

# A QUESTÃO DA INovação NO BRASIL



Vivemos a maior crise econômica  
desde 2008. Para onde o Brasil deve ir?

por André Bernardo

REMOÇÃO DE METAIS  
DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS

por Processos  
Hidrometalúrgicos  
e Eletroquímicos

NOVAS FRONTEIRAS PARA  
O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA  
Baterias Li-O2

E MAIS

COBEQ / ENBEQ 2020  
O maior evento de Engenharia Química no país

Saiba mais em nosso site: [www.abeq.org.br](http://www.abeq.org.br)



A Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ) é uma sociedade sem fins lucrativos que congrega pessoas e empresas interessadas no desenvolvimento da Engenharia Química no Brasil.

Há mais de quatro décadas a ABEQ desempenha importante papel na valorização dos profissionais e estudantes da engenharia química em nosso país, bem como na divulgação da engenharia química e de sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

A ABEQ oferece ainda uma variedade de serviços que ajudam a comunidade de engenharia química a melhor posicionar-se quanto aos desafios do presente e do futuro nas áreas tecnológica, científica e de ensino.

## Nossos Serviços

**CURSOS:** ABEQ oferece diversos cursos de extensão.

**CONGRESSOS:** COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química.

ENBEQ - Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química.

COBEQ-IC - Congresso Brasileiro em Iniciação Científica de Engenharia Química.

SINAHERM - SHEB - Simpósio Nacional de Bioprocessos e Seminário de Hidrólise Enzimática de Biomassa.

**PRÊMIO:** Prêmio Incentivo à Aprendizagem, dedicado aos melhores formandos dos cursos de Engenharia Química.

## Publicações



**Brazilian Journal of Chemical Engineering:** periódico trimestral que publica artigos científicos em inglês.



**Boletim Informativo:** é uma edição mensal, buscando transmitir notícias relevantes sobre Engenharia Química no Brasil e Exterior.



**Revista Brasileira de Engenharia Química:** a publicação quadrienal promove o debate sobre questões relacionadas à engenharia química e suas relações com a sociedade.

**REGIONAIS:** Aqui você encontra informações sobre atividades das regionais da ABEQ.

**REGIONAL BAHIA**  
regionalba@abeq.org.br

**REGIONAL PARÁ**  
regionalpa@abeq.org.br

**REGIONAL RIO DE JANEIRO**  
regionalrj@abeq.org.br

**REGIONAL RIO GRANDE DO NORTE**  
regionalrn@abeq.org.br

**REGIONAL RIO GRANDE DO SUL**  
regionalrs@abeq.org.br

**REGIONAL SÃO PAULO**  
regionalsp@abeq.org.br

**ASSOCIE-SE:** Para associar-se à ABEQ basta indicar a uma das modalidades de sócio. Além da carteira de sócio o associado passa a usufruir de vantagens exclusivas da ABEQ. Como desconto em Cursos, Seminários e Congressos promovidos pela ABEQ. Convênios com Livrarias, Escolas de Idiomas, entre outros descontos que chegam até 20% na apresentação da carteirinha.

## SÓCIOS COOPERADORES



## SÓCIOS COLETIVOS



# PALAVRA DO PRESIDENTE

Caros Abequianos,

Momentos difíceis... estamos vivendo um momento histórico e a Abeq está com vocês, ajudando o mundo a entender melhor o momento graças à Engenharia Química, que oferece explicações que permitem a tomada de decisões, e também apoiando a indústria e a pesquisa do brasil neste esforço de guerra, para combater esta pandemia!

Neste número, temos um artigo de autoria do Prof. André Bernardo, sobre a questão da inovação no Brasil. Além deste artigo temos um capitaneado pelo Prof. Rubens Maciel da Unicamp, que foi um Emérito Presidente desta destacada associação, sobre novas fronteiras para o armazenamento de energia, uma questão importantíssima em tempos de aquecimento global. Por fim, temos uma contribuição do pessoal da UFRN sobre a remoção de metais de resíduos eletrônicos, um problema de muita atualidade, para o qual a engenharia química está a postos para oferecer ferramentas de mitigação, como vocês verão.

Temos uma mensagem do Prof. Guilherme Dotto da UFSM, Presidente do Comitê de Organização do COBEQ e do ENBEQ 2020 em Gramado. Esperamos vocês lá em setembro! A ideia é oferecer um espaço para discutir temas importantes como os apresentados nesta REBEQ com representantes dos mais diferentes setores de atuação da engenharia química.

Com tudo isso, esperamos poder contribuir para deixar um pouco mais ameno e útil o tempo de isolamento social. Boa leitura e até setembro em Gramado!



Galo Antonio Carrillo Le Roux

Presidente da ABEQ

# ÍNDICE



## CAPA

- 14** A Questão da Inovação no Brasil  
*por André Bernardo*

## ARTIGOS

- 7** Remoção de Metais de Resíduos Eletrônicos por Processos Hidrometalúrgicos e Eletroquímicos
- 13** A indústria essencial hoje, amanhã e depois
- 21** Novas fronteiras para o armazenamento de energia - Baterias Li-O2



## EVENTOS

- 25** COBEQ 2020



# SOBRE A ABEQ

## A ABEQ E VOCÊ

Associando-se à ABEQ você impulsiona sua carreira profissional e se posiciona melhor frente aos novos desafios que a sociedade impõe sobre a profissão.

A ABEQ lhe oferece múltiplas oportunidades de relacionamento a elite de profissionais da academia e da indústria. Também lhe dá acesso a informação científica e tecnológica de ponta e lhe oferece oportunidade de participação ativa na comunidade de engenharia química.

### Confira:

- Oportunidades de contatos com colegas, associações, universidades, empresas e entidades governamentais.
- Organização de encontros nas áreas científica, tecnológica e de ensino que mobilizam cerca de 3000 profissionais.
- Organização de cursos de extensão e apoio a cursos de terceiros.
- Acesso a publicação científica trimestral com o respeitável índice de impacto 0,4 (Web of Knowledge), a revista técnico-comercial formato digital e um boletim eletrônico de notícias distribuído para mais de 110 mil contatos.
- Valorização do profissional através de prêmios para estudantes, formandos e pós-graduandos.



## FALE CONOSCO

Tem alguma dúvida ou quer mais informações sobre a ABEQ?  
Contribua com opiniões, ideias e depoimentos.

**Telefone:** (11) 3091-2246

**2ª a 6ª feira das 9 às 17 horas.**

**E-mail:** [rebeq@abeq.org.br](mailto:rebeq@abeq.org.br)

*Os artigos assinados, declarações dos entrevistados e publicidade não refletem necessariamente a opinião da ABEQ. É proibida a reprodução total ou parcial de textos e fotos sem prévia autorização. A Revista Brasileira de Engenharia Química é propriedade da ABEQ - Associação Brasileira de Engenharia Química, conforme certificado 1.231/0663-032 do INPI.*

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA  
Publicação da Associação Brasileira de Engenharia Química  
Vol. 36 - nº 1 | 2020 - 1º quadrimestre | ISSN 0102-9843



### Editor

Galo Carrillo Le Roux

### Secretaria Executiva

Bernadete Aguilar Perez

### Editor Associado

André Bernardo

### Produção Editorial

BEESOFT - [www.beesoft.com.br](http://www.beesoft.com.br)

### Redação, Correspondência e Publicidade

Av. Prof. Luciano Gualberto, 380 - Cidade Universitária - CEP: 05508-010 - São Paulo - SP | Tel.: (11) 3091-2246

ABEQ - GESTÃO 2018-2020

### CONSELHO SUPERIOR

Argimiro Resende Secchi, Gorete Ribeiro de Macedo, Hely de Andrade Júnior, Lincoln Fernando Lauschenlager Moro, Marcelo Martins Seckler, Maria Cristina Silveira Nascimento, Mauro Ravagnani, Marcio Tavares Lauria, Ricardo de Andrade Medronho, Selene Maria de A.G.U. de Souza, Suzana Borschiver

### DIRETORIA

Galo Antonio Carrillo Le Roux - Diretor Presidente

André Bernardo - Diretor Vice-Presidente

Guilherme Guedes Machado - Diretor Vice-Presidente

Ricardo da Silva Seabra - Diretor Vice-Presidente

José Ermírio de Moraes - Diretor Secretário

Bruno Faccini Santoro - Diretor Tesoureiro

### REGIONAIS

#### Bahia

Luiz Antonio Magalhães Pontes - Diretor Presidente

Ana Cláudia Gondim de Medeiros - Diretora Vice-Presidente

#### Rio Grande do Sul

Jorge Otávio Trierweiler - Diretor Presidente

Heitor Luiz Rossetti - Diretor Vice-Presidente

#### Pará

Fernando Alberto Sousa Jatene - Diretor Presidente

Pedro Ubiratan de Oliveira Sabaa Sur - Diretor Vice-Presidente

#### São Paulo

Carlos Calvo Sanz - Diretor Presidente

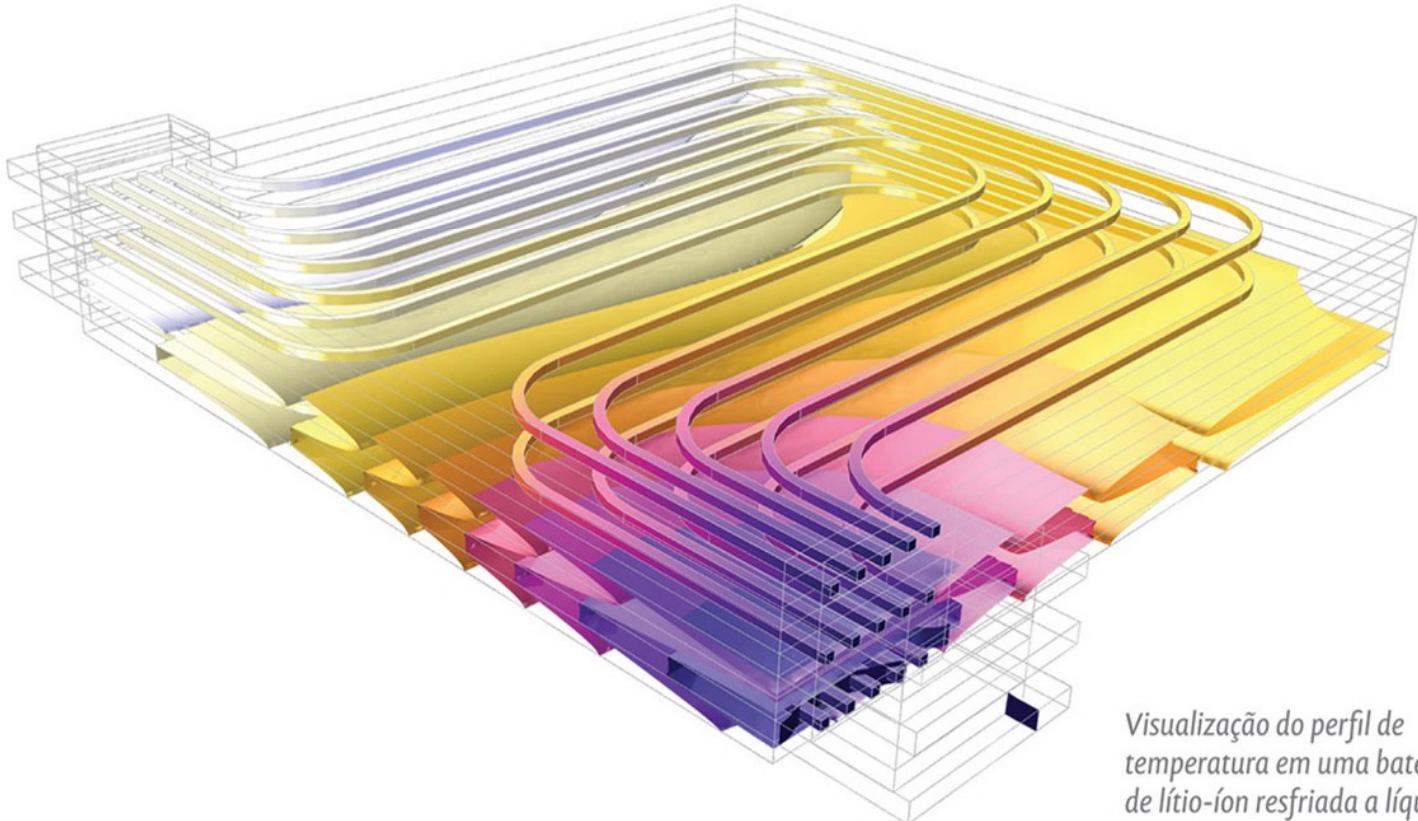
Denise Mazzaro Naranjo - Diretora Vice-Presidente

#### Rio de Janeiro

Elcio Ribeiro Borges - Diretor Presidente

Claudinei de Souza Guimarães - Diretor Vice-Presidente

# Veículos autônomos exigem baterias com energia duradoura.



Visualização do perfil de temperatura em uma bateria de lítio-íon resfriada a líquido.

O estágio do ciclo de carga, potencial, concentração local, temperatura e direção da corrente afetam o envelhecimento e degradação de uma célula de bateria. Isso tudo é importante considerar no desenvolvimento de veículos autônomos (AVs), que dependem de um grande número de componentes eletrônicos para funcionar. Ao projetar baterias duradouras que são poderosas o suficiente para acompanhar as demandas de energia, os engenheiros podem recorrer a simulação.

O software COMSOL Multiphysics® é usado para simular projetos, dispositivos e processos em todos os campos da engenharia, fabricação e pesquisa científica. Veja como você pode otimizar projetos de baterias para carros autônomos.

[comsol.blog/autonomous-vehicle-batteries](http://comsol.blog/autonomous-vehicle-batteries)

# REMOÇÃO DE METAIS DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS POR PROCESSOS HIDROMETALÚRGICOS E ELETROQUÍMICOS

## RESUMO

A viabilidade de recuperar metais dos resíduos eletrônicos usando uma combinação de lixiviação e processo eletroquímico foi investigada neste estudo. A lixiviação com ácido

nítrico e ácido clorídrico formando a água régia foi considerada a maneira mais eficiente e econômica de extrair os metais dos resíduos eletrônicos. O cobre, a prata e o alumínio foram removidos da solução por eletrólise em um reator eletroquímico simples com dois eletrodos de cobre. A influência da corrente aplicada e o tempo de deposição foram investigados em relação a eficiência da taxa de remoção. Uma análise dos dados experimentais mostrou que a eficiência da corrente foi baixa para a remoção da prata, mesmo assim foi suficiente para a deposição de cobre.



placas de circuito impresso de resíduos por cloro gerado eletricamente em solução de ácido clorídrico. Os resultados experimentais mostram que vários elementos podem ser depositados no cátodo

por diferentes potenciais de deposição. Para extrair o elemento Ag da placa de circuito impresso de resíduos, na literatura, existem muitos dados referentes aos procedimentos hidrometalúrgicos. No artigo de Naseri Joda e Rashchi (2012), a recuperação de prata de placas de circuito impresso de resíduos foi estudada usando ácido nítrico como reagente de lixiviação. Caldas (2017) reciclagem PCIs por processos hidrometalúrgicos utilizando água régia e recuperou prata metálica por precipitação química para a produção de nanopartículas de prata. Este texto discute a recuperação de prata dos REEE por eletrodeposição usando eletrodos de cobre. Além da recuperação de metais em sua forma metálica, o processo eletroquímico tem as vantagens de não ser necessário reagente químico extra, produção de lodo, alta seletividade, baixo custo operacional e possível desinfecção das águas residuais.

## INTRODUÇÃO

A recuperação de metais a partir de soluções aquosas ou resíduos eletrônicos tornou-se muito importante nos últimos anos devido tanto a questões ambientais, como também a seus valores econômicos agregados, favorecendo assim a busca por novas tecnologias. Soluções sulfúricas, clorídricas e nitriácidos são frequentemente usadas como agentes de lixiviação em tecnologias hidrometalúrgicas, sendo este processo o mais flexível (HAVLIK et al., 2010; YUCHUANG et al., 2010). Fogarasi et al. (2015) introduziram dois novos processos de recuperação de placas de circuito impresso de resíduos, e Kim et al. (2011) investigaram a cinética de lixiviação de cobre de

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, o pó obtido das placas foi digerido em água régia e depois caracterizado por espectroscopia de fluorescência de raios-X. Em seguida foram realizados testes de eletrodeposição no licor obtido após digestão ácida, como segue o esquema da **figura 1**.

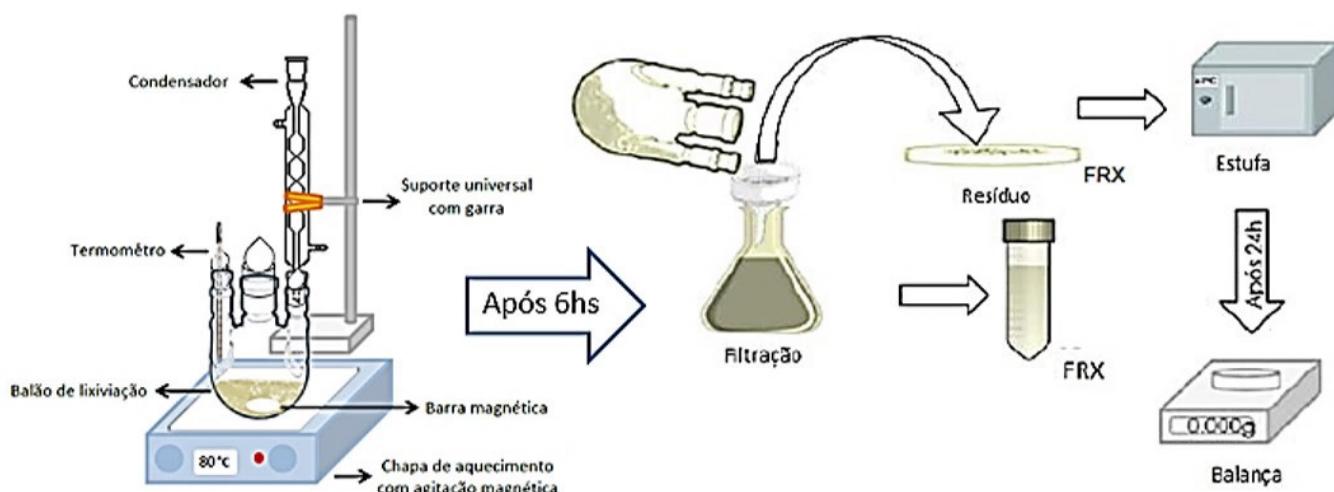


Figura 1. Etapas da lixiviação. Adaptado de Silvas, (2014).

No processo de dissolução por lixiviação, um volume de água-régia de 500 mL e uma amostra sólida de aproximadamente 25 g de PCBs moídos foram usados para cada ensaio com agitação magnética constante.

**Eletrodeposição:** Os testes de eletrodeposição foram realizados em um reator de vidro com capacidade de 1 L, um par de eletrodos de cobre com área ativa de 8 cm<sup>2</sup> foi inserido verticalmente e conectado a uma

fonte de alimentação. Os eletrodos foram separados por espaçadores de plástico a uma distância de 3 cm. O efluente foi adicionado ao reator e o sistema foi mantido sob agitação constante por meio de um agitador mecânico a uma velocidade de 550 RPM para o processo agitado. O volume utilizado em cada ensaio foi de 400 mL. Foram realizados estudos experimentais nas diferentes correntes de 0,5 A - 1,0 A e 1,5 A, com tempo constante de 60 minutos. Quanto à

segunda etapa dos experimentos, os estudos foram realizados em tempos diferentes de 15, 30, 60, 90 e 120 minutos, a uma corrente constante de 1,0 A. Ao término de cada reação, uma alíquota de 5 ml era colhida para posterior análise. A **Figura 2** mostra a célula eletroquímica usada neste estudo.

**Técnicas de análises:** As análises químicas foram realizadas por fluorescência de raios-X em um

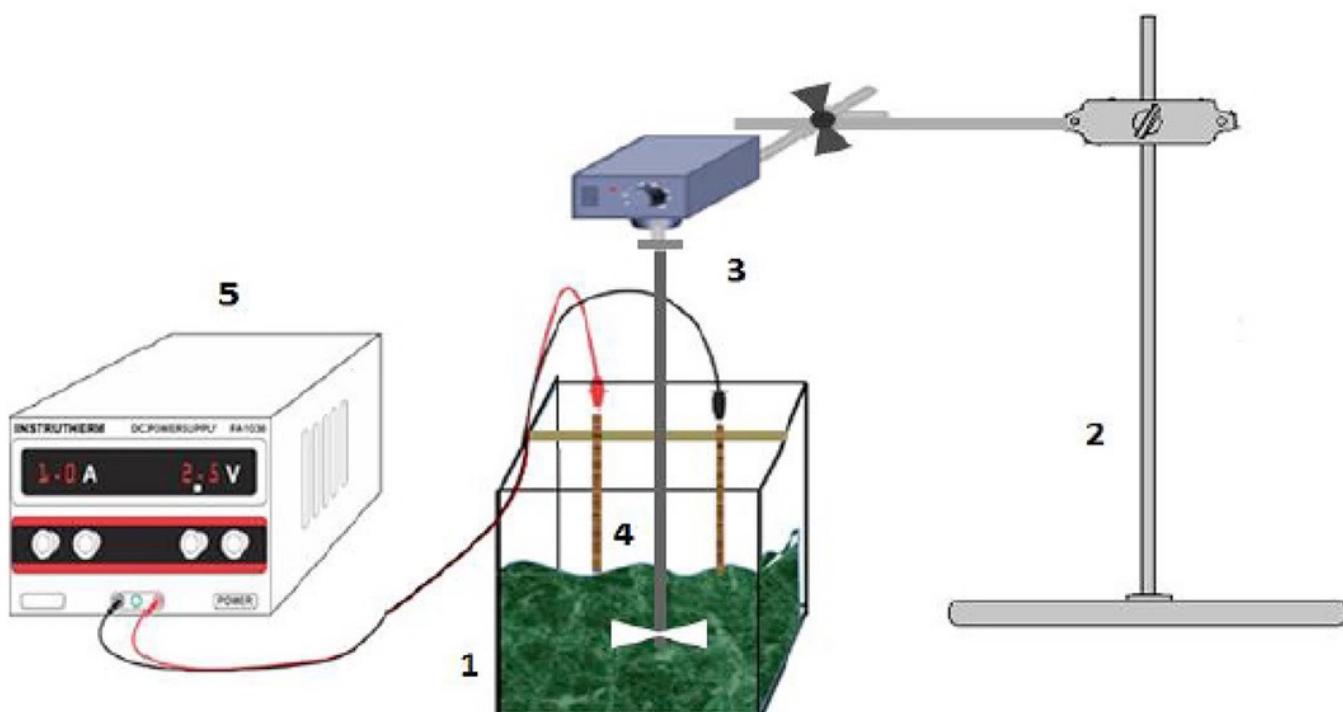


Figura 2. Célula eletroquímica. 1) reator eletroquímico, 2) suporte, 3) agitador mecânico, 4) eletrodos de cobre, 5) fonte de alimentação.

Tabela 1. Composição das placas de circuito impresso

Elementos	%	Elementos	%
Cu	23.95	Pb	0.52
Sn	19.80	Fe	1.45
Br	17.93	Ag	0.62
Si	16.60	Cr	0.31
Ca	13.23	Ni	0.15
Al	3.34	Ti	0.14
Ba	1.92	Mn	0.03

espectrômetro Shimadzu 720 com detector EDX (XRF) e por Difração de Raios X em um Shimadzu XRD-7000 (XRD) usando radiação de cobre.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No pó, 17 elementos foram identificados utilizando a técnica Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X. A **Tabela 1** mostra que, exceto substâncias perigosas, existem muitos materiais valiosos contidos nos PCIs, que valem a pena reciclar, conforme relatado por Zhou e Qui (2010) em seus estudos. A **Tabela 1** mostra a porcentagem em massa dos principais elementos que compõem a placa de circuito impresso usada neste estudo.

Com base no percentual de massa, o cobre foi encontrado como a espécie dominante (23,95%), seguido pelo estanho. Os elementos encontrados compõem não apenas a parte metálica dos PCBs, mas também os poliméricos e cerâmicos, o que explica a presença de Br, Si, Ca, Ba, Ag e Cr (ARINANDA et al., 2019).

Após o processo de lixiviação, observa-se que o licor gerado apresentou uma composição diferente (mostrado na **Tabela 2**), indicando que o processo de lixiviação extraí preferencialmente certos elementos que outros. Por meio de um balanço de massa, conseguiu-se estabelecer o rendimento do processo de lixiviação em relação a cada elemento. Os resultados também são apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2. Principais elementos presentes na solução

Elementos	Concentração no lixiviado (%)	Rendimento individual (%)	Elementos	Concentração no lixiviado (%)	Concentração individual (%)
Cu	40.71	65.7	Fe	1.2	31.8
Cl	24.9	-	Ag	1.54	96.1
Sn	17.26	33.7	Al	0.6	7.0
Ca	7.33	21.4	Ni	0.21	54.8
Na	3.34	-	Cr	0.18	22
Pb	1.97	100	Ti	0.15	43.3

O rendimento de lixiviação para o cobre, nos testes com água-régia, foi de 100% a 80°C. Para a maioria dos metais, esse lixiviante mostrou-se altamente eficiente, como para o ferro, estanho e chumbo, com rendimentos acima de 70%. Titânio, cálculo, cromo, zinco e níquel obtiveram

**Efeito do tempo e da corrente:** A corrente de estudo foi de 0,5 A - 1,0 A e 1,5 A, respectivamente. A tabela 3 mostra a concentração de metais após 60 minutos de reação nas diferentes correntes aplicadas.

cobre, obteve-se altas remoções em todos os parâmetros estudados. Considerando os resultados obtidos, variando a corrente aplicada e mantendo o tempo constante, observou-se uma remoção considerável de prata, e será foco deste estudo nos próximos parâmetros analisados,

Tabela 3. Eletrodeposição dos metais após 60 minutos de reação com e sem agitação mecânica

Corrente (A)	Com agitação			Sem agitação		
	Al	Ag	Cu	Al	Ag	Cu
0.5	0.231	1.489	77.258	0.433	2.302	90.485
1.0	0.003	7.149	90.092	0.366	3.581	94.742
1.5	0.265	2.494	95.915	1.185	0.750	96.749

rendimentos semelhantes ao cobre, acima de 95%. Quanto à prata, o rendimento foi superior a 70% para a lixiviação a 80 ° C.

Curiosamente, identificamos cloro e sódio no licor. Como eles não estão presentes nos PCIs originais, concluímos que eles foram formados em nosso sistema devido ao processo de lixiviação. O cloro seria sua fonte do ácido clorídrico usado para a lixiviação, enquanto a presença de sódio seria resultado da interação entre os ácidos e o vidro do reator (TRUONG et al., 2018). Em relação ao rendimento da lixiviação, notamos que o chumbo e a prata foram quase completamente extraídos dos PCIs, enquanto outros elementos seriam apenas parcialmente extraídos, apesar de seus sais relacionados (cloreto e nitrato) que resultariam da interação com os ácidos serem muito solúveis.

Na **Tabela 3**, observa-se que o aumento da corrente para 1,5 A, leva a uma baixa remoção de prata no cátodo, consequentemente a deposição aumenta a do cobre. Para Horkans (1981), um aumento na corrente aplicada leva a um aumento no excesso de energia catódica, aumentando a ativação das reações na superfície do eletrodo, o que, por sua vez, provoca um aumento na deposição de algumas espécies e uma diminuição de outras. Considerando a remoção de prata, uma vez que foi um resultado surpreendente, as melhores taxas de deposição ocorreram quando a célula operou em corrente de 1,0 A, atingindo uma concentração de 7,15% de deposição de prata. Para correntes de 0,5 A e 1,0 A, ambas sem agitação, foi obtida uma deposição de prata de 2,3% e 3,6%, respectivamente. Para o

dessa forma, a corrente que apresentou melhores taxas de remoção da prata foi a corrente de 1,0 A. As próximas análises serão realizadas variando o tempo e a corrente mantida fixa. A **Tabela 4** mostra a composição do depósito no cátodo para o processo de eletrodeposição com e sem agitação mecânica. O tempo de deposição variou entre 15, 30, 60, 90 e 120 minutos.



Tabela 4. Concentração de metais presentes no cátodo

Tempo (min.)	Com agitação			Sem agitação		
	Al	Ag	Cu	Al	Ag	Cu
15	0.00	1.46	98.28	0.23	0.29	99.12
30	0.36	5.04	92.64	0.39	2.17	97.10
60	0.00	7.48	92.65	0.36	3.58	94.74
90	0.44	4.19	94.31	0.14	5.04	94.81
120	0.53	3.55	95.82	0.00	0.00	0.00

O processo sem agitação apresenta deposição variável das taxas de prata, alumínio e cobre nos diferentes tempos. O valor de 0%, em 120 minutos, no processo sem agitação, ocorreu pelo fato do ânodo após 100 minutos de reação, ficar completamente oxidado. Nesse momento não havia mais equilíbrio na transferência de cargas na solução, uma vez que o ânodo não estava mais em contato com a solução, impossibilitando a passagem da corrente.

No processo com agitação, a deposição de prata se mostra de forma mais significativa. Para o cobre, as taxas de remoção estão acima de 90%. Um parâmetro que merece destaque é a agitação mecânica contínua. A agitação da solução tem efeito significativo nos casos estudados, favorecendo a deposição de prata no cátodo. A taxa de agitação leva a um aumento na taxa de transferência de íons  $\text{Ag}^+$  presentes no eletrólito e, portanto, sua difusão é facilitada da solução para a superfície do cátodo, o que também pode ser atribuído à transferência de massa na solução (TORABINEJAD et al., 2016). As análises por Difração de Raio-x encontraram que a prata e o cobre foram depositados como cloreto, cloreto de prata e cloreto de cobre, bem como cobre e prata metálica, como mostra a **Figura 3**.

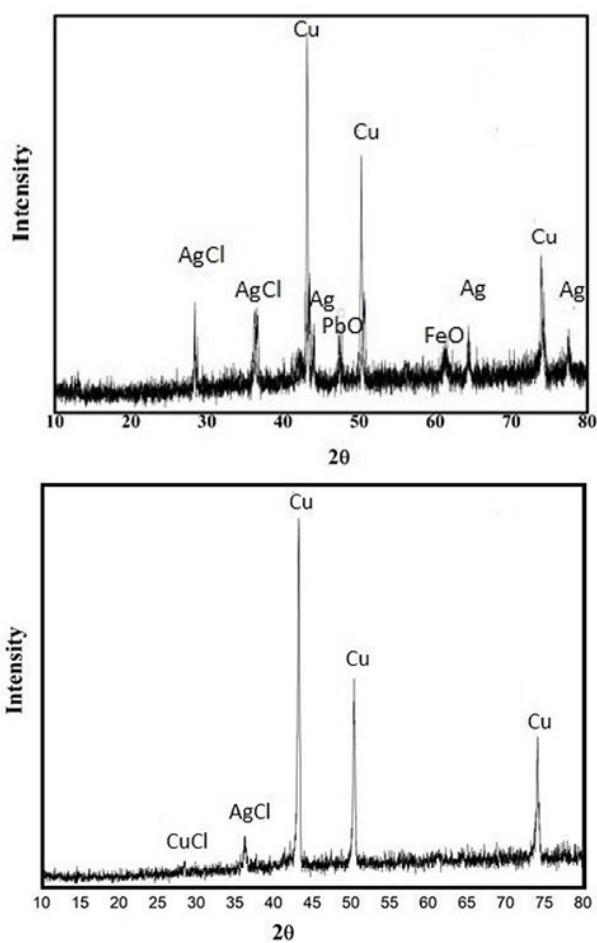


Figura 3. Difratograma de raios X do depósito formado no cátodo, (a) com agitação e (b) sem agitação

## CONCLUSÕES

O estudo desenvolvido mostra uma alternativa viável para recuperar cobre, alumínio e prata dos PCIs por meio de uma tecnologia relativamente simples e de baixo custo.

As reações de eletrodeposição com agitação provaram ser mais eficientes para recuperar os metais, como a prata (Ag), do que as reações sem agitação. Considerando todos os tempos de reação, a remoção foi aproximadamente 21% para a prata e 90% para o cobre, provando ser um parâmetro importante na recuperação de metais das placas de circuito impresso. Nesse processo, os íons podem ser recuperados em sua forma metálica e reutilizados. Além disso, não há geração de lodo residual, nem necessidade de adicionar produtos químicos para a execução do processo, facilidade de controle das variáveis elétricas do processo e redução da força de trabalho.

É interessante mencionar que, mesmo sendo o material de composição muito heterogênea, as análises químicas utilizadas identificam a deposição de apenas três metais alumínio (Al), prata (Ag) e Cobre (Cu).

## REFERÊNCIAS

- ARINANDA M, HAUTE Q, LAMBERT F, GAYDARDZHIEV S. Effects of operational parameters on the bio-assisted leaching of metals from pyrolyzed printed circuit boards. *Miner. Eng.* 2019; 134; 16-22.
- BIN L, DE-AN P, YI-HUI J, JIAN-JUN T, SHENGGEN Z, KUN Z. Recovery of copper and tin from stripping tin solution by electrodeposition, *Rare Met.* 2014; 3; 1-5.
- CALDAS MPK. Síntese de nanopartículas de prata a partir da reciclagem de placas de circuito impresso. Tese de doutorado, USP - São Paulo, 2017.
- CAPORALI S, MARCANTELLI P, CHIAPPE C, POMELLI CS. Electrodeposition of transition metals from highly concentrated solutions of ionic liquids. *Surf. Coat. Technol.* 2015; 264; 23-31.
- FOGARASI S, IMRE-LUCACI F, EGEDY A, IMRE-LUCACI A, ILEA P. Eco-friendly copper recovery process from waste printed circuit boards using  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  redox system, *Waste Manage.* 2015; 40; 136-143.
- HAVLIK T, ORAC D, PETRANIKOVA M, MISKUFOVA A, KUKURUGYA F, TAKACOVA Z. Leaching of copper and tin from used printed circuit boards after thermal treatment, *J. Hazard. Mater.* 2010; 183; 866-873.
- HORKANS J. Effect of plating parameters on electrodeposited NiFe. *J. Electrochem. Soc.* 128, 1981; p 45-49.
- KIM EY, KIM MS, LEE JC, JEONG J, PANDEY BD. Leaching kinetics of copper from waste printed circuit boards by electro-generated chlorine in HCl solution, *Hydrometallurgy.* 2011; 107; 124-132.
- NASERI JODA N, RASHCHI F. Recovery of ultra fine grained silver and copper from PC board scraps. *Sep. Purif. Technol.* 2012; 92; 36-42.
- SILVAS FPC, CORREIA MMJ, CALDAS MPK, MORAES VT, ESPINOSA DCR, TENÓRIO JAS. Printed circuit board recycling: Physical processing and copper extraction by selective leaching. *Waste Manage.* 2015; 46; 503-510.
- SILVAS FPC. Utilização de hidrometallurgia e biohidrometallurgia para reciclagem de placas de circuito impresso. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. DEQ. São Paulo. 2014.
- TORABINEJAD V, ROUHAGHDAM AS, ALIOFKHAZRAEI M, ALLAHYARZADEH M. Ni-Fe-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> electrodeposited nanocomposite coating with functionally graded microstructure. *B. Mater. Sci.* 2016; 39; 857-864.
- TRUONG HT, LEE MS, SENANAYAKE G. 2018. Separation of Pt(IV), Rh(III) and Fe(III) in acid chloride leach solutions of glass scraps by solvent extraction with various extractants. *Hydrometallurgy.* 2018; 175; 232-239.
- YUCHUANG K, I-HSIEN L, JIAMING C. Heavy metal extraction from PCB wastewater treatment sludge by sulfuric acid, *J. Hazard. Mater.* 2010; 177; 881-886.
- ZHOU Y AND QUI K, 2010. A new technology for recycling materials from waste printed circuit boards. *J. Hazard. Mater.* 2010; 175; 823-828.

## AUTORES

*Maria do Socorro Bezerra da Silva*

*André Luis Lopes Moriyama*

*Raffael Andrade Costa Mello*

*Carlson Pereira Souza (UFRN)*

# A INDÚSTRIA ESSENCIAL HOJE, AMANHÃ E DEPOIS

*Artigo publicado originalmente no portal do O Estado de S. Paulo no dia 01/04/2020*



*É necessário um esforço para superar a crise, mas soluções estruturantes terão de vir tão logo seja retomado o fluxo normal da vida no País.*

Se tem algo que está presente na vida de todos os brasileiros é a indústria química. Os insumos e matérias-primas produzidos nas fábricas deste setor que responde por 11,4% do PIB industrial nacional estão na base dos produtos de todos os demais setores industriais: do agro à mineração, passando por remédios, higiene pessoal, gases hospitalares, limpeza, alimentação, roupas, calçados, brinquedos, eletroeletrônicos... Isso significa dizer que todo brasileiro depende da indústria química.

## É UM SETOR ESSENCIAL

A importância da indústria química passa injustamente despercebida da opinião pública em tempos normais, mas fica evidenciada em uma situação de calamidade como a que estamos vivendo diante da disseminação da covid-19. Quando disparou no varejo a procura por álcool em gel, máscaras e sanitizantes, entre outros bens diretamente associados à situação de pandemia, os olhos se voltaram para as fábricas químicas.

Alinhadas com a Organização Mundial de Saúde (OMS) e as auto-

ridades sanitárias do País, as indústrias adotaram nas últimas semanas protocolos rígidos de segurança para seus colaboradores e fornecedores, e estão empenhadas ao máximo para não apenas manter a produção, como atender a uma demanda maior por alguns insumos específicos, sendo um bom exemplo o espessante para o álcool em gel.

Diversas empresas rapidamente redirecionaram unidades fabris e formularam alternativas eficientes ao espessante comumente utilizado, que se tornou escasso em nível global. A indústria química brasileira tem plenas condições de produzir mais insumos para que o álcool em gel não falte aos brasileiros nesse momento tão importante.

Pontualmente, uma grande preocupação do setor neste momento é o tráfego de insumos e matérias-primas entre os Estados e também entre os países do continente, notadamente a Argentina, com quem temos um forte relacionamento comercial. Motoristas e operadores logísticos são hoje os médicos e enfermeiros da produção que chegará às casas dos brasileiros no próximo mês.

A logística envolve uma série de engrenagens como refinarias e biorrefinarias, estradas, postos de fronteira, portos e portos secos, que devem estar em sincronia para que as produções dentro das indústrias químicas tenham um fluxo constante. Pelas características da produção química – uma fábrica assemelha-se a um laboratório em que reações controladas são feitas constantemente

– parar uma linha de produção é uma operação extremamente delicada, entre outros fatores porque ela não pode ser tão facilmente religada como se respondesse a um interruptor ou chave.

Além das preocupações pontuais e do esforço para superar essa grave crise, a indústria química também faz o exercício de olhar para frente, pensar no futuro, e buscar construir um ambiente de maior segurança e competitividade para o setor, com reflexos positivos em toda a cadeia produtiva e, por extensão, ao consumidor final.

Soluções estruturantes terão de vir tão logo seja retomado o fluxo normal da vida no País. Uma prioridade é acelerar a implementação do Programa Novo Mercado de Gás, que traz a perspectiva de um fornecimento estável de matéria-prima a preços competitivos. Também é preciso olhar para os entraves burocráticos e regulatórios, a inserção internacional da nossa indústria, a infraestrutura e a questão da energia.

Uma das muitas lições importantes que essa pandemia nos deixa é sobre a importância de produzirmos mais especialidades e menos commodities.

É preciso abordar esse problema antes da próxima crise.

## AUTOR

*Ciro M. Marino*

*Engenheiro Mecânico, Presidente-Executivo da Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim).*

# A QUESTÃO DA INOVAÇÃO NO BRASIL

Por André Bernardo

No momento em que este texto é escrito, o mundo vive sua maior crise econômica desde 2008, provocada pela tempestade perfeita de uma pandemia que põe o mundo em quarentena e uma disputa comercial entre os países da OPEP que derruba o preço do petróleo para mínimos históricos. Pela primeira vez em muitos anos a economia do mundo deve encolher, e a economia do Brasil que encolheu mais de 7% entre 2016 e 2017, e vinha claudicante nos dois últimos anos, deve mergulhar junto com o mundo. Talvez pior do que o resto do mundo, a se considerar o talento para o desastre dos nossos governantes.

EM PROGRESSO...

Contudo, precisamos man-

ter uma visão estru-  
tural para o futuro. Para  
onde o Brasil deve ir, e para onde  
os brasileiros querem levar sua nação?

Especificamente, engenheiros químicos têm sua vida profissional ligada à indústria (química) que se esvai no Brasil, e no resto do mundo, para se concentrar na China e seus arredores. Precisamos, brasileiros em geral e engenheiros químicos que são os leitores principais desta revista, pensar diferente, fora da caixa. A palavra de ordem é Inovação. Como a Inovação chega à indústria química e aos engenheiros químicos?

Em 2019, a McKinsey divulgou um compilado de informações públicas e de sua propriedade sobre a economia brasileira incluindo Inovação, paisagem digital e de empreendedorismo. Este conjunto de informações foi divulgado no *Brazil Day* da Universidade de Stanford de 2019. Naquela ocasião, o cenário que se apresentava era de recuperação, com bolsa de valores e confiança na indústria em seus máximos e o risco-Brasil no mínimo. Várias empresas



estreando na bolsa de valores e perspectivas de crescimento mais robusto da economia – previa-se então crescimento do PIB de 2,5% em 2019 (acabou sendo 1,1%).

Esquecendo por um tempo a grande crise que vivemos nestes dias e tentando prestar atenção no filme Brasil, a história continua desoladora. A contribuição da indústria para o PIB encolheu de 27,4% em 2010 para 20,6% em 2018. No mesmo período, a utilização da capacidade instalada ficou entre 84% e 75%. A taxa de juros de referência (Selic) e a inflação, depois dos máximos em 2015, 15 e 11%, respectivamente, caíram para 3,75% neste começo de 2020. O dólar aumenta desde 2008, e disparou em 2020 (R\$ 5,20/US\$ enquanto escrevo este texto).

A produtividade do trabalho em dólar PPP (*purchase parity power*, ou paridade de poder de compra, um dólar equivalente sem as variações do mercado de câmbio) de 2017 por hora aumentou em média 1,3% ao ano de 1990 para 2018, passando de 13 para 16 US\$/h. A comparação com outros países torna o drama mais claro. Nos EUA, a evolução foi de 43 para 70 US\$/h, no Chile de 13 para 25 US\$/h. China e Índia foram de 2 para 13 e 8 US\$/h respectivamente. Produzimos hoje o mesmo que conseguíamos em 1990, enquanto todo mundo faz muito mais. A demografia também não nos ajuda mais. Nos últimos 15 anos, o PIB do Brasil cresceu em média 2,7% ao ano, 0,6% por produtividade e 2,1% devido ao aumento da força de trabalho. Mantido este aumento de produtividade, nosso PIB só aumentará até 1,5% ao ano, 0,6% de produtividade e 0,8% pelo aumento da força de trabalho. Nossa produtividade, quando medida em milhares de dólares per capita (da

população economicamente ativa) oscilou negativamente em torno de 15 mil dólares per capita, apesar dos anos de escolaridade média do trabalhador no período ter passado de três para quase nove anos.

As maiores empresas do Brasil são as mesmas “desde sempre” – bancos, commodities, Petrobrás e Vale – que valem menos do que valiam em 2010. Nos EUA e na China, no mesmo período, empresas de serviços públicos e de bens de consumo foram substituídas por empresas de tecnologia como as mais valiosas, e todas são mais valiosas do que há 10 anos. O Brasil tem acordos de comércio com 5% da população mundial, enquanto o Chile tem acordos com 95%.

No Brasil 67% das pessoas entre 16 e 64 anos têm acesso à internet, o mesmo que no México ou na Turquia. A média do mundo é 53%, na Índia é 34% e no Reino Unido é 95%. O usuário de internet no Brasil é urbano, tem menos de 45 anos, está nas classes A, B e C, e acessa a internet pelo celular. Ficamos 9 horas por dia na internet, o mesmo que filipinos, argentinos, mexicanos e indianos. Americanos, chineses, russo e ingleses ficam menos tempo. O comércio digital cresce 13% ao ano no Brasil, mas é 6% do total. Na China é 20% e nos EUA é 12%.

## O EMPREENDEDORISMO E A INOVAÇÃO

Partindo da definição de que empreendedor é uma pessoa que, ao invés de trabalhar como empregado, funda e administra seu próprio negócio, assumindo todos os riscos e recompensas, pode-se assumir que 39% da população ativa entre 18 e 64 anos é empreendedora. Quando se analisa em detalhe este contingente, temos que as atividades mais comuns são restaurantes (14%), vestuário (9%), refeições e automecânico (7% cada), salão de beleza e lanches (5% cada), e venda de cosméticos (3%). Ou seja, serviços de baixa intensidade tecnológica. O empreendedor típico é uma mulher de 34 anos com colegial completo (no máximo) e de classe média baixa. Somente 3% dos empreendedores faturam mais de quatro salários mínimos (cerca de R\$ 4.000,00) por mês e 72% menos do que isso. Dois terços das empresas fecham em até cinco anos depois de abertas, e, em um ranking de facilidade de fazer negócios o Brasil está na 109<sup>a</sup> posição. Como comparação, Chile está na 56<sup>a</sup> e Índia na 77<sup>a</sup> posição.

Apesar do empreendedorismo da população, o Brasil é muito mal avaliado no Índice de Inovação Global, que leva em conta Instituições, Capital Humano e Pesquisa, Infraestrutura,



Figura 1. Relação entre riqueza e bem-estar no Brasil (McKinsey, 2019)

O governo brasileiro e as empresas privadas gastam cerca de 1,3% do PIB com Pesquisa e Desenvolvimento, valor parecido com o da Rússia (1,1%), menor de que China (2,1%), mas maior do que Índia e Chile (0,4%). A quantidade de recursos empregada em P&D parece razoável, mas a quantidade de patentes depositadas no Brasil é muito menor do que a de países economicamente similares. Depositamos 3,4 patentes por milhão de habitantes por ano, mais do que Índia (1,5) ou México (2,0), mas menos do que Turquia (9,0), Rússia (7,9) e Chile (7,1). No Brasil leva-se 14 anos para depositar uma patente, enquanto que no Japão leva-se apenas um ano. Como consequência, são depositadas 456 mil patentes no Japão por ano, enquanto que no Brasil apenas sete mil.

No Brasil, apenas 1,0% da população com curso universitário se formou em STEM (*Science, technology, engineering and mathematics*, ou ciência, tecnologia, engenharia e matemática). Nos EUA são 4,8%, na Índia 1,7% e na China 1,1%. Não vamos mudar este cenário tão cedo, dado que enquanto na China e na Índia 40% e 35% dos estudantes universitários cursam STEM, no Brasil são apenas 17%.

O Professor Carlos Henrique Brito Cruz, professor do Instituto de Física da Unicamp e ex-diretor científico da Fapesp publicou recentemente os “Desafios para a Universidade de Pesquisa no Brasil” (2020), além dos “Cenários para Inovação Tecnológica no Brasil” (2016), que apresentam a síntese de uma visão privilegiada sobre Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no Brasil.

Segundo Brito Cruz (2016), o motor da Inovação é a competição e a exposição ao mercado internacional por meio de acordos preferenciais de comércio e inserção em cadeias globais de produção. Ainda, Inovação ocorre na empresa, que tem conexão com o mercado e Pesquisa e Desenvolvimento é parte importante da Inovação.

Os incentivos e facilitadores para Inovação seriam: Incentivos fiscais; Subsídios; Sistema de propriedade intelectual; Poder de compra estatal; Apoio ou estímulo à exportação; Colaboração com universidades e institutos; Educação. Os desincentivos seriam: Custo trabalhista;

Tributos (Complexidade e custo); Sistema de propriedade intelectual lento; Insegurança jurídica (Instabilidade de normas); Infraestrutura (Incluindo má qualidade da educação; Política de Desenvolvimento “introvertida”; Corrupção).

A colaboração entre universidade e empresa pode se dar por meio de graduados e pós-graduados nas universidades trabalhando em empresas ou criando empresas, consultoria, projetos de pesquisa contratados pela empresa, projetos de pesquisa em colaboração, licenciamento de propriedade intelectual, ou centros de pesquisa conjuntos.

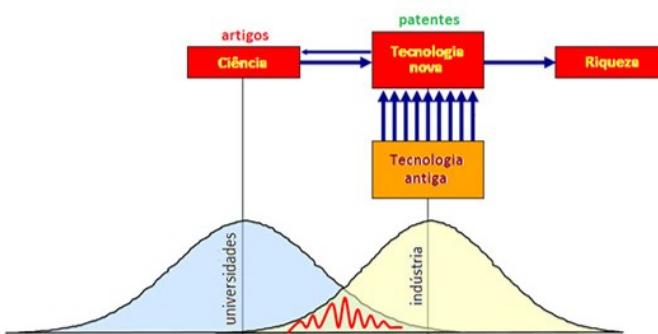


Figura 2. Fluxo de colaboração entre as universidades e a indústria (adaptado de Brito Cruz, 2016)

A **Figura 2** que esquematiza o fluxo de colaboração entre as universidades e a indústria também ajuda entender outro obstáculo à Inovação – o vale da morte da Inovação. A imagem do vale da morte deriva da distribuição dos recursos. A pesquisa básica, que gera papers e patentes é tradicionalmente apoiada por verbas públicas, e se concentra cada vez mais no estudo dos fenômenos físicos/químicos/biológicos. A pesquisa aplicada que gera produtos é financiada pelas empresas. Contudo, na indústria (química), entre o produto e o fundamento existe o processo. É a pesquisa em processo, e as profissões dedicadas aos processos industriais – como as engenharias – que estão no limbo dos recursos, no vale da morte da inovação (**Figura 3**).

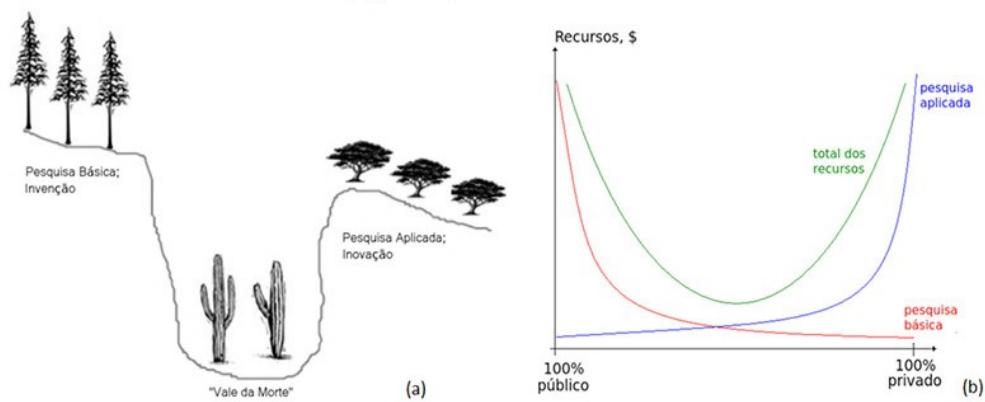


Figura 3. a) O “Vale da Morte” da inovação (adaptado de Ford, 2018), e (b) a distribuição esquemática de recursos para pesquisa.

## INOVAÇÃO OU INOVAÇÃO?

Quando se fala de Inovação é preciso entender a qual tipo de Inovação nos referimos. Foi o economista austriaco Joseph Schumpeter quem definiu em 1939 os conceitos de Inovação incremental e Inovação radical no seu livro *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. Segundo Schumpeter, a Inovação incremental é a melhoria do que já existe – produto, processo ou serviço. Já a Inovação radical é aquela que transforma a relação entre clientes e fornecedores, reestrutura um determinado mercado, desloca produtos atuais, e geralmente cria uma categoria de produto completamente nova.

As inovações incrementais estão associadas à redução de custos e melhorias dos produtos e serviços existentes. Uma inovação incremental gera a otimização do negócio existente e promove o reforço das competências já desenvolvidas. No entanto, diferentemente de um processo de melhoria contínua, uma inovação incremental causa um causado um impacto significativo na estrutura de preços, na participação de mercado, ou na receita da empresa.

A inovação radical traz consigo uma série de incertezas quanto a especificações técnicas do produto, estratégias de venda e distribuição, modelo de organização e fonte de lucros. A inovação incremental não é um problema tão grande para as empresas estabelecidas quanto a inovação radical. No entanto, segundo Leifer et al. (2000), “A inovação incremental pode manter as grandes empresas competitivas no curto prazo. Mas apenas a inovação radical pode mudar o jogo, abrindo caminho para o crescimento a longo prazo”. Algumas poucas empresas conseguem conciliar a Inovação incremental com a Inovação radical. Empresas como Corning, GE Medical Systems, Hewlett-Packard, Motorola, e 3M, que não por acaso se mantêm há décadas como líderes de seus mercados. É comum a ideia de que “Pequenas empresas empreendedoras são a fonte das inovações mais radicais, e que as grandes empresas enfrentam dificuldades para fazer isso”. Por isso, é lugar-comum a ideia de que startups sejam o *locus* da Inovação.

## STARTUPS E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA QUÍMICA

Cerca de 97% de tudo que utilizamos deriva de um processo químico, ou contém pelo menos uma etapa de sua produção envolvendo um processo químico. Para criar produtos e serviços mais sustentáveis, assim como para estabelecer a Economia Circular (ver REBEQ volume 35, número 1), precisamos de soluções inovadoras. A química

precisa ser inovadora para atender aos objetivos ambiciosos de seus clientes. As cadeias de valor na produção química mudarão drasticamente nas próximas décadas.

Atualmente, falar em inovação significa falar em startups. Isso se aplica geralmente, mas agora também na química. As empresas iniciantes são flexíveis, podem agir mais rapidamente e - esse talvez seja o aspecto mais importante - elas podem pensar imediatamente fora da caixa. Podem desenvolver projetos visionários, longe das restrições dos preços do mercado de ações. Muitas grandes empresas químicas na Europa também administram as chamadas unidades de empreendimento corporativo para financiar startups. No entanto, um cenário vibrante e amplo de capital de risco ainda está para se desenvolver. Os modelos de negócios de startups químicas nem sempre se encaixam no pensamento do portfólio dos investidores. Um motivo pode ser um modelo de negócios baseado em serviços que limita as oportunidades do investidor de vender suas ações. Outro motivo pode ser o alto investimento em plantas. Certamente nem todas as startups farão isso no final, haverá uma seleção natural economicamente orientada.

A crescente importância das startups para a indústria química também se reflete na tendência de aumentar os números de startups. Influenciar a cadeia de valor químico não se refere apenas à química clássica, mas também a um produtor de enzimas que ajuda a evitar aquecimento e refluxo ou a uma startup digital que ajuda a extrair os melhores parâmetros de processamento dos dados disponíveis.

Na Europa, acompanhamento da *BCNP Consultants* mostra que a partir de 1997 o número de startups químicas passou a um número de dois dígitos por ano, e em 2007 passaram a ser 20-30 startups por ano.

O mesmo acompanhamento mostra que as startups químicas (da Europa) concentram-se principalmente em três campos de aplicação. A maioria das startups de química desenvolve novos ou nanomateriais. Esse grupo responde por quase um terço (32%) das startups. Cerca de um quarto (26%) das startups dedica-se à química fina ou especialidades químicas. Em terceiro lugar, estão as startups que desenvolvem novas tecnologias e hardware (21%). Cerca de um décimo de todas as startups concentra-se em pesquisa e desenvolvimento e serviços. As aplicações de nicho para start-ups de produtos químicos incluem análises (4%) e catálise e enzimas (4%). Um campo relativamente novo para startups de química está relacionado a problemas de digitalização. Por enquanto, essa aplicação é

responsável por 3% das novas startups, mas tem uma tendência claramente ascendente (**Figura 4**).



**Figura 4.** Distribuição de startups químicas europeias por aplicação

A Alemanha é o país europeu que concentra o maior número de startups químicas, seguida por Grã-Bretanha e França que têm startups ao longo da cadeia de valor químico. Na Grã-Bretanha, as empresas se concentram principalmente no centro de Londres e em torno das universidades de Oxford e Cambridge. Países menores, mas com boa concentração de startups químicas são Holanda e Suíça. Enquanto a Suíça geralmente se apresenta como uma forte nação de pesquisa, a Holanda concentra sua inovação na bioeconomia, em que as Universidades de Delft e Groningen têm altos números de spin-off, resultando em incubadoras químicas que ajudam a tornar as startups bem-sucedidas a longo prazo. Atualmente são listadas 226 startups químicas na Suíça. Como comparação, nos EUA são cerca de 306.

O Banco Europeu de Investimento lançou um fundo de investimento europeu para bioeconomia e economia circular, especialmente para investimentos em instalações industriais e de demonstração. O banco disponibilizará 250 milhões

de euros para as empresas químicas e biotecnológicas para ampliar suas tecnologias.

- novos materiais e nanomateriais
- especialidades e química fina
- tecnologia e equipamentos
- prestação de serviços (P&D)
- analítica
- catálise e enzimas
- digitalização

Muitas boas ideias vêm dos institutos de pesquisa às startups. Mas o grande avanço está faltando. A competitividade de preços com produtos fósseis é bastante desafiadora. Além disso, plantas de grande escala, que geram economias de escala e, portanto, aumentariam a competitividade de preços, são caras.

## STARTUPS (QUÍMICAS) NO BRASIL

Segundo dados da McKinsey, o fundador típico de uma startup no Brasil é um homem de 33 anos formado em cursos STEM. Apenas 12% dos funcionários de startups são mulheres. O perfil do empreendedor de startup é bem diferente do empreendedor típico brasileiro.

No Brasil, a Associação Brasileira de Startups (ABStartups, [www.abstartups.com.br](http://www.abstartups.com.br)) foi criada em 2011 para ser uma rede de troca de informações entre empresas e empreendedores. A ABStartups mantém uma base de dados de startups de todas as áreas no Brasil, a Startupbase ([startupbase.com.br](http://startupbase.com.br)), que consolida informações e permite buscas específicas.

A ABStartups classifica as empresas segundo a fase em que se encontram: ideação, operação, tração e scaleup. Tais fases são sucessivas, a ideação é a primeira fase de uma startup. É quando se define quem são os clientes, qual é o modelo de negócios, como abrir a empresa. Após a ideação, a empresa está efetivamente constituída e entra em operação. Surgem os clientes, as vendas e a empresa é uma realidade. É também a fase de aportes e rodadas de investimento. Estar junto a uma incubadora pode facilitar a operação. A tração é a fase de crescimento, da empresa que já tem sua operação consolidada. São feitos novos aportes e investimentos e a atenção ao fluxo de caixa é essencial. Também nesta fase, é importante revisar o modelo de negócios – a empresa em crescimento é aquela idealizada? A última fase é o scaleup, ou escalonamento. O conceito de scaleup é bastante estrito. Para se tornar uma scaleup, a sua empresa tem que ter um crescimento de 20% em três anos consecutivos – seja em receita ou no número de colaboradores. E, caso o crescimento seja no número de colaboradores, no começo desse período de três anos, a empresa já deve ter dez funcionários ou mais. Alguns especialistas não consideram de uma scaleup ainda seja uma startup.

Utilizando o Startupbase, no mês de março de 2020, com termos específicos, encontraram-se 31 empresas utilizando o termo química. Desses, nove estão no estado de São Paulo, cinco em Minas Gerais e quatro no Rio Grande do Sul. Oito estão em fase de tração, seis em ideação e quatro em operação. O termo nanotecnologia está relacionado a 13 empresas – quatro em São Paulo, três no Rio Grande do Sul e duas em Santa Catarina. Seis delas em tração, três em ideação e uma em operação. Já o termo biotecnologia está relacionado

a 55 empresas, 17 delas em São Paulo, sete no Rio Grande do Sul e seis em Minas Gerais. Daquelas, 13 estão em tração, dez em operação e sete em ideação. Evidentemente, algumas empresas apareceram em mais de uma busca, de modo que foram encontradas ao todo 89 empresas diferentes.

No mesmo período, eram listadas naquela base 12.938 empresas, 3.832 (29,6%) em São Paulo, 1103 (8,53%) em Minas Gerais, 925 (7,15%) no Rio Grande do Sul, 845 (6,53%) no Rio de Janeiro, 646 (4,99%) no Paraná e 606 (4,68%) em Santa Catarina. A base de dados também lista empresas fora de operação (2.081, 16,1%). Das que tiveram suas fases registradas, 939 estariam em ideação, 1604 em operação 1980 em tração e 547 em scaleup.

Portanto, mesmo utilizando a base de dados, os números são apenas um indicativo. Seriam 0,69% das startups listadas no Brasil associadas à indústria química, mas a sub-estimação é provável. A Startupbase classifica os mercados de atuação das empresas. Os principais seriam Educação (7,19%), Finanças (4,26%), Saúde e Bem-estar (3,85%), Internet (3,47%), e Agronegócio (3,19%). Muitas das empresas pesquisadas com os termos relacionados à indústria química estavam classificadas sob o mercado Saúde e Bem Estar, que inclui empresas de análises clínicas que estão de certo modo ligadas à Química. O mesmo vale para o setor de Agronegócio, para o qual algumas empresas de Química oferecem soluções como análises químicas e produtos específicos. Outros mercados que teriam alguma interface com Química ou Engenharia Química seriam Indústria (1,23%), Meio Ambiente (0,76%), e Energia (0,69%). Os termos Biotecnologia (0,30%) e Nanotecnologia (0,05) também são consolidados pela base de dados.

Brito Cruz (2020) apresenta dados do Brasil sobre startups, mas não somente aquelas ligadas à química. Segundo ele, surgiram na Unicamp (Universidade Estadual de Campinas) 821 startups, 717 ativas, que geraram 31.143 empregos e R \$ 7,9 bilhões em receita. Da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), foram 36 startups listadas, e do Vale do Paraíba em São Paulo 25 startups, metade ligadas ao Parque Tecnológico de São José dos Campos, cidade na qual está instalado o Instituto de Tecnologia Aeronáutica (ITA), importante escola de engenharia.

## O BRAZIL DIGITAL REPORT DA MCKINSEY LISTA O ECOSSISTEMA DE STARTUPS DO BRASIL:

- São Paulo – São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Piracicaba e Sorocaba.
- Santa Catarina – Florianópolis, Joinville, Balneário Camboriú, Blumenau e Chapecó.
- Minas Gerais – Belo Horizonte, Uberlândia, Uberaba e Juiz de Fora.
- Rio de Janeiro – a capital e o sul fluminense.
- Paraná – Curitiba, Ponta Grossa, Londrina e Maringá.
- Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Santa Maria, Caxias do Sul e Canoas.
- Pernambuco – Recife
- Bahia – Salvador e Feira de Santana.

Parece que também no Brasil as startups nascem em meio às melhores universidades.

## ÚLTIMAS PALAVRAS: O QUE FALTA AO BRASIL?

Ao Brasil e aos brasileiros falta tudo. Especificamente, quando discutimos inovação e startups, respostas mais específicas podem ser obtidas. Algumas já foram colocadas aqui. Os desincentivos à inovação listados por Brito Cruz (2016) são uma descrição sucinta do Estado brasileiro. O tempo necessário para depositar uma patente no Brasil e o resultante baixo número de patentes também não ajuda.

A revista Pesquisa Fapesp de fevereiro apresenta em reportagem que uma auditoria do TCU identificou “ausência de articulação entre as instituições como um dos responsáveis pelo baixo desempenho do Brasil nos rankings de inovação”. Em resumo, a reportagem mostra que os recursos disponíveis e as legislações existentes não se articulam em uma estratégia de longo prazo por falta de um plano de ação do Estado. A reportagem também mostra que vários países dispõem de um cientista-chefe que orienta as ações do Chefe de Governo em ciência, tecnologia e inovação. No Brasil, o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia poderia desempenhar este papel, ao “atuar como um órgão de assessoramento do presidente da República para formulação de políticas públicas nacionais de desenvolvimento científico e tecnológico”, mas na prática há muito sofre com a falta de estrutura e quadros

técnicos, não se reúne regularmente e tampouco é protagonista na proposição de políticas ou prioridades de inovação para o país. Entre 2004 e 2019 foram apenas 13 reuniões plenárias, apenas duas no governo Temer, e uma reunião que deveria ocorrer em novembro de 2019, já no governo atual, foi adiada para uma data a ser ainda definida.

Outra reportagem da mesma edição da revista, esta de Fabrício Marques, divulga tese de Daniela Scarpa Beneli, que desenvolveu um Indicador Composto Estadual de Inovação (Icei) que classifica as unidades da federação combinando 17 indicadores de ciência, tecnologia e inovação, entre os quais formação de recursos humanos, investimento em pesquisa e desenvolvimento, patentes e exportação de bens intensivos em tecnologia. O Icei divide os estados em quatro grupos – líderes, seguidores, moderados e modestos. Os líderes São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná, e os seguidores Santa Catarina, Rio de Janeiro, Amazonas e Minas Gerais. A menos do estado do Amazonas, cujo bom posicionamento é resultado essencialmente da Zona Franca de Manaus, os demais estados são aqueles nos quais se concentram as startups químicas. Não deve ser coincidência.

Um aspecto específico à engenharia química que deve ser apontado é que os nossos cursos de graduação ainda formam, sem exceção, o engenheiro de processos empregado em uma grande indústria química que opera em processos contínuos estacionários. Estes empregos são cada vez mais exceção do que regra. As novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) dos cursos de engenharia, de abril de 2019, estabelecem que os cursos de graduação devem proporcionar aos seus egressos “aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação”. Estas DCNs devem estar implantadas nos cursos de graduação até abril de 2022.

## REFERÊNCIAS

- Andrade, Rodrigo de Oliveira. Estratégias desconectadas, Pesquisa Fapesp, ano 21, n. 288, 2020.
- Brito Cruz, Carlos Henrique. Cenários para inovação tecnológica no Brasil. DOI: 10.13140/RG.2.1.5029.2720 (Julho 2016)
- Brito Cruz, Carlos Henrique. Desafios para Universidades de Pesquisa no Brasil. DOI: 10.13140/RG.2.2.17900.10882 (Novembro 2019)
- Ford, G. A Valley of Death in the Innovation Sequence: An Economic Investigation, disponível em: <https://phoenix-center.org/FordVoDAEA2008.pdf>, acessado em 23 de outubro de 2018.
- Kirchhoff, Tobias; Bengs, Holger. Start-ups Accelerate Innovation, An Overview of the European Chemical Start-up Scene. Published on chemanager-online.com (<https://www.chemanager-online.com>) in 30.11.2018.
- Leifer, Richard; McDermott, Christopher M.; O'Connor, Gina Colarelli; Peters, Lois S.; Rice, Mark P.; Veryzer, Robert W. Radical Innovation: How Mature Companies Can Outsmart Upstarts, Harvard Business Review Press, 2000.
- Marques, Fabricio. Geografia da Inovação, Pesquisa Fapesp, ano 21, n. 288, 2020.
- McKinsey and Company. Brazil Digital Report, 1st edition. April 2019.
- Startupbase, disponível em [www.startupbase.com.br](http://www.startupbase.com.br); acessado em 20 de março de 2019.





# NOVAS FRONTEIRAS PARA O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA - BATERIAS LI-02

Por Chayene Gonçalves Anchieta, Thayane Carpanedo de Moraes Nepel, Gustavo Doubek e Rubens Maciel Filho (Unicamp).

Segundo a Agência Internacional de Energia ([www.iea.org](http://www.iea.org)), a demanda energética global em 2017 alcançou 21.372 TWh e cresce em torno de 3% anualmente. Com o alto consumo de energia a degradação ambiental se torna um problema iminente para o mundo. Os combustíveis fósseis são responsáveis por cerca de 2/3 da energia elétrica total produzida e, a longo prazo, essa alternativa está fora dos padrões de sustentabilidade. Nesse aspecto fontes de energia provenientes do sol e a geração por fazendas eólicas ganham destaque e estão em franca expansão. Entretanto a sua produção intermitente ainda limita a sua participação a um papel de coadjuvante em uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis na maior parte do globo. Com isso, quando se trata de energia renovável existe a necessidade de um sistema de armazenamento de energia de alta capacidade, independentemente do tempo de operação do sistema (fotovoltaico ou eólico). Os sistemas de armazenamento de energia devem ser economicamente viáveis, tecnicamente competitivos com os dispositivos disponíveis no mercado, apresentar alto tempo de vida útil e suportar os longos ciclos de descarga/carga<sup>1</sup>.

Dentro deste contexto, os sistemas eletroquímicos de armazenamento de energia são considerados uma alternativa para o armazenamento de energia gerado a partir de sistemas renováveis intermitentes, como no caso de sistemas fotovoltaicos e eólicos<sup>2</sup>. Os sistemas eletroquímicos são capazes de armazenar energia para curto e longo prazo, podem ser modulares, permitem uma escalabilidade, além de serem estáticos e fáceis de operar. No caso de baterias, o armazenamento de energia ocorre através de uma série de reações e transferência de massa a partir da carga no eletrodo, independentemente de serem baterias apróticas

ou próticas<sup>3</sup>, a base de Li ou Na<sup>4</sup>. Tal comportamento difere do que ocorre com células a combustível, que não são recarregáveis e apenas convertem energia.

Desde 1991, quando a Sony implementou no mercado a tecnologia Li-íon, os cientistas estão fascinados com o rápido aumento no ganho de densidade energética dessas baterias. Entretanto, esses dispositivos apresentam um peso elevado quando comparado com as demais baterias como a chumbo-ácido, níquel-ferro, níquel-cadmio e níquel metal hidreto<sup>5</sup>. Um comparativo de valores de densidades energéticas de diferentes tecnologias de armazenamento de energia e o desenvolvimento das mesmas pode ser observado na **Figura 1**.

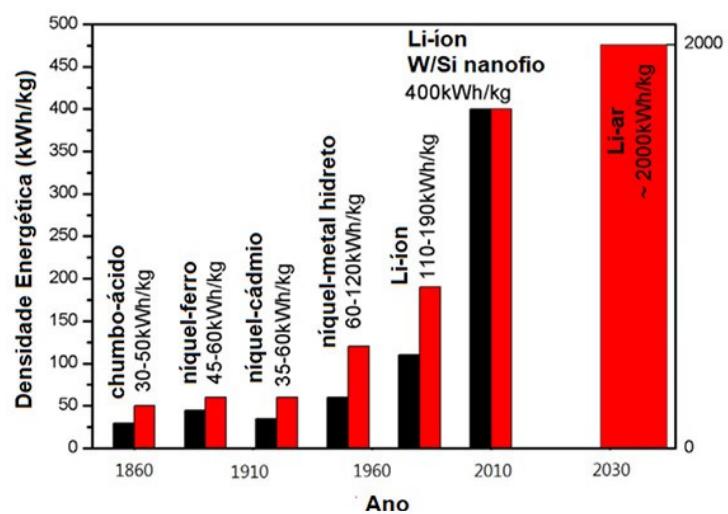


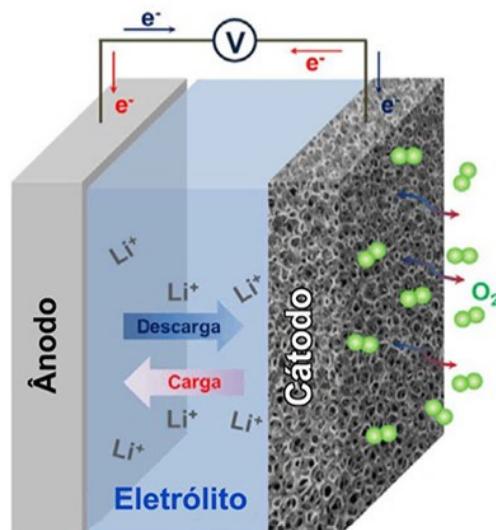
Figura 1. Evolução da tecnologia das baterias a partir da densidade energética. Fonte: Adaptado de Douf B. & Pode R., 2015

As projeções apontam para a substituição das baterias de Li-íon por baterias de Li-ar a partir de 2030<sup>5,6</sup>. Desde a publicação de Abraham e Jiang, o desenvolvimento desta tecnologia vem sendo estudada e as baterias continuamente aprimoradas<sup>7</sup>. Devido a elevada densidade energética teórica das baterias Li-ar, estas também podem vir a ser empregadas desde dispositivos eletrônicos portáteis até em veículos elétricos<sup>8,9</sup>.

## BATERIAS LI-AR

Existem quatro tipos distintos de configurações de baterias Li-ar, também conhecidas como Li-O<sub>2</sub>, os quais variam de acordo com o tipo de eletrólito empregado, podendo ser: aquosa, aprótica (ou não-aquosa), híbrida aquosa/aprótica e de estado sólido. Todas essas configurações contém o lítio metálico denominado como ânodo devido à ocorrência da oxidação do lítio no processo de descarga e um eletrodo difusor de oxigênio – denominado de cátodo por ser onde ocorre a redução do oxigênio durante a descarga. Cada um dos tipos de célula apresenta suas vantagens e desafios, porém, as apróticas são mais utilizadas e estudadas por apresentarem bom desempenho e construção simplificada<sup>10,11,12</sup>. A **Figura 2** apresenta um esquema do processo de funcionamento de uma bateria Li-O<sub>2</sub>aprótica.

As rotas reacionais, assim como os produtos formados durante a descarga e decompostos durante a carga das baterias Li-ar, se diferem de acordo com os catalisadores empregados nos eletrodos difusores de gás, o eletrólito, a presença de gases atmosféricos além do oxigênio e mesmo com a presença de traços de água. Na **tabela 1** estão possíveis reações envolvidas nos processos de descarga e carga de bateria Li-apróticas.



**Figura 2.** Esquema do funcionamento de uma bateria Li-O<sub>2</sub>aprótica. Fonte: Adaptado de TAN et al., 2017.

**Tabela 1.** Reações de descarga e carga de baterias Li-aprótica

Reação		
<b>Oxidação do lítio</b>	$Li(s) \leftrightarrow Li^+ + e^-$	(1)
<b>Reação de redução do oxigênio</b>	$2Li^+ + 2e^- + O_2(g) \leftrightarrow Li_2O_2$	(2)
	$4Li^+ + 4e^- + O_2(g) \leftrightarrow 2Li_2O$	(3)
<b>Reações sequenciais</b>	$Li^+ + O_2(g) + e^- \leftrightarrow LiO_2$	(SEQ Equação \* ARABIC 4)
	$LiO_2 + Li^+ + e^- \leftrightarrow Li_2O_2$	(SEQ Equação \* ARABIC 5)
<b>Formação do anion superóxido</b>	$O_2(g) + e^- \rightarrow O_2^-$	(SEQ Equação \* ARABIC 6)
<b>Reação de formação do intermediário LiO<sub>2</sub></b>	$O_2^- + Li^+ \leftrightarrow LiO_2$	(7)
<b>Reação de despropoção do LiO<sub>2</sub></b>	$2LiO_2 \rightarrow Li_2O_2 + O_2(g)$	(8)
<b>Reação de formação de LiOH</b>	$2Li_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 4LiOH + O_2$	(9)
<b>Reações de formação de Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	$2Li_2O_2 + C \rightarrow Li_2O + Li_2CO_3$	(10)
	$Li_2O_2 + CO_2 \rightarrow Li_2CO_3 + \frac{1}{2}O_2$	(11)

Durante a descarga das baterias Li-O<sub>2</sub>apróticas, ocorre uma reação de oxidação do lítio no ânodo (reação (1)), liberando um fluxo de elétrons para o circuito externo e íons de lítio no meio, no qual são conduzidos pelo eletrólito até o eletrodo difusor de gás (O<sub>2</sub> ou ar). Esses íons de lítio reagem com as moléculas de oxigênio que entram no sistema pelo eletrodo poroso e estão adsorvidas no material ativo, promovendo a reação de redução do oxigênio (RRO) na descarga, representada por duas possíveis reações eletroquímicas (2 e 3). Esse processo leva a formação e acúmulo de produtos sólidos e insolúveis nos poros do material do eletrodo difusor de gás, como o óxido de lítio (Li<sub>2</sub>O) e o peróxido de lítio (Li<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

O peróxido de lítio também pode ser formado a partir de duas reações sequenciais de transferência de elétrons (4 e 5). Além disso, pode-se sugerir uma rota alternativa, onde primeiramente ocorre a reação de redução do oxigênio a partir de um elétron, formando o ânion O<sub>2</sub><sup>-</sup> (reação 6), o qual em seguida reage com Li<sup>+</sup> (reação 7), onde ocorre a formação do intermediário superóxido de lítio. Por fim, ocorre a reação de desproporção do intermediário LiO<sub>2</sub> e há a formação de Li<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> (reação 8).

Diversos fatores podem influenciar os mecanismos de reação que ocorrem durante o processo de redução do oxigênio, como a densidade de corrente aplicada, o potencial elétrico do eletrodo e se o intermediário formado (LiO<sub>2</sub>) está dissolvido no eletrólito ou adsorvido na superfície do eletrodo<sup>13</sup>. Além disso, a presença de substâncias indesejáveis como água, carbono ou dióxido de carbono, provenientes de decomposições do eletrólito e eletrodo, ou do ar atmosférico, podem provocar a ocorrência de outras reações no processo (Equações 9, 10 e 11)<sup>14</sup>.

O processo de decomposição dos produtos formados durante a descarga é revertido durante a carga, se decompõe em íons Li<sup>+</sup> e O<sub>2</sub>, chamada de reação de evolução do oxigênio (REO), (reação (2) reversa) onde o O<sub>2</sub> é liberado para a atmosfera quando se trata de um sistema aberto<sup>15,16</sup>. Como a carga depende fortemente da composição, estrutura e morfologia dos produtos formados durante a descarga, o exato mecanismo de reação que ocorre durante esta etapa também é uma questão para muitas pesquisas.

Não existe um consenso sobre os mecanismos de reação para as baterias de Li-O<sub>2</sub>apróticas até o presente momento<sup>17</sup>. Os mecanismos relatados são baseados principalmente em cálculos teóricos e obtidos por caracterizações *ex-situ* e não revelam exatamente os caminhos das reações no processo de descarga e carga<sup>18,19</sup>.

## PERSPECTIVAS E DESAFIOS

O desenvolvimento de novos sistemas de armazenamento de energia com maior capacidade gravimétrica, como o sistema Li-O<sub>2</sub>, representa um importante aspecto tecnológico com promissora repercussão econômica a médio-longo prazo aos detentores desta tecnologia. Para se avançar na tecnologia das baterias Li-O<sub>2</sub> é preciso uma consolidação no entendimento sobre como regem os componentes do sistema e sua operação sobre os mecanismos reacionais. Dessa forma será possível o controle sobre o funcionamento do dispositivo e formará a base para a criação de uma engenharia eletroquímica para o projeto de tais dispositivos.

Com isso, desde 2018, o grupo do professor Dr. Gustavo Doubek, juntamente com o Prf. Rubens Maciel Filho, da Universidade Estadual de

Campinas – UNICAMP e no âmbito da Divisão de Armazenamento de Energia Avançado do Centro de Inovação em Novas Energias – CINE, concentra suas pesquisas em protótipos de baterias Li-O<sub>2</sub> e no desenvolvimento de eletrodos visando maior capacidade, desempenho em condições reais de operação e principalmente a construção de conhecimento sobre o funcionamento desses dispositivos.

Os estudos visam propor os mecanismos envolvidos nas reações de descarga/carga, a partir de caracterizações durante o funcionamento do dispositivo (*in situ*) empregando técnicas como FTIR, Raman, Difração de raios X aliados a experimentos sob radiação síncrotron em parceria com a Drª Cristiane Barbieri Rodella, pesquisadora do LNLS-CNPEM e com o SLAC National Accelerator Laboratory de Standford - Estados Unidos. A combinação de diferentes técnicas de caracterização permite um entendimento significante da química de superfície e das interações entre os produtos formados nos diferentes eletrodos durante o funcionamento das baterias.

Diversas sínteses estão sendo estudadas e empregadas no design de eletrodos para os dispositivos de armazenamento de energia. Síntese de óxidos mistos, peroviskitas e espinélios tem demonstrado os maiores avanços frente à capacidade das baterias. Eletrodos de nanotubos de carbono sintetizados por deposição de vapor químico<sup>20</sup> estão sendo empregados no estudo de condições operacionais de sistemas pressurizados, com e sem fluxo de O<sub>2</sub>, visando a otimização do sistema. Efeitos sinérgicos de nanotubos de carbono, óxidos metálicos como eletrocatalisadores e de mediadores redox visam a melhoria do sistema, atuando no aumento da densidade energética e

na vida útil dos dispositivos. O grupo desenvolve também sistemas para testar os dispositivos assim como para caracterizar os eletrodos, tanto após os ensaios quando *in-situ*.

Dentre os inúmeros desafios relacionados as baterias Li-ar, pode-se citar a necessidade de entender os processos eletroquímicos que ocorrem nas interfaces (oxigênio dissolvido/eletrólito/catalisador ou oxigênio dissolvido/eletrólito/lítio) para o desenvolvimento de cátodos com alta capacidade e eficientes nas reações RRO e REO. Além disso, encontrar eletrólitos com habilidade de transportar oxigênio e íons, com baixa pressão de vapor e que promovam a proteção do ânodo (Li metálico). Evitar a oxidação descontrolada do ânodo e encontrar catodos capaz de suportar as condições reais de operação, onde  $H_2O$  e  $CO_2$  proveniente do ar atmosférico estão presentes no sistema, é o maior desafio.

## CONCLUSÕES

O intuito desse artigo é divulgar a pesquisa realizada e o sistema Li-ar como grande promessa em armazenamento de energia de alta densidade e ressaltar que o grupo executa projetos na fronteira do conhecimento. As questões climáticas e a busca pela descarbonização das fontes de energia fazem com que a sociedade se transforme e busque por fontes alternativas de produção e armazenamento de energia. Ressalta-se que o desenvolvimento de baterias Li-ar tem muito a contribuir para o futuro das tecnologias eletroquímicas de armazenamento de energia, sendo o desenvolvimento e entendimento do funcionamento desses dispositivos fundamental para que este sistema se torne financeiramente viável.

## REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> Yang, Z. et al. Electrochemical energy storage for green grid. *Chem. Rev.* 111, 3577–3613 (2011).
- <sup>2</sup> Baños, R. et al. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15, 1753–1766 (2011).
- <sup>3</sup> Lu, J. et al. Aprotic and Aqueous Li-O<sub>2</sub> Batteries. *Chem. Rev.* 114, 5611–5640 (2014).
- <sup>4</sup> Ma, J. ling et al. Prevention of dendrite growth and volume expansion to give high-performance aprotic bimetallic Li-Na alloy-O<sub>2</sub> batteries. *Nat. Chem.* 11, 64–70 (2019).
- <sup>5</sup> Diouf, B. & Pode, R. Potential of lithium-ion batteries in renewable energy. *Renew. Energy* 76, 375–380 (2015).
- <sup>6</sup> Thielmann, A. Megatrends and their impact on the energy future from the perspective of electrochemical storage. *AIP Conf. Proc.* 1765, 1–10 (2016).
- <sup>7</sup> Abraham, K. M. & Jiang, Z. ELECTROCHEMICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY A Polymer Electrolyte-Based Rechargeable Lithium / Oxygen Battery. *J. Electrochem. Soc.* 143, 1–5 (1996).
- <sup>8</sup> Kraytsberg, A. & Ein-Eli, Y. Review on Li-air batteries—Opportunities, limitations and perspective. *J. Power Sources* 196, 886–893 (2011).
- <sup>9</sup> Wang, C., Xie, Z. & Zhou, Z. Lithium-air batteries: Challenges coexist with opportunities. *APL Mater.* 7, (2019).
- <sup>10</sup> Girishkumar, G., McCloskey, B., Luntz, A. C., Swanson, S. & Wilcke, W. Lithium-air battery: Promise and challenges. *J. Phys. Chem. Lett.* 1, 2193–2203 (2010).
- <sup>11</sup> Lu, J. et al. Aprotic and aqueous Li-O<sub>2</sub> batteries. *Chem. Rev.* 114, 5611–5640 (2014).
- <sup>12</sup> Tan, P. et al. Advances and challenges in lithium-air batteries. *Appl. Energy* 204, 780–806 (2017).
- <sup>13</sup> Aurbach, D., McCloskey, B. D., Nazar, L. F. & Bruce, P. G. Advances in understanding mechanisms underpinning lithium–air batteries. *Nano Energy* 1, (2016).
- <sup>14</sup> Imanishi, N. & Yamamoto, O. Perspectives and challenges of rechargeable lithium–air batteries. *Mater. Today Adv.* 4, 100031 (2019).
- <sup>15</sup> Bruce, P. G., Freunberger, S. a., Hardwick, L. J. & Tarascon, J.-M. Li-O<sub>2</sub> and Li–S batteries with high energy storage. *Nat. Mater.* 11, 172–172 (2012).
- <sup>16</sup> Imanishi, N. & Yamamoto, O. Rechargeable lithium-air batteries: Characteristics and prospects. *Mater. Today* 17, 24–30 (2014).
- <sup>17</sup> Chang, Z. & Zhang, X. Li – Air Battery : Electrocatalysts. 125–149 (2018).
- <sup>18</sup> Ma, T., Yang, H. & Lu, L. Development of hybrid battery-supercapacitor energy storage for remote area renewable energy systems. *Applied Energy* vol. 153 56–62 (2015).
- <sup>19</sup> Lorrane. AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS PARA A CRIAÇÃO DE ELETRODOS DE MNO<sub>2</sub> SOBRE ESPUMA DE NI APLICADOS A BATERIAS DE LI-O<sub>2</sub>. III, 224–234 (2018).
- <sup>20</sup> Carvalho, V. S. et al. Radially ordered carbon nanotubes performance for Li-O<sub>2</sub> batteries: Pre-treatment influence on capacity and discharge products. *Catal. Today* 200, 282–292 (2019).

# - CONVITE PARA O -

# COBEQ 2020

O Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ) é o maior e mais relevante evento de Engenharia Química no país, realizado a cada 2 anos pela Associação Brasileira de Engenharia Química. Historicamente, reúnem-se mais de mil profissionais da academia e da indústria em todas as áreas da Engenharia Química, onde temáticas relacionadas à pesquisa, inovação e aplicação da Engenharia Química são apresentadas e discutidas. Integrado ao COBEQ, o Encontro Brasileiro sobre Ensino de Engenharia Química (ENBEQ) é um evento tradicional da área de ensino de Engenharia Química no Brasil. Consolidou-se como um fórum de discussão sobre diversos aspectos da formação do engenheiro químico com a participação de docentes de cursos de graduação e pós-graduação de várias universidades do país.

Em sua 23<sup>a</sup> edição, o evento retorna ao Estado do Rio Grande do Sul após mais de vinte anos, mas agora sendo realizado na hospitaleira serra gaúcha, na cidade de Gramado, um dos principais pontos turísticos do país. Gramado possui uma ampla rede hoteleira, excelente gastronomia, diversas atrações e paisagens belíssimas. É a maior infraestrutura turística do Estado, reconhecida pela sua hospitalidade e excelência dos serviços prestados.

O evento está sendo organizado pelo Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Maria, a primeira universidade federal no interior do Brasil. A programação está sendo cuidadosamente organizada, de modo a propiciar um ambiente produtivo de discussões e troca de experiências, por meio de sessões técnicas e conferências proferidas por palestrantes nacionais e internacionais renomados, em todas as áreas da Engenharia Química.

Sejam bem-vindos ao COBEQ 2020, ao ENBEQ 2020 e à cidade de Gramado!

Tchê esperamos!

**PROF. DR. GUILHERME LUIZ DOTTO (UFSM)**

Presidente da comissão organizadora

**Local:** FAURGS | Gramado - RS

**Datas:** 07/09/20 a 11/09/20

**+ INFORMAÇÕES NO SITE:** [www.abeq.org.br](http://www.abeq.org.br)

