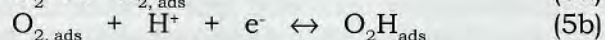
Tabela 1 – Tipos de células a combustível

Tipos	Eletrólito (espécie transportada)	Faixa de Temp.(°C)	Vantagens	Desvantagens	Aplicações
Alcalina (AFC)	KOH (OH ⁻)	60-90	Alta eficiência (83% teórica)	Sensível a CO ₂ , Gases ultra puros, sem reforma do combustível.	Espaçonaves, Aplicações militares
Membrana (PEMFC)	Polímero: Nafion® (H ₃ O ⁺)	80-90	Altas densidades de potências e eficiência, Operação flexível, Mobilidade	Custo da membrana e catalizador, Contaminação do catalisador com CO	Veículos automotores, Espaçonaves e unidades estacionárias
Ácido fosfórico (PAFC)	H ₃ PO ₃ (H ₃ O ⁺)	160-200	Maior desenvolvimento tecnológico	Controle da porosidade do eletrodo, Sensibilidade a CO e Eficiência limitada pela corrosão	Unidades estacionárias (100KW a alguns MW), Co-geração eletricidade/calor
Carbonatos fundidos (MCFC)	Carbonatos fundidos (CO ₃ ²⁻)	650-700	Tolerância a CO/CO ₂ , Eletrodos à base de Ni	Problemas de materiais, necessidade de reciclagem de CO ₂ e interface trifásica de difícil controle	Unidades estacionárias de algumas centenas de KW e Co-geração eletricidade/calor
Cerâmicas (SOFC)	ZrO ₂ (O ²⁻)	800-900	Alta eficiência (cinética favorável) e a reforma do combustível pode ser feita na célula	Problemas de materiais, expansão térmica e necessidade de pré-reforma	Unidades estacionárias de 10 a algumas centenas de KW e Co-geração eletricidade/calor

As reações eletroquímicas das células a combustível envolvem, de uma maneira geral, a ruptura das ligações químicas entre dois átomos de hidrogênio e de oxigênio. A ruptura das moléculas diatômicas H₂ e O₂ requerem uma energia de ativação da mesma ordem de grandeza de suas energias de formação, quando as reações são homogêneas e ocorrem em fase gasosa. Em células a combustível, entretanto, ambas as reações são heterogêneas e ocorrem na interface eletrodo/eletrólito, sendo catalisadas na superfície do eletrodo. Devido a esse fato, utiliza-se, nas células de baixa temperatura de operação, platina como catalisador tanto na reação anódica como na catódica^{1,2}. A platina é dispersa sob a forma de partículas nanométricas na superfície interna de um suporte, geralmente negro de fumo ("carbon black"). O efeito catalítico no ânodo resume-se na ruptura por adsorção química da molécula de H₂, enquanto no cátodo somente no enfraquecimento da ligação oxigênio/oxigênio, também por adsorção química da molécula de O₂. As etapas (4a) (4b) e (4c) descrevem a decomposição eletroquímica do hidrogênio.



As etapas envolvidas na redução do oxigênio são significativamente mais complicadas, tendo a formação de peróxido de hidrogênio como produto intermediário, e são mostradas a seguir:



Para células a combustível de alta temperatura de operação não há a necessidade da utilização de metais nobres como catalisadores, já que nesta faixa de temperaturas, o próprio metal do eletrodo torna-se suficientemente ativo. Assim, para as células a carbonato fundido, utiliza-se como material de eletrodo níquel para o ânodo e óxido de níquel com incrustações de lítio para o cátodo, que é um semicondutor *p*. No caso das células cerâmicas (SOFC), utiliza-se um cermet de Ni/ZrO₂ como material do ânodo, ou seja, uma matriz de níquel metálico sintetizado, com óxido de zircônio finamente distribuído. Como material do cátodo utiliza-se um composto de lantânio dopado com estrôncio, La(Sr)MnO₃. Um material utilizado como interconector é o LaCrO₃.

Nas células de baixa temperatura de operação (PEMFC e PAFC) as reações se processam nos chamados eletrodos de difusão gasosa, que são uma estrutura porosa condutora de elétrons coerente do sistema eletrodo/electrocatalisador¹. A construção deste eletrodo tem como função a maximização da interface trifásica gás-líquido-sólido, aumentando consideravelmente a velocidade dos processos eletroquímicos. Os eletrodos de difusão gasosa devem satisfazer no mínimo duas exigências importantes: (1) devem possuir alta atividade catalítica, a fim de se obter altas densidades de corrente e; (2) os poros, durante a operação do eletrodo, não podem apresentar forças capilares muito fortes, para não sugar todo o eletrólito, e a pressão do gás não deve ser muito alta, para que o eletrólito não seja totalmente expulso dos poros. Nestes dois extremos o eletrodo torna-se ineficiente. A superfície interna dos poros do eletrodo é contatada por um filme delgado do eletrólito, de modo que os poros relativamente grandes (diâmetros entre 0,1 a 1 mm) fiquem livres para a circulação/difusão dos gases de trabalho. Os eletrodos de difusão gasosa são extremamente delgados, podendo possuir, por exemplo, espessuras de 0,1 mm em células de baixa temperatura de operação ou 0,5 mm em células de alta temperatura de operação.

Para a fabricação de eletrodos de difusão gasosa para células a membrana trocadora de prótons, deve-se antes contatar o catalisador com uma solução do eletrólito (Nafion®). Quando o eletrólito está na forma líquida, como é o caso das células PAFC e MCFC, o eletrólito é sugado por uma matriz porosa fixada entre os eletrodos. Nas células a ácido fosfórico, utiliza-se carvão de silício, com diâmetro médio de 0,1 mm, como material para esta matriz. Nas células a carbonato fundido utiliza-se uma matriz de partículas de LiAlO_2 . O conjunto eletrodo/matriz/electrodo é chamado MEA (Membrane/Matrix Electrode Assembly) e é mostrado na Figura 2.

Células unitárias apresentam um potencial aberto de 1 a 1,2 V e liberam, sob sollicitação de 0,5 a 0,7 V DC. Estes valores são, sob o ponto de vista prático, muito baixos. A necessidade de empilhamento em série de várias unidades de células (200 a 300, também chamado módulo), como mostrado na Figura 3, torna-se óbvia, a fim de se obter potenciais práticos da ordem de 150 a 200 V.

Uma das vantagens das células de energia é a sua eficiência relativa ao combustível. A eficiência teórica η de qualquer processo de produção de energia eletroquímica é obtida pelo quociente¹:

$$\eta = \Delta G / \Delta H \quad (6)$$

A eficiência teórica eletroquímica diminui de 86 a 70 % na faixa de temperaturas de 100 a 1000 °C. A eficiência de Carnot, por sua vez, eleva-se de 0 a 70 % na mesma faixa e somente a temperaturas superiores a 1000 °C é maior que a eficiência teórica eletroquímica. Portanto, células a combustível a hidrogênio apresentam uma eficiência teórica sig-

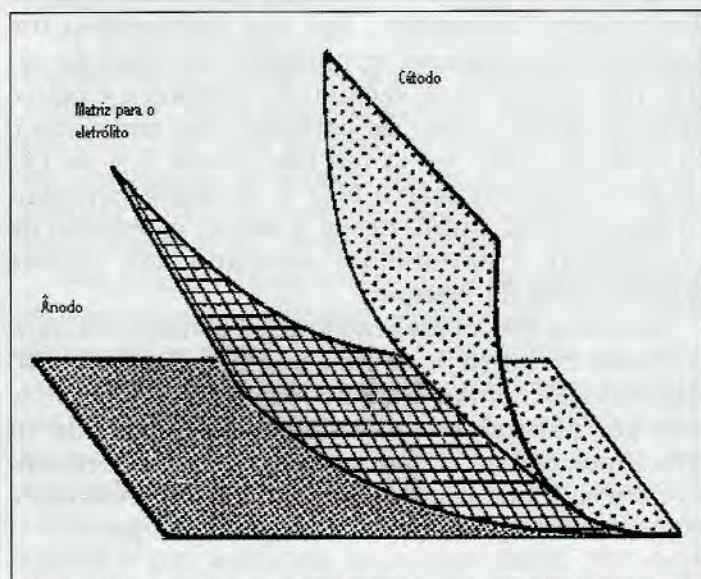


Figura 2 – Unidade composta de ânodo, cátodo e matriz do eletrólito, fabricada na forma de filme delgado

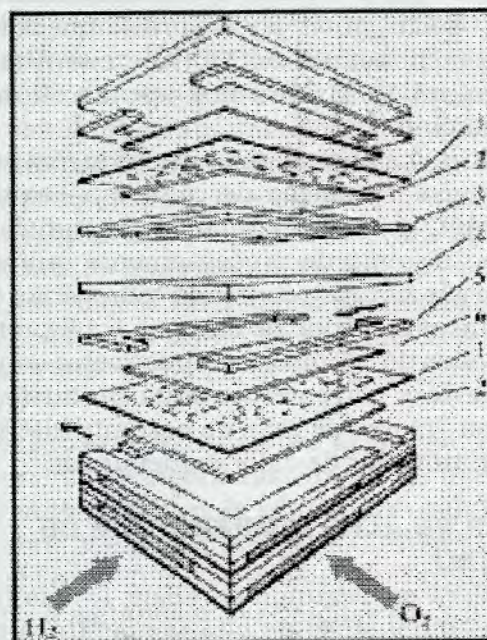


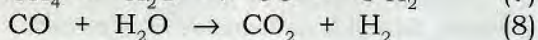
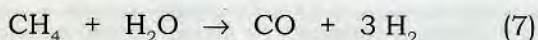
Figura 3 – Montagem de um módulo de unidades de células a combustível: 1- Placa bipolar, 2- cátodo, 3- moldura de cátodo, 4- eletrólito, 5- moldura do ânodo, 6- ânodo

nificativamente maior que máquinas de Carnot, principalmente a baixas temperaturas.

A CÉLULA A ÁCIDO FOSFÓRICO

A primeira célula a combustível funcional foi construída na década de 30, por Bacon e operava a 200 °C, sob pressão, utilizando eletrólito alcalino. Somente no final dos anos 60 teve início o desenvolvimento das células a ácido fosfórico, PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell), pela firma United Technology Corporation, fato que representou um significativo progresso tecnológico. Este tipo de célula não é sensível ao dióxido de carbono e é pouco sensível ao monóxido de carbono, que envenena o catalisador, permitindo um teor de até 1 % de CO no gás de alimentação a 200 °C. O desenvolvimento desta célula tinha, desde o início, o objetivo de conquistar o importante mercado das usinas queimadoras de metano.

Nos anos 80, foi realizada, nos Estados Unidos, a primeira tentativa de campo com um sistema de 40 unidades de células a ácido fosfórico, alimentadas com gás natural, com uma potência elétrica de 40 kW. Uma condição importante para este experimento foi a miniaturização da tecnologia de reforma e conversão do gás natural³, reações (7) e (8).



Enquanto um processo de reforma industrial consome 30.000 m³/h de gás natural, uma bateria de células a combustível de 200 kW, com uma eficiência total de 40 %, consome apenas 50 m³/h do mesmo combustível³.

Na Figura 4 é apresentado um esquema simplificado de uma instalação de células a combustível do tipo PAFC para o consumo de gás natural, composta por: sistema de processamento químico (reforma) do gás natural, contendo hidrogênio, dióxido de carbono e monóxido de carbono (<1%); o módulo das unidades de células a combustível; o conversor, que converte a corrente contínua produzida pelas células em valores de rede de corrente alternada e, por fim, o trocador de calor e queimador.

CÉLULAS DE ALTA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO

Considera-se, segundo a Tabela 1, dois tipos de células a combustível de alta temperatura de operação: MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)⁴ e SOFC (Solid Oxide Fuel Cell). Este tipo de células apresenta algumas vantagens em relação a outros ti-

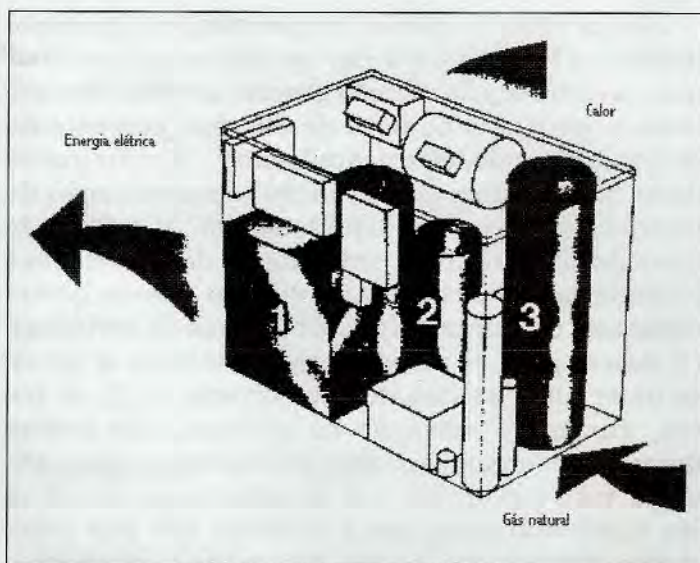
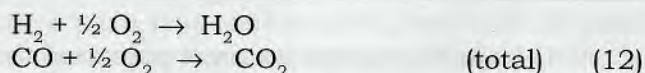
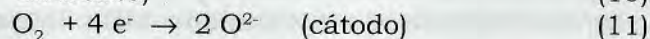
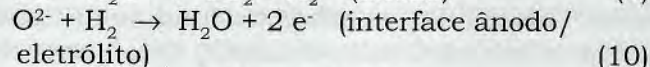
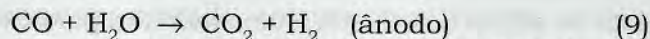


Figura 4 – Esquema da montagem de um sistema de células a combustível do tipo PAFC a gás natural

pos, como facilidade de gerenciamento do eletrólito (SOFC) e a não necessidade do uso de metais nobres como catalisadores. Além disso, possuem maiores valores de eficiência teórica de conversão, e têm uma alta capacidade de co-geração eletricidade/calor. A elevada temperatura de operação favorece a cinética das reações eletroquímicas e permite a reforma do combustível no próprio corpo da célula. A principal aplicação desse tipo de célula é a geração de energia em unidades estacionárias.

Entretanto, a alta temperatura de operação traz limitações tecnológicas, como o favorecimento de processos de corrosão, tensões térmicas, fadiga dos distintos componentes, entre outros. As etapas envolvidas para a célula tipo SOFC são:



A empresa alemã MTU, desenvolveu, recentemente, uma célula a carbonato fundido (MCFC)³ de 300 kW de potência elétrica, onde por simplificações radicais da engenharia e tecnologia da unidade, pôde-se reduzir drasticamente os custos globais, eliminando-se a necessidade do custoso trocador de calor de alta temperatura. A reforma endotérmica do gás natural é realizada na própria coluna de unidades de células, eliminando-se o caro reformador e, ao mesmo tempo, resfriando as

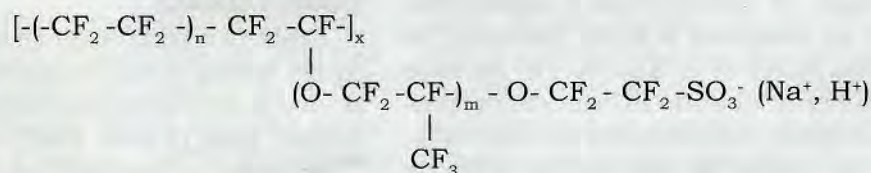
células. Em Santa Clara, nos Estados Unidos, foi construído um conjunto de unidades de células MCFC, de 2 MW de potência. Este programa foi muito importante sob o ponto de vista tecnológico, mas sem resultados comerciais. Também recentemente foram desenvolvidas pequenas instalações de células cerâmicas do tipo HEXIS (Heat Exchange Solid Oxide Fuel Cell), de 10 kW de potência elétrica, para o aquecimento e fornecimento de energia doméstico. Estas unidades possuem uma configuração cilíndrica³.

Esses tipos de células (MCFC e SOFC) encontram-se, atualmente, em uma fase de desenvolvimento tecnológico e comprovação técnico-econômica.

A CÉLULA A MEMBRANA POLIMÉRICA TROCADORA DE PRÓTONS

São chamadas PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) as células de baixa temperatura de operação, que utilizam uma membrana polimérica trocadora de prótons como eletrólito e são as mais promissoras como alternativa para a eletrotração, em substituição aos motores a combustão interna. Estas células possuem as vantagens de serem robustas e de fácil acionamento e desligamento, alta eficiência e baixa (ou nenhuma) emissão de poluentes. Também se aplicam a unidades estacionárias geradoras de energia local. O fator determinante para a sua entrada no mercado é, ainda, o seu custo.

Como eletrólito polimérico utiliza-se a membrana de Nafion[®], composta por um polímero perfluorado de tetrafluoropoliétileno, onde, num de seus lados, um éter faz a ligação com um ácido etil sulfônico perfluorado (grupo ionogênico). A estrutura da membrana Nafion[®] é dada por:



onde, $n = 5$ a 13 ; $x \approx 1000$ e $m \approx 1$. As pontas das cadeias, onde se encontra o grupo sulfônico, formam uma espécie de bolha na estrutura, que se incha, em contato com a água ou vapor d'água. Estas bolhas, que são interligadas, são responsáveis pela condução de prótons e água pela membrana, sob o efeito de um campo elétrico. Esta estrutura consiste, entretanto, em um filme relativamente rígido e estável mecanicamente³.

O uso comercial deste tipo de célula era inimaginável, inicialmente, devido à grande quantidade de platina necessária na constituição do eletrodo. A mudança de cenário veio com a utilização de negro de fumo como suporte da platina (eletrocatalisador). Seguindo a idéia introduzida por Raistrick⁶ e Gottesfeld⁷, constatou-se, no início dos anos 90, que se podia utilizar, de forma mais eficiente, a superfície da platina, quando se contactava a superfície interna do suporte com o ionômero da membrana. Este processo resulta em nanocristais de platina, dispersos no suporte em contato com o eletrólito (Nafion[®]). Este fato reduziu a quantidade necessária de platina, tornando viável a comercialização deste tipo de célula.

ELETROTRAÇÃO

Automóveis elétricos movidos a células de energia fazem uso das células do tipo PEMFC e são veículos de emissão zero, desde que utilizem hidrogênio como combustível. A empresa canadense Ballard Power Systems apresentou seu novo modelo de conjunto de célula a combustível do tipo PEMFC, o Mark 900 com capacidade de gerar 75kW(100hp), estando preparada para operar com hidrogênio ou metanol reformado.

A empresa DaimlerChrysler, em cooperação com a Ballard, desenvolveu um ônibus movido a PEMFC e vem executando várias etapas para o desenvolvimento de um automóvel de passeio viável, movido a célula de membrana polimérica. Como resultado de seus esforços, esta empresa apresentou ao público vários automóveis movidos a PEMFC, o NECAR I, NECAR II e o NECAR IV, movidos a hidrogênio, o NECAR III e o NECAR V, movidos a metanol. Na Figura 5 são mostrados esquemas dos veículos NECAR

I, II, III, IV e V, além do NEBUS. Enquanto que NECAR I não tem a funcionalidade de um automóvel como conhecemos, já que está quase totalmente preenchido pelos equipamentos o modelo NECAR V, já pode ser considerado como um automóvel convencional em termos de espaço e desempenho.

Atualmente, quase todos os grandes fabricantes de automóveis de passeio do mundo estão interessados no desenvolvimento de veículos elétricos, mo-

vidos a célula a combustível. Vários desenvolvimentos de protótipos estão em andamento, podendo ser citados o Percept da GM, que utiliza o sistema de célula a combustível associado ao armazenamento de hidrogênio na forma de hidretos; o THINK FC5 da Ford, que utiliza o conjunto de células a combustível Mark 900 da Ballard e reformador de metanol; o FCX V2, da Honda, que utiliza um conjunto de célula a combustível desenvolvido pela própria empresa de 60kW e um sistema de reforma de metanol. Além disso, Daihatsu, Toyota, Nissan, Hyundai, VW e BMW desenvolvem projetos nesta área.

O uso de hidrogênio como combustível para a eletrotração, não é muito confortável, pois requer, para o seu armazenamento, técnicas complicadas como cilindros de alta pressão. Mesmo na forma líquida ou ainda na forma de um hidreto metálico, há sempre a exigência de severas medidas de segurança. Além disso, não existe hoje nem uma rede de distribuição, nem uma capacidade de produção suficiente para a demanda de uma grande frota deste tipo de veículo. O metanol e a própria gasolina são, então, mais adequado como armazenadores primários de energia na forma líquida. Neste caso faz-se necessário um processo de reforma a bordo, aumentando o custo total do veículo. A melhor opção de combustível ainda é matéria de discussão entre os fabricantes de automóvel.

PERSPECTIVAS

O desenvolvimento da tecnologia de células a combustível tem revezado, nos últimos 30 anos, alguns momentos de euforia e de decepção². Frequentemente falou-se da sua total inviabilidade como, por exemplo, há 15 anos, pela indústria alemã. Como tecnologia já estabelecida e apresentável, pode-se citar os sistemas a ácido fosfórico da empresa ONSI. Mas poder-se-á falar de um sucesso econômico real somente quando outros concorrentes oferecerem sistemas semelhantes no mercado. As perspectivas das células de alta temperatura de operação certamente não são ruins, mas ainda não existe nenhuma oferta deste tipo de sistema no mercado.

A tecnologia de células do tipo PEMFC tem como mercado não apenas aplicações veiculares (a indústria automotiva promete para breve a oferta deste tipo de veículo no mercado), como também unidades estacionárias de pequeno e médio portes (resi-

dências, hospitais, etc.), além das aplicações portáteis (laptops e celulares).

CÉLULAS DE ENERGIA NO BRASIL

A pesquisa em células de energia no Brasil vem sendo desenvolvida desde o final da década de 70 em várias instituições, destacando-se o trabalho pioneiro do grupo de Eletroquímica do Instituto de Química da USP de São Carlos⁷.

Mais recentemente, em meados de 1998 iniciou-se no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP) um projeto institucional de caráter acadêmico e tecnológico em células a combustível, segmentado em dois grupos: **PEMFC** e **SOFC**. No âmbito das células de baixa temperatura de operação desenvolve-se o projeto na área de desenvolvimento de eletrocatalisadores para a oxidação direta de metanol e da mistura H₂/CO em células PEM. A pesquisa em SOFC está centrada no desenvolvimento e caracterização de componentes de uma célula unitária (anodo, catodo, eletrólito e interconector).

A cidade de São Paulo não precisa esperar muito para ver ônibus movidos a células de energia circulando em suas ruas. Um ambicioso projeto de caráter ambiental intitulado "Estratégia Ambiental para Energia: Ônibus com Célula a Combustível a Hidrogênio para o Brasil" foi firmado entre a ONU (Organização das Nações Unidas) e o governo brasileiro, por intermédio do Ministério de Minas e Energia. Este projeto visa, a médio prazo, a utilização de vários ônibus movidos a hidrogênio, com eletrotração a PEMFC no transporte coletivo, na cidade de São Paulo. A gerência deste projeto no Brasil está a cargo da EMTU (Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos).

CONCLUSÃO

Embora a tecnologia de células a combustível não esteja ainda completamente estabelecida, verifica-se que a sua implementação no mercado não deve tardar, pois já está assegurada em nichos onde o fator meio ambiente é preponderante. Além disso, este energético pode, num médio prazo, dependendo de seu desenvolvimento tecnológico, representar um papel importante no cenário mundial de energia.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP.

REFERÊNCIAS:

- 1- Appleby, A. J.; Foulkes, F. R.; *Fuel Cell Handbook*; Ed. Van Nostrand Reinhold; New York, EUA, 1989.
- 2- Appleby, A. J.; *Fuel Cells: Trends in Research and Application*; Ed. Hemisphere/Springer; Washington, EUA, 1987.
- 3- Wendt, H.; Götz, M. e Linardi, M., "Tecnologia de Células a Combustível", *Química Nova*, **2000**, 23(4).
- 4- Volumes da: *Electrochemical Society*; Por exemplo: *Proc. of the Carbonate Fuel Cells Technology*
- 5- Raistrick et. al.; Diaphragms, "Separators and Ion Exchange Membranes", The Electrochemical Society, Pennington, NJ, **1986**, 172.
- 6- Gottesfeld e colaboradores; *J. Appl. Electrochem.* **1992**, 22(1).
- 7- Ticianelli, E. A. e Gonzalez, E. R.; *Química Nova*, **1989**, 12, 208.

Dr. Marcelo Linardi - Eng. Químico pela UNICAMP, Mestre em Ciências pelo ITA, Doutor em Eng. Química pela Universidade Técnica de Karlsruhe, Alemanha, Pós-Doutorado pela Universidade Técnica de Darmstadt, Alemanha, Gerente do Grupo de Células a Combustível do IPEN-CNEN/SP

Dra. Eliana M. Aricó - Bacharel em Química pela Faculdade Oswaldo Cruz, Mestre em Química Inorgânica pelo IQ-USP/SP, Doutor em Química Inorgânica pelo IQ-USP/SP, Pós-Doutorado pelo Instituto de Pesquisa de Karlsruhe FZK, Alemanha.

MSc. Egberto G. Franco - Eng. Metalurgista pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Presbiteriana Mackenzie.



QUÍMICO
ASSOCIADO DA ABQ OU NÃO RECEBE O
CADERNO DA ABQ ELETRÔNICO

Todo profissional da área da química pode receber em seu e-mail o caderno de informações sem custo. Basta se inscrever. Envie uma mensagem da seguinte forma:

Caderno-abq-request@laquam.qui.ufba.br

Assunto: inscrição

Mensagem: subscribe

Aguarde resposta e confirme sua inscrição segundo orientação.

Pronto você está inscrito para receber o

CADERNO DA ABQ

Inteiramente grátis.

Qualquer dúvida ou dificuldade contate nossa secretaria:

abqrj@alternex.com.br

Química em Foco

Celso Augusto C. Fernandes*

A Associação Brasileira de Química promoveu nos últimos meses, atividades buscando a difusão da química e o incentivo à continuidade, e melhor capacitação de profissionais da área. Apresentamos aqui alguns relatos sobre esses eventos, dando oportunidade aos leitores de tomar conhecimento sobre o que está acontecendo em diferentes setores da química, sob os auspícios da ABQ e seus parceiros.

O XL Congresso Brasileiro de Química foi realizado no final de outubro em Recife (reportagem em separado)

Em Caracas, na Venezuela, também em outubro passado, a Delegação Brasileira esteve presente na 6ª Olimpíada Ibero-Americana de Química. Mais uma vez o Brasil trouxe medalhas. Em novembro em Fortaleza, foi à vez da Olimpíada Brasileira de Química - 2000 ter seu encerramento com chave de ouro. A OBQ pré-classificou alunos, dentre os quais sairão aqueles que representarão o Brasil no ano que vem, em julho na Olimpíada Internacional de Química, na Índia, e classificou a Delegação que em outubro estará na Olimpíada Ibero-Americana de Química, no Chile. O relato sobre os dois eventos é do Diretor de Assuntos para Olimpíadas, Prof. Sergio Melo..

Em 2001 em Porto Alegre, o XLI CBQ, terá como tema central e foco da maior parte da programação a **Oleoquímica Integrada com o Equilíbrio Ambiental**.

Todos esses eventos tem âmbito nacional (ou internacional) e ocorrem anualmente. A ABQ promove ainda eventos regionais.

Veja a seguir os relatos citados.

6ª Olimpíada Ibero-Americana de Química

A 6ª Olimpíada Ibero-Americana de Química, realizada de 15 a 21 de outubro na cidade de Caracas, teve a participação de 13 países dessa comunidade: Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Cuba, Chile, Espanha, México, Portugal, Peru, Uruguai, Venezuela e Costa Rica na condição de observador. Exceto Uruguai que participou com 3 estudantes, os demais compareceram com a equipe completa, ou seja, quatro estudantes.

A abertura ocorreu na manhã do dia 16 na Universidade Simao Bolivar; a tarde houve a inspeção dos laboratórios e discussão por parte dos professores das delegações da prova prática; a noite, tradução da prova. No dia 17 pela manhã os alunos realizam a prova de laboratório enquanto os professores discutiram a prova teórica. A noite, tradução da prova. Dia 18 pela manhã, os alunos responderam a prova teórica. Os professores reuniram-se no auditório da PEQUIVEN, para o Encontro "Experiências Ibero-Americanas em Olimpíadas de Química". Tivemos todo um dia de troca de experiências. Cada Delegação teve 30 minutos para apresentar

como se realizam as olimpíadas no seu país. A noite, como não podíamos deixar de trabalhar, recebimento as cópias das provas para correção. No dia 19 ocorreu a arbitragem das notas aplicadas. A tarde, visitamos o centro de arte La Estancia e a noite, ocorreu uma Reunião para decidir, questões de financiamento e, principalmente, as futuras olimpíadas. Ficou confirmada para o Chile a OIAQ-2001. A Argentina aceitou realizar em 2002. Aguarda-se pronunciamiento de Cuba para 2003. Quanto ao financiamento foi proposto que cada país contribuísse com US\$ 5.000 para a realização das OIAQ's. Essa proposta não foi aceita mas a Delegação do Chile, propôs que elaborássemos uma carta conjunta, por todos assinada, a ser encaminhada a entidades como a Unesco no sentido de obter apoio financeiro para todas as futuras olimpíadas. Dia 20 pela manhã houve a Reunião dos mentores para definição das medalhas, e após a reunião, visita a casa natal de Simao Bolivar. Na parte da tarde ocorreu a Solenidade de Encerramento, com as premiações seguido de confraternização.

O Brasil compareceu com os seguintes estudantes: Carlos Eduardo Gois Ribeiro de Lavor, da Organização Educacional Farias de Brito, do Ceará; Lea da Silva Veras, do Instituto Dom Barreto, do Piauí; Michel Ângelo Fernandes Ferreira Lima, do Colégio Sete de Setembro, do Ceará; e Vicente Freire Gonçalves Junior,

do Colégio Sete de Setembro, do Ceará.

A Delegação Brasileira foi completada pelos Professores Sérgio Maia Melo, da Universidade Federal do Ceará, como Chefe da Delegação; José Arimatéia Dantas Lopes, da Universidade Federal do Piauí, como Mentor; e Lucia Souza Carvalho Melo, da Universidade Estadual do Ceará, como Assistente Pedagógica.

Os alunos Carlos Eduardo e Michel obtiveram medalhas de PRATA e Lea e Vicente conquistaram medalhas de BRONZE. As quatro medalhas de OURO foram distribuídas entre dois estudantes de Cuba, um da Argentina e um do Uruguai. (Sergio Melo).

Olimpíada Brasileira de Química - 2000

Transcorrido mais um ciclo de atividades das Olimpíadas de Química, é chegado o momento de olharmos o retrovisor dessa carruagem, sem perder de vista o horizonte, para uma tomada de consciência dos obstáculos transpostos e do que não se pôde realizar. O panorama retrata franco crescimento, continuamente experimentado desde os primórdios que fizeram renascer essa atividade. É-nos grato constatar que, a cada ano, um contingente cada vez maior de estudantes, com destacada participação nas Olimpíadas de Química, decidem aprofundar seus estudos nos cursos universitários de Química. Cumpre-se, pois, o objetivo primeiro desse trabalho cuja responsabilidade de conduzir nos foi cometida.

As eficazes diretrizes traçadas nas reuniões anuais do Conselho de Coordenadores e o va-



Foto 1 – Carlos Eduardo Góis Ribeiro de Lavor, aluno da Organização Educacional Farias Brito, medalha de ouro na VI Olimpíada Norte/Nordeste de Química, recebe homenagens de seus colegas na solenidade de encerramento e premiação da OBQ – 2000.

loroso apoio recebido das coordenadorias estaduais, contribuíram sobremaneira para o prodigioso quadro apontado pelo evento. A estes, creditamos o extraordinário feito, neste ano alcançado, de superar a marca de 10.000 estudantes envolvidos, neste momento ímpar, que dá início ao milênio que conduzirá estes jovens à *Sociedade do Conhecimento*.

A sugestão de mudança no calendário de atividades, proposta da coordenadoria paulista aprovada na reunião do Conselho de Coordenadores e posta em prática a partir do corrente ano, resultou em êxito. A Olimpíada Norte/Nordeste de Química, competição regional tradicionalmente realizada no mês de setembro, foi antecipada para o mês de maio, enquanto o evento nacional foi transferido para o de setembro.

Também, realizou-se neste ano uma seletiva específica com o objetivo de recrutar os quatro

estudantes que representaram o Brasil na VI Olimpíada Ibero-Americana de Química, na Venezuela Adotou-se esse procedimento excepcional como forma de ajuste às mudanças ocorridas no calendário.

Ao discutir a avaliação, o Conselho de Coordenadores orientou para que não se fizesse da Olimpíada de Química um simples instrumento de cobrança de conhecimentos pré- estabelecidos, mas uma oportunidade para aferir a potencialidade dos candidatos para prosseguir, com êxito, seus estudos nos cursos de Química das universidades.

Elaborados na UFPI, os exames da OBQ trouxeram como novidade a introdução de questões extraídas das provas utilizadas nas competições finais das olimpíadas 2000 do Canadá, Estados Unidos, Estônia e Suécia. Divulgados os resultados, observou-se que um considerável grupo de competidores alcançou 80% de aproveitamento na resolução do exame, demonstrando, assim, estar preparado para este padrão de avaliação.

Com o ingresso do Estado de Goiás nesse projeto, cuja coordenadoria estará sob a responsabilidade do Prof. Wilson Botter Jr., docente da Universidade Federal de Goiás e Presidente da ABQ/GO, amplia-se o espectro de abrangência deste projeto, agora atuando nos 26 estados brasileiros. Mais recentemente, surgiu um movimento, idealizado pela Profa. Miriam Stassum dos Santos, do CEFET/MG e Presidente da ABQ/MG, com o objetivo de realizar, anualmente, uma competição regional envolvendo os estados das regiões Sul e Sudeste.

Por fim, o nosso reconhecimento aos patrocinadores,

Petrobrás, Editora Saraiva e Atual, aos quais creditamos parcela desse sucesso. Agradecemos, também, à CAPES, Aga, Organização Educacional Farias Brito, Colégio 7 de Setembro, Colégio Evolutivo e Instituto Dom Barreto, que proporcionaram com seus financiamentos a participação dos integrantes da delegação brasileira nas competições internacionais. *(Sergio Melo)*.

• O autor que é Administrador é o Gerente Administrativo e de Eventos da ABQ.



Foto 2 – Aspecto Geral da solenidade de encerramento e premiação da OBQ – 2000 em Fortaleza.

LER A

Revista de Química Industrial

É FICAR POR DENTRO DO QUE ACONTECE NA INDÚSTRIA E NA
CIÊNCIA QUÍMICA NO BRASIL E NO MUNDO

Desde 1932 a RQI circula na universidade e na indústria, nos meios
de ciência e tecnologia do país, em todos os setores da Química.

Traz sempre novidades, atualização tecnológica e importantes
informações para o dia a dia da empresa e do profissional
químico brasileiro.

FIQUE POR DENTRO.

Associação Brasileira de Química

Rua Senador Furtado 121 sala 221

20270-000 Rio de Janeiro, RJ

Produção de Biocombustível Alternativo ao Óleo Diesel Através da Transesterificação de Óleos Vegetais

Giuliano F. Zagoneli
Luiz P. Ramos

O presente artigo tem como objeto o estudo da transformação de óleos vegetais em combustíveis alternativos ao óleo diesel (biodiesel), através da reação de transesterificação etílica. Um tratamento integrado é dado à questão, que se vê complementada por uma abordagem técnica sobre temas relacionados às vantagens ambientais e sócio-econômicas da implementação nacional desta tecnologia.

I. INTRODUÇÃO

A idéia da utilização de óleos vegetais em motores a combustão é quase tão antiga quanto a própria invenção destes. Já há mais de 100 anos foram realizados testes com óleos vegetais em motores estacionários, sendo que um dos primeiros empreendedores nesse sentido foi Rudolf Diesel. No entanto, apesar de fazer o motor funcionar de modo satisfatório, os primeiros testes de longa duração revelaram que a utilização de óleos vegetais apresentava alguns inconvenientes. Além disso, com a redução do custo de prospecção do petróleo e aumento da oferta do produto, algumas frações derivadas do refino do óleo cru mostraram-se bastante adequadas à utilização como combustível em motores de combustão interna. Sendo assim, e com o passar dos anos, novos melhoramentos foram realizados tanto no combustível derivado do petróleo quanto no motor que o utilizava, levando ao esquecimento a idéia da utilização direta de óleos vegetais para este fim (Ma e Hanna, 1999; Scharmer, 1998).

O óleo diesel é um combustível derivado do petróleo constituído basicamente por hidrocarbonetos. Produzido a partir da refinação, o óleo diesel é formulado através da mistura de diversas correntes como gasóleos, nafta pesada, diesel leve e diesel pesado, provenientes das diversas etapas de processamento do petróleo bruto (Petrobras, 2000). Existem vários tipos de óleo diesel no mercado, que diferem entre si por algumas propriedades e,

consequentemente, por suas aplicações. O tipo de óleo diesel mais utilizado no Brasil é o tipo "B", sendo este consumido principalmente em motores de ônibus, caminhões, carretas, veículos utilitários, embarcações marítimas, entre outros.

A Petrobras produz, em suas refinarias, 85% do óleo diesel vendido no país e o restante do mercado brasileiro é atendido com produto importado. Esta elevada demanda interna se justifica pelo fato de que quase todo o escoamento das safras e o transporte de produtos manufaturados se faz por meio de caminhões (Ministério de Minas e Energia, 2000). De fato, o mercado de óleo diesel representa no Brasil cerca de 35% do barril de petróleo processado, número bastante superior ao de outros países como os EUA (18%) e o Japão (25%) (Petrobras, 2000). Portanto, muita atenção tem sido dirigida à identificação de alternativas que possam reduzir esta dependência excessiva sobre os derivados do petróleo, particularmente se através da utilização de insumos largamente disponíveis em território nacional.

Além do aspecto econômico citado acima, também existe o claro apelo ambiental que a substituição total ou parcial de um combustível de origem fóssil carrega no seu âmbito. De acordo com o *Global Change Research Information Office*, é consenso entre a maioria dos cientistas que o aumento na concentração dos gases causadores do efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4), acarretará sérias mudanças climáticas no planeta. Efeitos como o aumento da temperatura média glo-

bal, variações no padrão das precipitações e elevação do nível dos oceanos poderão ser catastróficos frente à contínua tendência de aumento da população (Peterson e Hustrulid, 1998; Herrera, 1995; Shay, 1993). Nesse sentido, combustíveis derivados de óleos vegetais são uma alternativa interessante no intuito de frear as emissões causadas pelo uso de combustíveis minerais.

Existem vários estudos que procuram demonstrar a hipótese de que a substituição do óleo diesel automotivo reduziria a quantidade de CO₂ introduzida na atmosfera. A redução não se daria exatamente na proporção de 1:1, pois estima-se que cada litro de biodiesel libere de 1,1 a 1,2 vezes a quantidade de CO₂ liberada na atmosfera por um litro de óleo diesel convencional. Mas, diferentemente do combustível fóssil, o CO₂ proveniente do biodiesel seria reciclado nas áreas agricultáveis, que gerariam uma nova partida de óleo vegetal para a produção do combustível renovável. Isso acaba proporcionando um balanço muito mais equilibrado entre a massa de carbono fixada e aquela presente na atmosfera na forma gasosa, que por sua vez atua no chamado efeito estufa. Portanto, uma redução real no acúmulo de CO₂ somente será possível com a diminuição do uso do petróleo. Para cada quilograma de óleo diesel não usado, um equivalente a 3,11 kg de CO₂, mais um adicional de 15% a 20% referente à energia de produção do óleo diesel, deixará de ser lançado na atmosfera. Foi também estimado que a redução máxima na produção de CO₂, devido ao uso global de biodiesel, será de aproximadamente 113-136 bilhões de kg por ano (Peterson e Hustrulid, 1998).

Apesar de serem valores estimados, a partir de dados que não necessariamente condizem com a situação particular de muitos pontos do planeta, as questões levantadas por esses estudos refletem o pensamento global que acerca várias áreas de pesquisa e desenvolvimento. As relações entre produção e meio ambiente estão cada vez mais estreitas. Ponderações sobre esse tema já fazem parte da pauta de planejamento de processos produtivos tanto no ambiente industrial como no acadêmico e esforços vêm sendo dirigidos à criação de processos que cheguem ao melhor denominador comum entre viabilidade econômica e ambiental.

Por esta razão, o recente aumento nas cotações do barril de óleo cru, aliado à redução dos estoques internacionais de petróleo e à questões de caráter político e ambiental, acarretou um retorno à idéia

da utilização de óleos vegetais para a produção de combustíveis líquidos. Dezenas de instituições europeias e norte-americanas vêm testando biocombustíveis, produzidos a partir de diversas fontes vegetais, no intuito de determinar se suas características são adequadas para utilização como substituto nas atuais frotas providas com motores a óleo diesel (Herrera, 1995; Mittelbach, 1995; Mittelbach *et al.*, 1985).

II. ALTERNATIVAS AO ÓLEO DIESEL: ÓLEOS VEGETAIS

A produção de combustíveis alternativos ao óleo diesel, a partir de óleos vegetais "virgens", tem sido alvo de diversos estudos nas últimas décadas (Piyaporn *et al.*, 1996; Dunn *et al.* 1996; Nag *et al.*, 1995; Stournas *et al.*, 1995; Plank e Lorbeer, 1994, 1995; Pryde, 1983). No Brasil, essa preocupação surgiu na forma de projetos do governo federal em tentar desenvolver fontes alternativas de energia através da então Comissão Nacional de Energia (Dirigente Industrial, 1981). Pesquisas foram então realizadas com óleo virgem de macaúba, pinhão-manso, indaiá, buriti, piqui, mamona, babaçu, cotieira, dendê, tingui e pupunha (Serruya, 1991; Ministério da Indústria e Comércio, 1985; Barreto, 1982) e os testes com esses óleos, realizados em frotas de caminhões, ultrapassaram a um milhão de quilômetros rodados (Ministério da Indústria e Comércio, 1985). Portanto, a utilização em território nacional de óleos vegetais como combustível automotivo não pode ser concebida como um conceito novo mas, devido à fragilidade de economias emergentes frente a um mercado cada vez mais competitivo e agressivo, óleos vegetais e seus derivados nunca foram devidamente desenvolvidos à condição de combustíveis automotivos em nosso meio, nem tiveram suas propriedades físico-químicas devidamente otimizadas de modo a torná-lhes aceitáveis como fonte alternativa para a matriz energética nacional.

De um modo geral, seja em uso direto ou em misturas com o óleo diesel, vários óleos virgens já foram investigados com propósitos energéticos, a saber os óleos de colza (Billaud *et al.*, 1995; Peterson *et al.*, 1983; Strayer *et al.*, 1983), girassol (Ziejewski e Kenton, 1984; Delmer e Schaffner, 1983; Ziejewski e Kaufman, 1983), soja (Schwab *et al.*, 1988; Goering e Fry, 1984), palma (Masjuk *et al.*, 1993) e canola (Strayer *et al.*, 1983). As características dos óleos vegetais que potencializam essa matéria-prima para uso

como combustível são (1) a facilidade de transporte e manuseio, (2) o conteúdo energético em torno de 80% daquele do óleo diesel, (3) sua farta disponibilidade e (4) seu caráter renovável. Por outro lado, as desvantagens são sua (1) alta viscosidade, (2) baixa volatilidade e (3) a reatividade das cadeias insaturadas dos hidrocarbonetos (Pryde, 1983). Estes problemas aparecem somente depois que os motores já estão operando com óleos vegetais por um longo período de tempo, especialmente em motores com injeção direta, e as principais conseqüências são: (1) a ocorrência de excessivos depósitos de carbono no motor; (2) a obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores; (3) a diluição parcial do combustível no lubrificante; (4) a diminuição da vida útil do motor; e (5) o aumento de seu custo operacional devido à necessidade constante de manutenção e assistência técnica.

Como indicado acima, a origem desses problemas está relacionada com certas características intrínsecas aos óleos vegetais, tais como alta viscosidade, composição em ácidos graxos e presença de ácidos graxos livres, assim como pela tendência que apresentam à formação de gomas por processos de oxidação e polimerização, seja durante sua estocagem ou combustão (Ma e Hanna, 1999). Desse modo, o uso direto de óleos vegetais puros ou em misturas com óleo diesel não tem sido recomendado para motores do ciclo diesel, sendo necessárias algumas modificações e adaptações especiais para que a queima desse material seja otimizada. Apesar de já existirem motores capazes de utilizar óleo vegetal puro como combustível, sua produção em escala industrial ainda é economicamente proibitiva.

III. TRANSESTERIFICAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS

Vários estudos demonstraram que uma simples reação de transesterificação poderia dirimir muitos dos problemas associados à combustão de óleos vegetais, tais como a baixa qualidade de ignição (Stournas *et al.*, 1995), ponto de fluidez elevado e altos índices de viscosidade e densidade específica, gerando um biocombustível denominado biodiesel, bastante compatível com o óleo diesel convencional.

A transesterificação pode ser descrita, de maneira geral, como uma reação orgânica onde um éster é transformado em outro pela mudança na porção alcóxi, podendo ser representada pela equação mostrada na Figura 1.

Quando o material que está sendo transesterificado é um óleo vegetal, o processo consiste de três etapas seqüenciais e reversíveis, como demonstrado na Figura 2, onde o etanol é o agente transesterificante. Nestas etapas, o triglicerídeo é convertido em diglicerídeo, este por sua vez em monoglicerídeo e, finalmente em glicerol. Assim, a cada etapa, uma molécula de éster é formada e, embora sendo reversível, o equilíbrio da reação geralmente tende a favorecer a formação do éster.

O deslocamento do equilíbrio da reação de transesterificação pode ser influenciado por uma série de aspectos que podem atuar isoladamente ou em conjunto: (a) a pureza dos reagentes, (b) o tipo de catalisador, (c) a razão molar álcool:óleo, e (d) a temperatura de reação (Ma e Hanna, 1999; Schuchardt *et al.*, 1998; Freedman *et al.* 1986).

Wright *et al.* (1944) notaram que os reagentes usados em transesterificação alcalina deveriam atender a certas especificações. O óleo deve ter acidez menor do que 1 e todos os materiais devem ser substancialmente anidros. Quanto maior a acidez, maior a quantidade de catalisador necessário para neutralizá-la. A água também causa a formação de sabões que acabam consumindo o catalisador, levando a um aumento na viscosidade, formando emulsões e dificultando a separação do glicerol.

A transesterificação pode ocorrer a diferentes temperaturas, dependendo do óleo usado. Em geral, maiores temperaturas levam a maiores rendimentos em menor tempo, de modo que fica implícita a dependência da velocidade inicial da reação com a variação da temperatura e, conseqüentemente, com o seu rendimento final (Freedman *et al.*, 1984).

As reações de transesterificação, são geralmente feitas mediante a presença de um catalisador. Esse catalisador pode estar presente de diversas formas, sendo as mais comuns a catálise ácida e a alcalina, as reações catalisadas por enzimas (lipases) e processos que usam bases não-iônicas (Ma e Hanna, 1999; Schuchardt *et al.*, 1998; Mittelbach, 1990a).

As reações catalisadas por ácido têm sido sistematicamente abandonadas, apesar de apresentarem bons rendimentos, pois são lentas, requerendo tipicamente, temperaturas acima de 100°C e tempos maiores do que 3 h. Freedman *et al.* (1986) demonstrou que a metanólise, a etanolise e a butanolise de óleo de soja, na presença de 1 mol % de H₂SO₄ com razão molar álcool:óleo de 30:1 a 65°C, necessitavam respectivamente de 50 h, 3 h e 17 h para alcan-

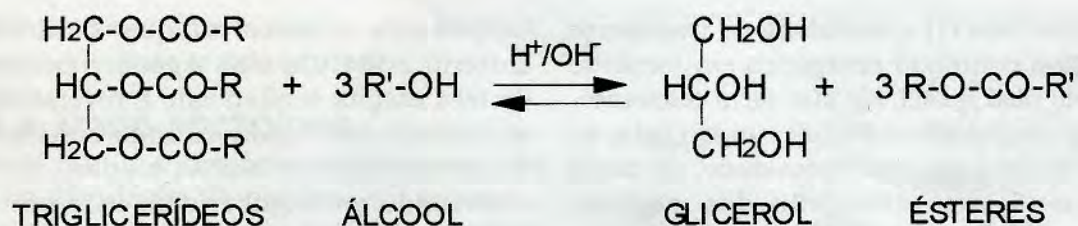
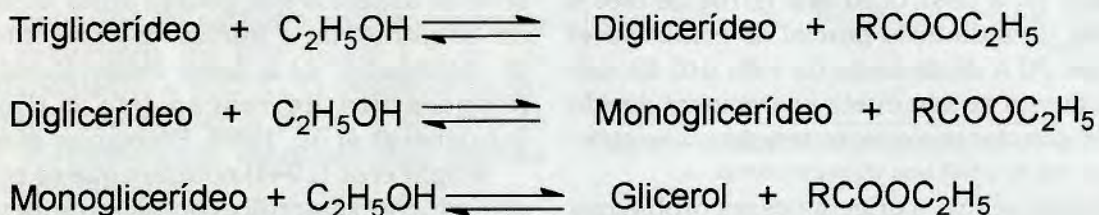


FIGURA 1. EQUAÇÃO GERAL PARA UMA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO.



R: grupamento alquila do acilglicerol

FIGURA 2. ETAPAS REACIONAIS DURANTE A TRANSESTERIFICAÇÃO DE TRIACILGLICERÓIS.

çarem 99% de conversão. Por outro lado, a catálise alcalina é muito mais rápida e apresenta a vantagem de usar compostos menos corrosivos, sendo portanto o método mais preferido industrialmente. Os compostos mais usados nesse tipo de catálise são os alcóxidos e os hidróxidos e, menos comumente, os carbonatos de sódio ou de potássio. Os alcóxidos de metais alcalinos são catalisadores mais efetivos, mas o menor custo dos hidróxidos correspondentes faz destes os preferidos em transesterificações em larga escala. Além disso, são mais sensíveis à presença de umidade, o que os torna de difícil manuseio em processos industriais (Schuchardt *et al.*, 1998).

Com o objetivo de obter condições reacionais mais brandas e de simplificar o processo, uma grande variedade de bases orgânicas têm sido desenvolvidas e utilizadas como catalisadores. Entre essas bases, as mais freqüentemente usadas são aminas tais como a trietilamina e a piperidina, amidinas, guanidinas e amino e nitroguanidinas. Em geral, a taxa de conversão é baixa, ficando na ordem de 70%, com exceção da guanidina 1,5,7-triazabicyclo[4.4.0]dec-5-eno (TBD), que alcança níveis de transesterificação metálica da ordem de 91% em 1 h quando usada na concentração de 1 mol % (Schuchardt *et al.*, 1998).

Por outro lado, embora ainda não tenham sido desenvolvidas comercialmente, as reações de transesterificação enzimática podem ser consideradas bastante promissoras, devido a maior especificidade e menor impacto ambiental que oferecem. Seu potencial para sínteses regioseletivas e enantioseletivas faz deste tipo de catálise uma ferramenta valiosa para a síntese de novos produtos, que podem encontrar usos de alto valor agregado, como aromatizantes, aditivos alimentícios e insumos para a indústria de cosméticos. Além disso, as reações de transesterificação enzimaticamente catalisadas ainda podem encontrar aplicação na área de geração de ésteres para uso combustível, bastando determinar quais seriam as lipases e as condições reacionais mais adequadas para este fim (Basheer *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 1998; Nelson *et al.*, 1996; Mittelbach, 1990a).

Finalmente, uma das mais importantes variáveis que afetam o rendimento de éster é a razão molar. Estequiometricamente, a transesterificação de óleos vegetais exige 3 mols do agente esterificante para cada mol de triglicerídeo, donde se formam 3 mols de éster e um mol de glicerol. Apesar de estarem associadas ao tipo de catalisador utilizado, em geral, quanto maior o excesso de agente esterificante (ál-

cool), maiores as taxas de conversão e menor o tempo de reação. Reações de transesterificação metílica catalisadas por álcali requerem razões molares álcool:óleo que variam entre 3,3:1 a 6:1, enquanto que em reações catalisadas por ácidos, a razão molar pode chegar a valores como 30:1 (Freedman *et al.*, 1986).

Biodiesel

De um modo geral, biodiesel é definido como derivados mono-álquil éster de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão interna (motores do ciclo Diesel). Enquanto produto, pode-se dizer que o biodiesel tem as seguintes características: (a) é virtualmente livre de enxofre e aromáticos; (b) tem alto número de cetanos (superior a 50); (c) possui teor médio de oxigênio em torno de 11%; (d) possui maior viscosidade e ponto de fulgor, comparado ao óleo diesel convencional; (e) possui nicho de mercado específico, diretamente associado à atividades agrícolas; e (f) se caracteriza por um grande apelo ambiental, devido ao seu caráter eminentemente renovável (Ramos, 1999, 2000). O caráter renovável está apoiado no fato de serem as matérias primas oriundas de fontes renováveis, isto é, derivados de práticas agrícolas, ao contrário dos derivados de petróleo. Assim, utilização de etanol derivado de biomassa como agente transesterificante torna o biodiesel um produto verdadeiramente renovável, ao passo que a aplicação de metanol de origem petrolífera compromete esta definição. Portanto, apesar de ter um custo de produção superior ao do óleo diesel comercial, a implementação do biodiesel em frotas do transporte coletivo ou comercial traria grandes benefícios ambientais que justificariam sua viabilização. Por outro lado, enquanto combustível, o biodiesel necessita de características técnicas que podem ser consideradas imprescindíveis: a reação de transesterificação deve ser completa, acarretando ausência total de ácidos graxos remanescentes, e o biocombustível deve ser de alta pureza, não contendo senão traços de glicerina, de catalisador residual e de álcool excedente da reação.

Mesmo assim, algumas questões ainda persistem quanto à utilização de óleos vegetais transesterificados como combustível alternativo: (a) estabelecimento de critérios técnicos para o

controle de qualidade na sua produção e consumo; (b) partida a frio relativamente problemática em alguns motores; (c) emissão com odor peculiar, muitas vezes desagradável; e (d) custo operacional elevado. Embora válidas, é muito importante ressaltar que todas as considerações acima se referem à utilização do combustível alternativo puro, e que a aplicação de misturas à base de 20% de biodiesel sobre o óleo diesel convencional (mistura B20) não acarreta quaisquer alterações no funcionamento do motor, apesar de permitir reduções expressivas de seu nível de emissões (Ramos, 2000; Laurindo, 1998; Ministério da Indústria e do Comércio, 1985).

Oportunidade

O Estado do Paraná é o segundo maior produtor de soja do Brasil, sendo responsável por 25% da produção nacional com 7.723 mil toneladas. Além disso, é o segundo maior produtor de cana-de-açúcar, com 27 milhões de toneladas que produziram, no biênio 96/97, cerca de 971 milhões de litros de etanol (Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000).

Até meados de 1998, o estoque excedente da produção nacional de álcool chegou a 1,5 milhão de litros, fruto da descontinuidade sofrida pelo Programa Nacional do Alcool nesta última década. Concomitantemente, houve uma certa estagnação no mercado de futuros da soja, fato que tem incentivado a proposição de usos alternativos ao óleo que não estejam ligados à indústria de alimentos. Assim, o Estado do Paraná apresenta todas as condições necessárias para um forte investimento na produção de biocombustíveis alternativos de baixo impacto ambiental, atividade esta aqui configurada como uma alternativa agro-industrial viável. Como o biodiesel pode ser preparado a partir de óleo de soja e etanol (obtendo-se com isto os ésteres etílicos), a imediata elevação no consumo desses dois insumos traria os seguintes efeitos: (a) desenvolvimento econômico e social de microregiões produtoras de soja e/ou cana-de-açúcar, gerando riquezas e divisas para o estado; (b) necessidade de aumento de produção com geração de empregos na área rural; (c) retorno do trabalhador rural ao seu nicho de origem (fixação do homem no campo); (d) diminuição dos estoques excedentes; e (e) redução da dependência da economia nacional sobre os derivados do petróleo (Ramos, 1999, 2000).

Vários países vêm investindo pesado na produção e viabilização comercial do biodiesel, através de unidades de produção com diferentes capacidades, distribuídas particularmente na Europa (Áustria, Alemanha e Itália), na América do Norte (Estados Unidos) e na Ásia (Japão). Dentre as matérias-primas mais utilizadas figuram os óleos de soja e de canola e alguns tipos de óleos de fritura, como aqueles derivados do processamento industrial de alimentos para refeições industriais. Um exemplo importante desta atividade está localizado na província de Idaho (USA), na empresa Simplot, onde óleo de fritura de batatas é empregado na produção de biodiesel, juntamente com o etanol derivado de refugos do processamento da batata (amido) por hidrólise e fermentação simultâneas (Mann, 1998).

Biodiesel de Óleo de Fritura

Nos tempos modernos, os problemas associados ao meio ambiente têm se agravado significativamente. Assim, poluição ambiental tem sido tema de preocupação mundial, tendo em vista o aumento desordenado da população do planeta e a subsequente geração de uma grande quantidade de resíduos de reciclagem complexa e, muitas vezes, inviável. Estamos chegando a um ponto que, para garantirmos a sobrevivência no planeta, devemos envidar o máximo de nossos esforços para reciclar a maior parte de nossos resíduos gerados e, dentre eles, os óleos usados em frituras. A fritura por imersão é um processo que utiliza óleos ou gorduras vegetais como meio de transferência de calor, cuja importância é indiscutível para a produção de alimentos em lanchonetes e restaurantes comerciais ou industriais em nível mundial. Em estabelecimentos comerciais, utilizam-se fritadeiras elétricas descontínuas com capacidades que variam de 15 a 350 litros, cuja operação normalmente atinge temperaturas entre 180-200°C. Já em indústrias, o processo de fritura é normalmente contínuo e a capacidade das fritadeiras pode ultrapassar 1000 litros. O tempo de utilização do óleo varia de um estabelecimento para outro, principalmente pela falta de legislação que determine a troca do óleo usado. Por essa razão, considerando a grande diversidade de estabelecimentos que utilizam esses óleos, é difícil fazer um levantamento preciso da disponibilidade desse resíduo em gran-

des centros urbanos. Por exemplo, segundo o Centro de Saúde Ambiental da Prefeitura Municipal de Curitiba, estima-se que somente nos restaurantes industriais da cidade e região metropolitana, são mensalmente geradas cerca de 100 toneladas de óleos de fritura, cujos destinos incluem a produção de sabão, de massa de vidraceiro e de ração animal, mas que também têm parte de seu volume descartado diretamente no esgoto doméstico. Ressalta-se, no entanto, que animais que se alimentam dessas rações são impróprios para o consumo humano, pois foi previamente demonstrado que a ingestão de gorduras oxidadas por cobaias, dentre outras consequências, aumenta a peroxidação dos cromossomos. Por outro lado, o efeito cumulativo da ingestão contínua e prolongada de compostos de maior toxicidade, como monômeros cíclicos e hidrocarbonetos poliaromáticos formados durante a fritura por imersão, deveria ser melhor investigado em razão de suas reconhecidas propriedades carcinogênicas (Costa Neto *et al.*, 2000).

Os óleos e gorduras utilizados repetidamente em frituras sofrem degradação por reações hidrolíticas e oxidativas que os tornam inadequados para o processamento de alimentos. Neste caso, a oxidação, que é acelerada pela alta temperatura do processo, é a principal responsável pela modificação das características físico-químicas e organolépticas do óleo. O óleo torna-se escuro, viscoso, tem sua acidez aumentada e desenvolve odor desagradável, comumente chamado de ranço. Embora possível, a purificação destes óleos com materiais adsorventes não é considerada viável sob o ponto de vista econômico (Costa Neto e Freitas, 1996). Com efeito, este material, geralmente descartado, pode ser facilmente reaproveitado como combustível através de uma simples reação de transesterificação (Costa Neto *et al.*, 2000).

Nye *et al.* (1983), investigaram a reação de transesterificação de óleos de fritura com metanol, etanol, n-propanol, iso-propanol, n-butanol e 2-etoxietanol em meios ácido e básico. O maior rendimento foi obtido com o metanol em meio alcalino, utilizando hidróxido de potássio como catalisador. Nesse mesmo estudo, alguns dos ésteres de menor viscosidade foram selecionados para a realização de testes preliminares em motores do ciclo Diesel. O éster metílico obtido em meio básico, e os ésteres etílico e butílico obtidos

em meio ácido, não apresentaram problemas de ignição e desempenho, apresentando pouca ou nenhuma fumaça na exaustão. Os demais ésteres não foram testados por critérios de viscosidade e o rendimento da reação não serviu como parâmetro para a seleção dos ésteres a serem utilizados nos testes. Segundo Mittelbach e Tritthart (1988), a utilização de biodiesel de óleos de fritura em motores do ciclo diesel apresentou bons resultados. Os testes foram realizados em bancada dinamométrica e em veículo de carga média com motor turbinado a óleo diesel. Por outro lado, a avaliação da emissão de gases demonstrou que houve um aumento relativo na liberação de gases nitrogenados, particularmente quando o biocombustível foi comparado ao óleo diesel convencional.

IV. TESTES COM BIODIESEL NA CIDADE DE CURITIBA

A utilização de biodiesel no transporte rodoviário pesado oferece grandes vantagens para o meio ambiente, principalmente em grandes centros urbanos, tendo em vista que a emissão de poluentes é menor que a do óleo diesel (Chang *et al.*, 1996; Masjuk e Sapuan, 1995; Clark *et al.*, 1984). Chang *et al.* (1996) demonstraram que as emissões de monóxido e dióxido de carbono e material particulado foram inferiores às do diesel convencional, enquanto que os níveis de emissões de gases nitrogenados (NOx) foram ligeiramente maiores para o biodiesel. Por outro lado, a ausência total de enxofre confere ao biodiesel uma grande vantagem, pois não há qualquer emissão dos gases sulfurados (e.g., mercaptanas, dióxido de enxofre) normalmente detectados no escape dos motores movidos a óleo diesel.

Com o intuito de explorar os benefícios ambientais que o biodiesel proporciona, foi recentemente testada na frota de transporte coletivo da cidade de Curitiba a utilização de ésteres metílicos de óleo de soja, doados pela "American Soybean Association". O biodiesel foi misturado ao óleo diesel convencional na proporção de 20%, com o propósito de verificar a eficiência desse combustível na redução da poluição ambiental. Os testes foram realizados em 20 ônibus de diferentes marcas durante três meses consecutivos, no primeiro semestre de 1998 e, ao final dos trabalhos, apresentaram redução média de fumaça de no mínimo 35% (Laurindo e Bussyguin, 1999).

Por ser o odor proveniente da queima dos ésteres de óleos vegetais sensivelmente diferente daquele do óleo diesel, os testes realizados em Curitiba foram acompanhados por uma pesquisa de opinião pública, diretamente orientada, em abordagem não induzida, à identificação dos possíveis benefícios que o biodiesel pudesse ter causado na qualidade do ar em terminais de transporte coletivo do município, particularmente nos períodos de pico. Dos 390 usuários que responderam o questionário, 55% declarou que a poluição do ar diminuiu nos terminais, enquanto que 58% respondeu que o mau cheiro no terminal também havia diminuído (Sommavilla, 1998). Tais resultados foram considerados bastante expressivos, considerando-se que apenas 20% dos ônibus que circulavam no terminal estavam abastecidos com a mistura B20.

Testes preliminares com biodiesel de óleo usado em frituras foram também realizados em 1997 com ônibus do transporte coletivo da cidade de Curitiba, cedidos pela Prefeitura Municipal através da Companhia de Urbanização (URBS) (Zagonel *et al.* 1999). O biodiesel (neste caso, ésteres metílicos) foi produzido de forma artesanal na Empresa Filtroil (Campina Grande do Sul, Paraná), em uma parceria estabelecida entre a UFPR e o CEFET-PR. Dois ônibus da marca "Mercedes Benz" com motor 355 turbinado e potência de 238 CV foram utilizados nos testes, sendo que um total de 915 km foram rodados em condições normais de trabalho, utilizando a mistura B20. O teste foi realizado em duas etapas e apresentou desempenho normal, exceto por um leve odor de óleo de frituras expelido pelo escapamento. O rendimento do motor e sua média de consumo (2,1 km/L) estiveram na faixa de normalidade para veículos desse porte e a maior diferença verificou-se com relação à emissão de fumaça, cuja redução média foi 41,5% de acordo com a escala Bosch.

Em continuidade aos esforços para a viabilização deste processo, a Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC, Ilhéus, BA) vem procurando concretizar um projeto piloto para a produção de biodiesel utilizando matérias-primas residuais (óleo de fritura). Assim, desde março de 2000, o Campus da UESC dispõe de uma unidade de transesterificação em batelada com capacidade nominal para processar até 7,0 t/semana de matéria-prima. Esta unidade foi desenvolvida no Departamento *Agrartechnik* da Universidade de

Kassel (Alemanha) e doada à instituição por intermédio de um convênio bilateral, coordenado pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT, Rio de Janeiro, RJ) na pessoa da Dra. Irene Baptista de Alleluia. Os estudos até então realizados com ésteres metílicos de óleo usado têm sido muito promissores e as primeiras avaliações econômicas indicaram que custo de produção do bio-combustível corresponde a aproximadamente R\$ 0,71/L, dependendo da qualidade e do custo da matéria-prima utilizada.

V. PRODUÇÃO DE ÉSTERES ETÍLICOS DE ÓLEO DE SOJA NA UFPR

Desde a realização da Conferência Internacional sobre Biocombustíveis Líquidos em Curitiba (julho de 1998), quando a complexidade dos dados resumidos acima foi apresentada, identificaram-se condições indiscutivelmente favoráveis para a implantação de um projeto de investigação sobre a viabilidade da transesterificação de óleo de soja com etanol, ou seja, visando a obtenção de ésteres etílicos como modelo nacional para o conceito de biodiesel. Desta forma, através de uma parceria com o Instituto de Tecnologia do Paraná (Prof. José Carlos Laurindo) e a Risotolândia Indústria e Comércio de Alimentos Ltda., mediante fornecimento dos insumos necessários pela própria Risotolândia, pela Associação dos Produtores de Álcool do Paraná (Alcopar) e pela Imcopa - Indústria e Comércio de Óleos Vegetais Ltda., nosso laboratório engajou-se no estudo da transformação de óleos vegetais neste biocombustível alternativo, visando a adequação desta tecnologia à realidade local. O projeto compreendeu ainda: (a) a caracterização cinética e determinação do rendimento da reação de transesterificação etílica; (b) a caracterização do combustível obtido através de análises físicas e químicas; (c) o desenvolvimento de uma metodologia versátil e fidedigna para o acompanhamento da reação *in situ*; (d) a verificação da eficiência do combustível em motor estacionário do ciclo diesel; e, finalmente, (d) a caracterização dos poluentes resultantes da queima do combustível, cujas análises ainda estão por serem concluídas.

O projeto mencionado acima constituiu tema de Dissertação de Mestrado de Giuliano F. Zagonel, cuja defesa ocorreu no dia 30 de novembro do corrente, e as principais conclusões advindas do estudo foram:

- A transesterificação etílica do óleo de soja degomado é um processo perfeitamente viável em uma única etapa reacional, de duração não superior a duas horas, desde que alguns cuidados sejam tomados para que os rendimentos sejam máximos;
- As condições consideradas ótimas para a obtenção de ésteres etílicos de óleo de soja degomado resultaram em índices de conversão acima de 95% em relação aos ésteres etílicos formados;
- O desvio padrão relativo do procedimento como todo, determinado a partir das condições reacionais estabelecidas para o ponto central do planejamento, não foi superior a 1,6%, reiterando a validade estatística e confiabilidade dos dados;
- O aumento da temperatura acarretou um efeito negativo sobre o rendimento de transesterificação para tempos de reação superiores a 10 min, o que na verdade contraria a maior parte dos estudos encontrados na literatura;
- As condições otimizadas de reação, decorrentes do planejamento experimental executado, se mostraram plenamente adequadas à transesterificação de óleo de fritura usado, cabendo ainda a possibilidade de aumento nos rendimentos desde que o óleo usado seja submetido a um processo de pré-tratamento para redução de seus teores em água e ácidos graxos livres;
- O acompanhamento do processo por métodos espectrométricos demonstrou ser mais simples e mais rápido do que a cromatografia líquida, sendo perfeitamente aplicável desde que seja auxiliado por ferramentas de calibração multivariada. Neste caso, o desvio padrão relativo verificado entre os métodos foi de apenas 2,95%;
- Os resultados obtidos na expansão da escala de produção foram perfeitamente compatíveis com os experimentos em escala de bancada, demonstrando que o processo pode ser conduzido à escala comercial;
- Finalmente, os ésteres etílicos produzidos neste estudo se demonstraram perfeitamente apropriados para a substituição, quer total ou parcial, do óleo diesel automotivo. A viabilidade do processo depende agora de uma maior expansão na escala de produção, de cuja avaliação econômica dependerá a sua implementação industrial.

Neste estudo, uma opção consciente foi feita pela utilização de óleo de soja degomado, em detrimento ao óleo refinado. Tal opção foi basicamente associada a dois fatores: (a) o menor custo do óleo degomado em relação ao óleo refinado, que pode acabar refletindo no custo final do produto e (b) o fato de que nem todas as unidades de esmagamento de grãos estão associadas à unidades de refinamento. Assim, se não atrelada à produção de óleo refinado, a produção de ésteres etílicos poderia ser muito mais descentralizada, dando condições para que o processo possa vir a ser adotado mesmo em locais mais remotos, onde não necessariamente existam unidades refinadoras.

VI. CONCLUSÃO

A utilização de mono-alquil ésteres de óleos vegetais como combustível renovável tem apresentado um potencial promissor no mundo inteiro. Em primeiro lugar, pela sua enorme contribuição ao meio ambiente, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental, e, em segundo lugar, como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo. No Brasil, esta estratégia vem sendo abordada há pelo menos trinta anos e pouco se tem capitalizado no sentido de sua implementação simplesmente por falta de uma atitude política adequada. Vivemos em um país continental cuja potencialidade energética é intangível, desde que computadas as fontes renováveis representadas pela fitobiomassa. Cabe nos fazer com que este momento histórico não se traduza em um novo motivo para lamentarmos os erros do passado e, através da implementação de um Plano Nacional de Energias Renováveis que seja suficientemente realístico e abrangente para abarcar, em um único vetor, todas as iniciativas que se encontram atualmente isoladas em nosso território.

VII. REFERÊNCIAS

1. BARRETO, C. R. *Petro & Química*. v. 5, no. 50, 1982.
2. BASHEER, S.; COGAN, U.; NAKAJIMA, M. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v.75, n.12, p.1785-1790, 1998.
3. BILLAUD, F.; DOMINGUEZ, V.; BROUTIN, P.; BUSSON, C. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v.72, n.10, p.1149-1154, 1995.
4. CHANG, Y. Z. D.; GERPEN, V. H. J.; LEE, I.; JOHNSON, A. L.; HAMMOND, G. E.; MARLEY, J. S.; *J. Am. Oil Chem. Soc.* **1996**, 73, 1549
5. CLARK, S. J.; WAGNER, L.; SCHROCK, M. D.; PIENNAAR, P. G.; *J. Am. Oil Chem. Soc.* **1984**, 61, 1632.
6. COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. *Química Nova*, v.23, n.4, p.531-537, 2000.
7. COSTA NETO, P. R.; FREITAS, R. J. S. *Boletim Ceppa*, v. 14, n. 2, p. 163, 1996.
8. DELMER, L. H.; SCHAFFNER, L. W. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 60, n. 8, p. 1561-1566, 1983.
9. *Dirigente Industrial*, v. 52, n. 4, p. 50-51, 1981.
10. DUNN, R. O.; SHOCKLEY, M. W.; BAGBY, M. O. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 73, n. 12, p. 1719-1728, 1996.
11. FREEDMAN, B.; BUTTERFIELD, R.; PRYDE, E. H. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 63, n. 10, p. 1375-1380, 1986.
12. FREEDMAN, B.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 61, n. 10, p. 1638-1643, 1984.
13. GOERING, C.; FRY, B. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 61, n. 10, p. 1627-1632, 1984.
14. HERRERA, C. G. *Grasas y Aceites*, n. 2, p. 121-129, 1995.
15. LAURINDO, J. C. In: Anais do Congresso Internacional de Biocombustíveis Líquidos; Instituto de Tecnologia do Paraná; Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior; Curitiba, PR, 19 a 22 de julho, 1998, p. 22.
16. LAURINDO, J. C.; BUSSYGUIN, G. In: Anais do Congresso Brasileiro de Soja; Centro Nacional de Pesquisa de Soja; Empresa Nacional de Pesquisa Agropecuária, Londrina, PR, 17 a 20 de maio, 1999, p. 237.
17. LIU, K.; CHEN, S.; SHAW, J. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 46, p. 3835-3838, 1998.
18. MA, F.; HANNA, M. *Bioresource Technology*, v. 70, p. 1-15, 1999.
19. MANN, P. In: Comercialization of biodiesel: Producing a Quality Fuel; Conference Proceedings; Boise, Idaho, USA, 9 a 10 de julho, 1997, p. 13.
20. MASJUK, H.; ZAKI, A. M.; SAPUAN, S. M. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 70, n. 10, p. 1021-1025, 1993.
21. MASJUK, H.; SAPUAN, M. S.; *The Journal of American Oil Chemical Society*, **1995**, 12, 609
22. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. www.agricultura.gov.br
23. Ministério da Indústria e do Comércio, MIC; *Produção de Combustíveis Líquidos a Partir de Óleos Vegetais*. Secretaria de Tecnologia Industrial, Coordenadoria de Informações Tecnológicas, Brasília, DF, Brasil, 1985

24. Ministério de Minas e Energia. www.mme.gov.br
25. MITTELBAACH, M.; TRITTHART, P. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 65, p. 1185-1187, 1988.
26. MITTELBAACH, M. *Bioresource Technology*, v. 56, p. 7-11, 1996.
27. MITTELBAACH, M.; TRITTHART, P.; JUNEK, H. *Energy in Agriculture*, v. 4, p. 207-215, 1985.
28. MITTELBAACH, M. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 67, n. 3, p. 168-170, 1990a.
29. NAG, A.; BHATTACHARYA, S.; DE, K. B. *The Journal Of American Oil Chemical Society*, v. 72, n. 12, p. 1591-1593, 1995.
30. NELSON, L. A.; FOGLIA, T. A.; MARMER, W. N. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 73, n. 8, p. 1191-1195, 1996.
31. NYE, M.J.; WILLIAMSON, T. W.; DESHPANDE, S.; SCHRADER, J. H.; SNIVELY, W. H.; YURKEWICH, T. P.; FRENCH, C. L. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 60, n. 8, p. 1598-1601, 1983.
32. PETERSON, C. L.; AULD, D. L.; KORUS, R. A. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 60, n. 8, p. 1579-1586, 1983.
33. PETERSON, C. L.; HUSTRULID, T. *Biomass and Bioenergy*, v. 14, n. 2, p. 91-101, 1998.
34. Petrobras - Petróleo Brasileiro S.A. - www.petrobras.com.br
35. PIYAPORN, K.; JEYASHOKE, N.; KANIT, K. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 73, n. 4, p. 471-474, 1996.
36. PLANK, C.; LORBEER, E. *Journal of Chromatography*, n. 683, p. 95-104, 1994.
37. PLANK, C.; LORBEER, E.. *Journal Of Chromatography*, n. 697, p. 461-468, 1995.
38. PRYDE, E. H. *The Journal Of American Oil Chemical Society*, v. 60, n. 8, p. 1557, 1983.
39. RAMOS, L. P. In: Anais do Congresso Brasileiro de Soja; Centro Nacional de Pesquisa de Soja; Empresa Nacional de Pesquisa Agropecuária, Londrina, PR, 17 a 20 de maio, 1999, p. 233.
40. RAMOS, L. P. In: Anais do Congresso Tecnologia e Competitividade da Soja no Mercado Global; Cuiabá, MT, 28 a 30 de agosto, 2000, p. 111.
41. SCHARMER, K. Biodiesel from set-aside land. A story of success? Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry, p. 844-848, 1998 James & James Ltd. Germany.
42. SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS R.M. *Journal of Brazilian Chemical Society* v. 9, p. 199-210, 1998.
43. SCHWAB, A. W.; DYKSTRA, G. J.; SELKE, E.; SORENSON, S. C.; PRYDE, E. H. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 65, n. 11, p. 1781-1785, 1988.
44. SERRUYA, H. Óleos Vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA 31; 1991, Recife
45. SHAY, E. G. *Biomass and Bioenergy* v. 4, p. 227-242. 1993.
46. SOMMAVILLA, C. A.; In: *Pesquisa de Opinião: Passageiros de Veículos que Utilizam Biodiesel*; Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba; Prefeitura Municipal de Curitiba; Curitiba, PR, Brasil; março, 1998; p. 30.
47. STOURNAS, S., LOIS, E. and SERDARI, A. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 72, n. 4, p. 436-437, 1995.
48. STRAYER, R. C., BLAKE, J. A. and CRAIG, W. K. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 60, p. 8, 1983.
49. WRIGHT, H. J.; SEGUR, J. B.; CLARK, H. V.; COBURN, S. K.; LANGDON, E. E.; DUPUIS, R. N. *Oil and Soap*, v. 21, p. 145-148, 1944.
50. ZAGONEL, G.; COSTA NETO, P. R.; RAMOS, L. P.; In: *Anais do Congresso Brasileiro de Soja*; Centro Nacional de Pesquisa de Soja; Empresa Nacional de Pesquisa Agropecuária; Londrina, PR, Brasil; 17 a 20 de maio, 1999; p. 342.
51. ZIEJEWSKI, M. and KAUFMAN, K. R. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 60, n. 8, p. 1567-1573, 1983.
52. ZIEJEWSKI, M. and KENTON, K. R. *The Journal of American Oil Chemical Society*, v. 61, n. 10, p. 1620-1626, 1984.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são prestados em reconhecimento à colaboração e apoio dos Prof. José Carlos Laurindo (UFPR, Tecpar) e Pedro Ramos da Costa Neto (CEFET/PR). A colaboração de vários parceiros na iniciativa privada é aqui também reconhecida, particularmente através da Risotolândia Indústria e Comércio de Alimentos Ltda., da Associação dos Produtores de Açúcar e Álcool do estado do Paraná (ALCOPAR), da Auto Viação Marechal Ltda. e da Companhia de Urbanização (URBS) da Prefeitura Municipal de Curitiba, na pessoa dos Srs. Euclides Rovani e Fric Kerin.

Giuliano F. Zagoneli, Luiz P. Ramos

Centro de Pesquisa em Química Aplicada, Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, C.P. 19081, Curitiba, PR, CEP 81531-970 - lramos@quimica.ufpr.br

CenDoTeC tem novo diretor

Luc Quoniam acaba de assumir sua nova função de diretor do CenDoTeC – Centro franco-brasileiro de Documentação Técnica e Científica, exercendo simultaneamente o cargo de adido científico no Consulado Geral da França em São Paulo.

Como diretor do CenDoTeC, sua atuação é de âmbito nacional. Anteriormente era professor titular na Université de Toulon et du Var.

Luc Quoniam é doutor em Ciências da Informação e da Comunicação, com habilitação para dirigir pesquisas.

Com intenção de transformar o CenDoTeC em um centro de apoio para tomada de decisão,

Luc Quoniam está empenhado em incrementar os serviços oferecidos por este Centro.

Sua experiência de colaboração com o Brasil vem de longa data: já trabalhou em parceria com vários institutos de pesquisa (IBICT, INPI, INT, IPT, MDIC, etc) e universidades (PUC-Campinas, UFBA, UFRJ, UfsCar, UMA, UnB, USP, etc). (FF25)

ANEEL investe em energia eólica

A ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, investiu R\$ 1,2 milhões em um projeto para instalação de uma usina para geração de energia eólica.

A usina está sendo montada no arquipélago de Fernando

Noronha, o primeiro dos cerca de 400 pontos fora da rede de distribuição nacional de energia elétrica. O projeto prevê a instalação de uma turbina de 300 kW que irá abastecer 25% da população fixa de 2100 habitantes.

Apesar de nos últimos quatro anos a potência eólica instalada no Brasil tenha passado de 2 kW para 20 kW, esses valores estão longe de atingir o potencial nacional, estimado em 15.000 MW.

No mundo existem cerca de 30.000 turbinas eólicas em operação gerando 13.500 MW. Na Europa espera-se que nos próximos 30 anos, 10% de toda a energia elétrica gerada seja de origem eólica. (J280800B)

PROCESSOS, PRODUTOS, SERVIÇOS

Sensores de temperatura para fluídos criogênicos

Um termômetro ótico que atingiu a mais avançada fase de caracterização e miniaturização foi desenvolvido no laboratório de ótica *Pierre-Michel Duffieux (CNR-Universidade de Franche-Comté)*.

Ele se destina a medir temperaturas criogênicas em fluídos como o nitrogênio, o oxigênio e o hidrogênio líquido, numa faixa de temperatura entre 20°K e 150°K, com precisão de 0,1°K. Em sua configuração atual, a sonda de medição tem um diâmetro inferior a 2 mm; o consumo elétrico é de cerca um watt. Esse

sensor de temperatura é insensível às limitações ambientais e foi projetado para ser posto em rede. (FF25)

Lixo orgânico transformado em tijolos

No processo de clarificação e desodorização de óleos vegetais, há formação de uma borra residual composta de argila (bentonita) com teor de óleo relativamente elevado. Esta borra quando depositada nos aterros sanitários provoca grandes problemas ambientais uma vez que causa a impermeabilização do solo evitando conseqüentemente a aeração e a umidificação do mesmo.

Pesquisadores da USP - Universidade de São Paulo estão estudando a possibilidade de se usar esta borra como matéria prima na composição do tijolo. Trabalhando com o material oriundo do óleo de soja, testaram diferentes quantidades da borra, já conseguindo produzir tijolos de mesma qualidade dos convencionais e o que é importante, a um custo mais baixo.

O objetivo é conseguir uma adição de até 1% de borra na composição do tijolo, pois uma olaria de porte médio produzindo cerca de 12.000 toneladas de tijolos por mês será capaz de absorver toda a borra residual produzida pela Grande São Paulo, estimada em 120 toneladas por mês. (J280800B)

AGENDA 2001

MARÇO

SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON FRONTIERS OF POLYMERS AND ADVANCED MATERIALS

Recife, PE: 4-9/MAR/2001
Info: Universidade Federal de Pernambuco
Tel./Fax: 55 81 271 8456
e-mail:
cfpam2001@df.ufpe.br

1º FÓRUM NACIONAL SOBRE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA
Campinas, SP:
22-23/MAR/2001
Info.: UNICAMP

ABRIL

3rd CONGRESS OF PHARMACEUTICAL SCIENCES- CIFARP 2001
Águas de Lindóia, SP:
8-11/ABR/2001
Info.:
Tel./Fax: (016) 602 4258
e-mail:
pharmacy@fcfrp@usp.br

XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ELETROQUÍMICA E ELETROANALÍTICA

Gramado, RS:
22-26/ABR/2001
Info.: XII SIBEE-UFRGS
Tel.: (51) 316 3923
Fax: (51) 316 3988
e-mail:
xiisibee@vortex.ufrgs.br

MAIO

VIII ENCONTRO DE USUÁRIO DE RMN I ENCONTRO LUSO-

BRASILEIRO DE RMN

Rio de Janeiro, RJ:
7-11/MAI/2001
Info.: Promo: AUREMN
Sônia Maria Cabral de Menezes
Petrobrás/Cenpes/Diquim,
Quadra 7 -
Ilha do Fundão
12949-900 Rio de Janeiro RJ
Tel.: (21) 865 6171
Fax: (21) 865 6296
e-mail:
sonia@cinpes.petrobras.com.br

24º REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA

Poços de Caldas, MG:
28-31/maio/2001
Info.: Promo: SBQ
e-mail: 24rasbq@sbq.org.br

AGOSTO

9th BRAZILIAN MEETING ON ORGANIC SYNTHESIS
Curitiba, PR: 20-24/AGO/2001
Info.: Prof. Fábio Simonelli -
DQ-UFRP
CP 19081 - CEP 81531-990
Tel.: 55 41 361-3174 Fax:
55 41 361-3186
e-mail: simo@quimica.ufpr.br

SETEMBRO

7th BRAZILIAN SYMPOSIUM OF THE CHEMISTRY OF LIGNINS AND OTHER WOOD COMPONENTS - 7thBSCLWC
Belo Horizonte, MG:
3-5/SET/2001
Info.:
Tel.: 55 021 31 3899 2717
Fax: 55 021 31 3899 2490

**10º CONGRESSO BRASILEIRO DE CATÁLISE
1º CONGRESSO DE**

CATÁLISE DO MERCOSUL

Bento Gonçalves, RS:
11-14/SET/2001
Info.: e-mail:
cbcat@iq.ufrgs.br

RARE EARTHS'- 2001

Campos de Jordão, SP:
23-27/SET/2001
Info.: Prof. Geraldo Vicentini, IQ-USP,
CP 26077
05599-970 São Paulo SP
Tel/Fax: 55 11 3818 3876
e-mail: RE2001@iq.usp.br

XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA

Porto Alegre, RS:
24-27/SET/2001
Info.: Promo: ABQ-RS
Fax 51 333 8737

II CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOSSEGURANÇA II SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PRODUTOS TRANSGÊNICOS

Salvador, BA:
26-28/SET/2001
Info.: Associação Nacional de Biossegurança
Tels.: 55 21 220-8678
55 21 220-8327
Fax: 55 21 215-8580

NOVEMBRO

IV ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Viçosa, MG:
20-22/NOV/2001
Info.: Universidade Federal de Viçosa
Prof. Eduardo de Sá Mendonça
Tel.: (31) 899 1047
e-mail: esm@mail.ufr.br



Manual Econômico da Indústria Química

Os quatro volumes da coleção MEIQ reúnem informações técnicas e econômicas de mais de 700 produtos químicos, petroquímicos e farmacêuticos.

Volume I – Produtos Orgânicos

Volume II – Produtos Inorgânicos

Volume III – Grupos Químicos e Matérias- Primas

Volume IV – Produtos Farmacêuticos (Tomo I)

Suas informações constituem recursos estratégicos para tomada de decisões que visam a criação e/ou implantação de novas indústrias, estudos de viabilidade técnico- econômica e identificação de oportunidades de novos investimentos.

O MEIQ pode também ser conhecido através da Internet!

<http://meiq.ceped.br>
<http://redeantartes.ibict.br>

Principais Informações

Processos de Produção no Brasil
Aplicações e Usos
Comércio Exterior
Consumo Aparente
Demanda por Aplicação
Manuseio
Matérias-Primas
Toxicologia e Segurança
Ocorrências e Reservas Nacionais
Oferta Mundial
Análise de Mercado

Contato com a equipe técnica do MEIQ

Gerência de Informação e Documentação

Alberto@ceped.br

Myriam@ceped.br

Edna@ceped.br

Tel.: (0**71)834-7306 / 7308 / 7309

Fax: (0**71) 834-7359

CEPED



XLI Congresso Brasileiro de Química

EXPOQUÍMICA 2001

II FEPROQUIM- Feira de Projetos de Química

IV ENQUIPRO- Encontro de Química Profissionalizante

XIV Jornada Brasileira de Iniciação Científica em Química

IX Maratona Científica em Química

De 24 a 27 de Setembro de 2001

Porto Alegre / RS

Oleoquímica Integrada Com o Equilíbrio Ambiental

PROMOÇÃO



Associação Brasileira de Química

Realização

**Seção Regional do Rio Grande do Sul da
Associação Brasileira de Química**

www.abqrs.com.br

2001

IMPRESSO

**HOTEL E CENTRO DE EVENTOS
PLAZA SÃO RAFAEL**



Porto Alegre - RS - Brazil
www.plazahoteis.com.br

Remetente: Secretaria do Congresso - Rua João Abott, 441 Conj. 402 - 90460-150 - Porto Alegre - RS - Brazil