

Ano 85 Nº 756 3º trimestre de 2017
ISSN: 23581697



Revista
de
Química Industrial
Edição Eletrônica 14 do Nº 756



57^o

Congresso
Brasileiro de
Química

MEGATENDÊNCIAS

Desafios e Oportunidades para o futuro da Química



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA **2017**



Simpósio Nacional
de Biocombustíveis

Biocombustíveis

X

Sustentabilidade

Recife - Pernambuco
24 a 26 de abril de 2017
Trabalhos: 16 de março



Simpósio
Brasileiro de
Educação
Química

IMPEQUI

**Saberes tradicionais e científicos:
diálogos na Educação Química,**

Manaus - Amazonas
7 a 9 de agosto de 2017
Trabalhos: 29 de junho



Encontro Nacional
de Tecnologia Química

**Tecnologia Química e
Recursos Naturais**

Goiânia - Goiás
4 a 6 de setembro de 2017
Trabalhos: 15 de agosto



**Megatendências: Desafios e
oportunidades para o futuro da Química**

Gramado - RS
23 a 27 de novembro de 2017
Trabalhos: 10 de agosto

Informações: www.abq.org.br

Editorial

Ao folhear as páginas deste novo número da RQI, os leitores perceberão que existe uma novidade: a seção "Pioneiros da Química", que visa dar espaço a pesquisadores que desbravaram as mais diversas áreas da química na condição de iniciadores em nosso país. Um legado de luta, dedicação e realização que serve sobretudo de estímulo às novas gerações que hoje iniciam seus passos como tais pesquisadores fizeram décadas atrás. A Profa. Eloísa Biasotto Mano, pioneira na área de polímeros no Brasil, tem a honra de ser a primeira personagem desta jornada ao passado, ao mesmo tempo com um olhar para o futuro.

Outro ponto que chama a atenção deste número é a sexta edição do Caderno de Química Verde, a maior até agora, cujo conteúdo prima pela atualidade e profundidade. Um excelente convite à leitura.

Mantendo a tradição de destacar os eventos promovidos pela ABQ, passamos em revista a 15ª edição do Simpósio Brasileiro de Educação Química, ocorrido em Manaus em agosto passado, e a 10ª edição do Encontro Nacional de Tecnologia Química, que teve lugar em Goiânia, sede do 55º CBQ em 2015, em setembro. Um ponto comum segundo os participantes foi o alto padrão dos dois eventos, atestado, por exemplo, pelo nível das palestras e das mesas-redondas. O mesmo espírito entusiasta que moveu esses eventos está presente no maior evento que a ABQ promove anualmente, o Congresso Brasileiro de Química, cuja 57ª edição ocorrerá em Gramado pela primeira vez. Uma programação cuidadosamente planejada, em local adequadíssimo, e o charme da cidade com forte apelo turístico e que sedia o mais famoso festival de cinema dão um clima todo especial a este CBQ, 70 anos depois do primeiro dos eventos realizados no Rio Grande do Sul. O tema deste CBQ, "Megatendências: Desafios e oportunidades para o futuro da Química", é explorado na matéria de capa deste número, com dois pesquisadores que nos trazem preciosas informações, mostrando os desdobramentos para os atuais e futuros profissionais da química.

A Regional Amapá da ABQ apresenta um pouco de suas atividades, sendo um excelente meio de mostrar como uma Regional é capaz de organizar e realizar com sucesso um evento a despeito das dificuldades por que passa nosso país.

Quatro artigos figuram nesta edição da RQI, abordando temas variados, alguns deles enquadrados no tema do 57º CBQ. O esforço pela indexação da RQI continua a fim de atender a todos os indicadores que habilitam ao seu credenciamento em bases de dados. O acesso às edições digitalizadas da RQI a partir de 1949 e constantes em seu portal (www.abq.org.br/rqi) continua sua trajetória ascendente, tendo recebido comentários até do exterior. No relatório da Avaliação Quadrienal recentemente publicado pela CAPES referente à área de Química, periódicos com versões impressas e digitais com diferentes ISSN, como é o caso da Revista de Química Industrial, foram unificados e classificados dentro do mesmo estrato. Devido à importância estratégica para a área de Química, 21 periódicos foram reclassificados com base em dois aspectos: (a) atendimento das subáreas, cujos periódicos são considerados internacionalmente como os mais importantes para as mesmas; e (b) periódicos editados por sociedades científicas brasileiras, que praticam políticas editoriais compatíveis com os critérios da área, definidos no referido documento. Dentre as 21 publicações, está a nossa RQI.

Como de costume, este número da RQI põe o leitor por dentro do que acontece no mundo da Química. Um conteúdo rico e diversificado que prenderá a atenção e motivará o interesse pelas atividades desenvolvidas pela ABQ. Acompanhe conosco os passos que a RQI vem dando, renovando seu compromisso firmado em seu primeiro editorial em fevereiro de 1932, de ser um veículo a serviço da Química, de difusão de informações que signifiquem uma melhor formação dos profissionais e uma melhor qualidade de vida à sociedade brasileira.

RQI: o passado e o presente da química aplicada no Brasil passa por aqui!

Júlio Carlos Afonso
Editor

EXPEDIENTE

RQI – Revista de Química Industrial

(www.abq.org.br/rqi)

Órgão oficial da Associação Brasileira de Química para divulgar os eventos que promove; publicar matérias relevantes na área de química, como entrevistas com eminentes personalidades da ciência e tecnologia em geral, artigos técnicos, técnico-científicos e científicos relacionados à área industrial, P&D (inclusive em escala de laboratório) e desenvolvimento de técnicas analíticas, bem como resenhas de livros e outras publicações. A convite do Editor, a RQI publica artigos de opinião de pessoas convidadas.

Indexada no Chemical Abstracts. Indexada no Qualis da CAPES nas áreas de Ciências Agrárias I (B5), Ciências Ambientais (B4), Engenharias II (B4), Engenharias III (B5), Geociências (B5), Interdisciplinar (B4) e Química (B5). Para fins de citação, a abreviatura da revista a ser usada é *Rev. Quim. Ind.*

Fundador

Jayme da Nóbrega Santa Rosa (1903-1998)

Editor

Julio Carlos Afonso (UFRJ)
e-mail: editordarqi@abq.org.br

Editor Associado

Airton Marques da Silva (UECE)

Conselho Editorial

Alvaro Crispino (CEFET-RJ)
Cláudio José de Araújo Mota (UFRJ)
David Tabak (FIOCRUZ)
Eduardo Falabella Sousa-Aguiar (CENPES e UFRJ)
Geraldo André Fontoura (Bayer e UFF)
Gil Anderi da Silva (USP)
Magda Beretta (UFBA)
Maria de Fátima Vitória de Moura (UFRN)
Newton Mario Battastini (SINDIQUIM - RS)
Peter Rudolf Seidl (UFRJ)
Sergio Roberto Bulcão Bringel (INPA e CRQ-XIV)
Silvana Carvalho de Souza Calado (UFPE)
Viridiana Santana Ferreira-Leitão (INT)

Capa, arte e diagramação

Adriana Lopes - asl.eventos@globo.com

Impressão

Gráfica Nova Brasileira - guilhermeventurelli@gmail.com

Associação Brasileira de Química

(www.abq.org.br)

Utilidade Pública Federal:
Decreto nº 33.254 de 08/07/1953
Av. Presidente Vargas, 633 sala 2208
20071-004 – Rio de Janeiro – RJ
Tel/fax: 21 2224-4480
e-mail: rqi@abq.org.br

© É permitida a reprodução dos artigos e reportagens desde que citada a fonte. Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores. Normas para envio de artigos: ver na página 75 e no portal www.abq.org.br/rqi.



ISSN: 2358-1697

Revista de Química Industrial

Ano 85 Nº 756 3º trimestre de 2017

Edição Eletrônica 14

Sumário



1 Editorial



2 Sumário e expediente



3 Aconteceu

15º Simpósio Brasileiro de Educação Química



9 Aconteceu

Aconteceu no Amapá



13 Pioneiros da Química

Eloísa Biasotto Mano



16.1 Caderno de Química Verde



17 Capa

Megatendências - desafios e oportunidades para o futuro da Química



23 Aconteceu

10º Encontro Nacional de tecnologia Química



26 Acontecendo

Gramado vive e respira Química



28 Aconteceu na RQI



32 Agenda



33 Índice de Trabalhos

15º Simpósio Brasileiro de Educação Química SIMPEQUI

Saberes tradicionais e científicos: diálogos na Educação Química

Agnaldo Arroio

*Diretor de Educação da ABQ e Presidente do 15º SIMPEQUI
Faculdade de Educação - USP*

Manaus, 07 de agosto de 2017: teve início o 15º Simpósio Brasileiro de Educação Química – SIMPEQUI, evento organizado pela Associação Brasileira de Química desde 2003. Esta é a segunda vez que o evento ocorreu na capital do Estado do Amazonas e a terceira vez na região norte do Brasil, contando com o apoio da ABQ – Regional Amazônia Ocidental, do Conselho Regional de Química-XIV Região (Roraima, Amazonas, Rondônia e Acre), Universidade do Estado do Amazonas, Universidade Federal do Amazonas e a agência de fomento CAPES. O palco deste SIMPEQUI foi o Centro de Eventos do Da Vinci Hotel & Conventions, localizado na Rua Belo Horizonte, 240 A, Adrianópolis.

Pela primeira vez um evento da área de Educação Química apresentou como tema central **“Saberes tradicionais e científicos: diálogos na Educação Química”**, buscando dar visibilidade para uma temática tão importante e relevante no mundo contemporâneo, e não poderia ocorrer em melhor lugar que no coração da

Amazônia: esse encontro entre os conhecimentos produzidos pela academia e os conhecimentos da tradição de diferentes populações, promovendo um diálogo fundamental para a sustentabilidade da educação, das futuras gerações e do planeta.

Neste ano a Diretoria de Educação da ABQ novamente promoveu mudanças no formato do evento, ampliando espaços para apresentação de trabalhos como comunicação oral e cursos oferecidos, privilegiando aprofundamentos teórico-metodológicos sobre assunto relacionados ao evento, bem como em relação a práticas de sala de aula.

Após a sessão solene de abertura, que aconteceu no período da manhã, tivemos o prazer de ampliar nossos conhecimentos na perspectiva dos diálogos com outras culturas. Com a inspiradora apresentação da Profa. Dra. Diana Maria Farias Camero, do Departamento de Química da Universidad Nacional de Colombia, que veio de Bogotá proferir a palestra de abertura **“A perspectiva de gênero**



Abertura: a partir da esquerda Sergio Bringel (ABQ-AO), Roberio Oliveira (ABQ), Gilson Mascarenhas (CRQ-XIV) e Luciana Brito (Secretária de Educação do Amazonas).



Diana Camero

na educação científica na América Latina”. A professora Diana, mestre em Didáticas Específicas e doutora em Educação pela Universidad de Barcelona na Espanha, realiza as pesquisas com seu grupo de pesquisa *Enseñanza de la Química* sobre as conexões entre os campos dos estudos sociais das ciências e da educação científica na sociedade contemporânea com enfoque especial no papel da educação científica para a construção de uma cultura de paz. Na palestra, a professora abordou a perspectiva de gênero na educação científica para além da discussão de masculino e feminino, ela atualizou e ampliou essa discussão considerando a inclusão de etnia, classe social, portadores de deficiência, zona rural e urbana, enfatizando a importância da diversidade na sala de aula de ciências e química.

O professor Dr. Paulo Cesar Pinheiro, do Departamento de Ciências Naturais da Universidade Federal de São João Del Rei, proferiu a conferência “**A educação química baseada em saberes culturais locais: Propostas de ensino, pesquisa e formação docente e seus fundamentos**”, generosamente compartilhando suas experiências sobre seus trabalhos relacionados à etnografia de saberes, desenvolvidos no contexto mineiro.

Ela destacou a importância da temática para a formação de professores, enfatizando que nessa perspectiva o professor é formado na interação da cultura acadêmica com as tradições e a comunidade, e passa a ter outra relação com os alunos, com a cultura destes

alunos e amplia seu repertório de conhecimentos para além do científico, mas também os saberes da tradição e da cultura. Apresentou situações de produção desde o doce de leite caseiro até o sabão artesanal, explorando as interfaces entre os diferentes saberes por meio da hibridização

destes. O professor Paulo é doutor em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo e realizou seu último estágio de pós-doutorado no Mallinson Institute for Science Education da Western Michigan University nos Estados Unidos da América; coordena o grupo de pesquisa “Formação docente e processos de ensino e aprendizagem” e orienta dissertações de mestrado junto ao programa de pós-graduação em Educação da UFSJ.

O professor Dr. Bruno Ferreira dos Santos, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, proferiu a conferência “**Ensino de Química em diferentes contextos sociais**”, reportando sua experiência e pesquisa sobre as investigações em que busca contrastar e comparar as diferentes práticas pedagógicas do professor de química



Paulo Cesar Pinheiro

Bruno Ferreira dos Santos



FOTO: Agnaldo Arroio

As contribuições do professor em compartilhar tais experiências mostram a relevância de se compreender a desigualdade educacional do país por meio dos diferentes contextos sociais visando aperfeiçoar as práticas dos professores para que os alunos possam de fato aprender melhor a química. O professor Bruno realizou seu doutoramento em Ciências Humanas e Sociais pela *Universidad Nacional de Quilmes* na Argentina. Coordena o Grupo de Estudos e Pesquisa Ensino de Química e Sociedade no campus de Jequié na Bahia, no qual orienta dissertações de mestrado junto aos Programas de Pós-graduação em Educação Científica e Formação de Professores e em Química na UESB.

Anna Benite



FOTO: Agnaldo Arroio

A professora Dra. Anna Maria Canavarro Benite, da Universidade Federal de Goiás, proferiu a palestra “**Relações étnico-raciais além da legislação**”; ela destacou a importância da abordagem das questões étnico-raciais na formação de professores no contexto brasileiro, que é o segundo país em população negra no mundo, apenas atrás da Nigéria, segundo a professora.

Enfatizou a necessidade de ampliar o conhecimento sobre as diferentes matrizes de produção de conhecimento para além da ciência do laboratório, masculina, branca. Por isso é muito importante o professor de química, no Brasil, conhecer suas raízes de modo que possa fundamentar suas práticas dialogando com essas diferentes matrizes. A professora Anna Maria coordena o Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão - LPEQI da UFG no qual desenvolve suas pesquisas relacionadas ao Ensino de Química com foco na cultura e história africana no ensino de ciências e no ensino de ciências de matriz africana e da diáspora, bem como sobre cibercultura na educação inclusiva e políticas de ações afirmativas. Atua junto aos programas de pós-graduação em Química e em Educação em Ciências e Matemática da UFG.

A professora Dra. Anelise Maria Regiani, da Universidade Federal de Santa Catarina, proferiu a palestra “**Conhecimentos tradicionais da floresta acreana e saberes escolares**”, destacando a relevância de abordar os conhecimentos culturais nos cursos de licenciatura química, possibilitando dar visibilidade à ciência produzida através dos tempos pelas diferentes populações que compõem o Brasil tais como as indígenas e ribeirinhas no contexto amazônico. Além do resgate cultural destes conhecimentos há o reconhecimento destas populações. A professora é doutora em Química pelo Instituto de Química de São Carlos da Universidade



Anelise Regiane

FOTO: Agnaldo Arroio

de São Paulo e realizou seu último estágio de pós-doutorado em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina, onde desenvolve suas pesquisas relacionadas aos temas contextos, culturas e ensino de química e educação especial em química. Atua na orientação de dissertações de mestrado junto ao programa de pós-graduação mestrado profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre. A professora Anelise também apresentou seu livro intitulado “Conhecimento Tradicional e Química: possíveis aproximações”, relatando como foi a experiência na elaboração da obra e destacando a importância da divulgação dos trabalhos realizados no contexto do Acre.



FOTO: Agnaldo Arroio

As professoras Dra. Célia Maria Serrão Eleutério, da Universidade do Estado do Amazonas, e Dra. Waldireny Caldas Rocha, da Universidade Federal do Amazonas, relataram suas experiências no trabalho com as comunidades da Amazônia e a formação de professores, buscando aproximações entre os diferentes saberes. As professoras são respectivamente Doutora em Educação em Ciências e Matemática pela Rede Amazônica de Educação em Ciências, atua no Centro de Ensino Superior de Parintins, e coordena o Laboratório de Educação Química e Saberes Primevos no CESP/UEA; e Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos, atuando em Coari no Instituto de Saúde e Biotecnologia da UFAM.

Como podemos destacar, os conferencistas e

palestrantes que participaram do 15º SIMPEQUI este ano são pesquisadores reconhecidos na área de Educação Química com ampla produção científica, referências sobre suas temáticas de pesquisa tanto no Brasil quanto no exterior, contribuindo para a elevada qualidade científica do SIMPEQUI. Notamos ainda que as intervenções e interações dos participantes durante as palestras evidenciaram tal reconhecimento, pois sempre se referiam aos participantes como os autores dos livros e artigos científicos utilizados em seus cursos de formação inicial, continuada e pesquisas realizadas em suas instituições.

Nas sessões de comunicação oral foram apresentados trabalhos, na sessão I, do Amazonas, Paraná e Rondônia: A termodinâmica da latinha: Um método alternativo para o estudo da primeira Lei da Termodinâmica, por Roberto Bentes Rozário, da FAMETRO-AM; Aula de campo com uma abordagem interdisciplinar no ensino médio: problematizando a educação ambiental com análises de água e de solo, por Angela Cristina Raimondi, da PUC-PR, e Química Verde: Diminuindo átomos impactantes no meio ambiente, por Geisila Patricia da Silva Saar, da FACIMED-RO.

No mesmo horário, na sessão II de comunicação oral, tivemos trabalhos do Tocantins, Rio de Janeiro e Rondônia: Aula de oxidação e redução utilizando pilha de batata doce, por Raimundo Francisco de Carvalho, do IFTO; A experimentação no ensino de química: Uma discussão dos obstáculos e possibilidades, de Denise Leal de Castro, do IFRJ, e Extração de óleos essenciais como prática no processo ensino-aprendizagem da química orgânica, por Queila Barbosa Alves, da FACIMED-RO.

Por fim, na sessão III de comunicação oral tivemos trabalhos do Pará, Goiás e Amazonas: Abordagem CTS no ensino de química: O estudo dos ácidos a partir do preparo de alimentos regionais da Amazônia, de Iris Caroline dos

Santos Rodrigues, da UFPA, Investigação da prática docente no ensino de Química no Programa de Aprofundamento de Estudos do Estado de Minas Gerais, por Paulo Vitor Teodoro de Souza, da UnB/IFGoiano, e As estratégias de ensino como proposta de um percurso metodológico para o aprendizado de forças moleculares, de Thalita Maciel Melero Barros, do IFAM.

No segundo dia foram apresentados trabalhos de Sergipe, Rio Grande do Sul e Amazonas na sessão IV de comunicações orais: Quinze anos da Lei da Libras: uma revisão dos estudos publicados nos anais do Simpósio Brasileiro de Educação Química, por Wendel Menezes Ferreira, do IFS; Elaboração de filtro caseiro de PET a partir de carvão ativado, de Aline Carvalho de Freitas, da UFRGS, e Irrigador doméstico por gotejamento acionado por energia solar com uso de fertilizante orgânico proveniente da vermicompostagem: relato de experiência em uma escola pública de Parintins, AM, por Clailson Lopes dos Santos – UEA.

Na sessão V de comunicações orais tivemos trabalhos de Roraima, Amazonas e Rio de Janeiro: Mandioca como tema gerador de ensino e aprendizagem em química orgânica, de Cássia Patrícia Muniz de Almeida, da Escola Estadual José de Alencar-RR; A utilização da ferramenta musical paródia atada à contextualização para ensinar a química, por Ester Vieira Souza da Silva, da FAMETRO-AM, e Laboratório de química e segurança do trabalho em jogo de tabuleiro, de Wagner Souto Sobral, do CEFET-RJ. E na sessão VI de comunicações orais tivemos trabalhos do Ceará e Amazonas: Manuseio de substâncias voláteis em laboratório: Uma proposta didática para o ensino integrado em química e segurança do trabalho, por Maria Rita Schazmann, do IFC; Aplicação das concepções da Química Verde em uma disciplina experimental sob o enfoque CTSA, de Kamila Medeiros Pereira, da UFAM, e



FOTO: Agnaldo Arroio

Estudo sobre os hábitos alimentares dos moradores do município de Maués-AM, por Patricia Maria Pereira Sarquis, do SEDUC-Maués.

Houve também apresentação de trabalhos no formato de pôster em sessões coordenadas, onde os participantes puderam discutir sobre os projetos desenvolvidos de ensino e de pesquisa das mais diferentes regiões do país.

Este ano tivemos 4 cursos acontecendo durante o evento, e não mais pré-evento, com a possibilidade dos participantes poderem aprofundar discussões com os palestrantes e conferencistas como: Considerações metodológicas para a elaboração de etnografias de saberes, ministrado pelo Prof. Dr. Paulo Cesar Pinheiro, da UFSJ; Experimentos de Química Verde, pela Profa. Me. Rafaela da Conceição Nascimento, da EQ-UFRJ; Saberes tradicionais e científicos, pela Profa. Dra. Célia Maria Serrão Eleutério, da UEA, e Dispositivos móveis no Ensino de Química, pela Profa. Dra. Maria das Graças Cleophas Porto, da UNILA.

Além das conferências e palestras ainda houve a mesa redonda “Educação para o desenvolvimento sustentável”, com a participação da Eng^a. Bruna Xavier da Silva, da Samsung da Amazônia, do Eng^o. Eli Cardoso Lessa, da AMBEV, e Dr. Jessé Rodrigues dos Santos, da SUFRAMA.



Maria das Graças Cleophas

Ocorreu ainda um tema de debate **“Discutindo o EAD (Ensino a Distância)”**, que teve como apresentadores Prof. Dr. Airton Marques da Silva, da UECE e Prof. Dr. Antonio Carlos Magalhães, da UFC.

No encerramento do evento, a Profa. Me. Rafaela

da Conceição Nascimento, da EQ-UFRJ, proferiu a palestra **“Contribuições da Química Verde para a educação”**, apresentando uma série de experimentos produzidos com materiais de baixo custo e de fácil acesso.

Em 2018, o 16º Simpósio Brasileiro de Educação Química acontecerá na cidade do Rio de Janeiro de 06 e 08 de agosto, com a temática **“A EDUCAÇÃO QUÍMICA NO SÉCULO XXI: COM AS MUDANÇAS, O QUE E COMO ENSINAR.”** E em 2019, a 17ª Edição terá como sede a cidade de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul. Agora, o evento será realizado uma vez em cada sede, diferentemente do que vinha ocorrendo até este ano.

Para obter informações sobre a programação do SIMPEQUI e as inscrições visite <http://www.abq.org.br/simpequi>.

Participe das discussões e novidades sobre Educação Química nas redes sociais, Facebook do grupo: SIMPEQUI - Simpósio Brasileiro de Educação Química. <https://www.facebook.com/groups/364089053764826/>.



Robério Oliveira apresenta Rafaela Nascimento



Celia Serrão dialogando com os participantes do curso



Aconteceu no Amapá

Cleydson Breno Rodrigues dos Santos

Professor da UNIFAP
Presidente da ABQ Regional Amapá

A 2ª edição da Semana do Químico, organizada e promovida pela Associação Brasileira de Química Regional Amapá (ABQ-AP), foi realizada na Universidade do Estado do Amapá (UEAP) nos dias 22 a 24 de junho de 2017. A organização da semana contou com a participação da UNIFAP (Universidade Federal do Amapá), UEAP (Universidade do Estado do Amapá), IFAP (Instituto Federal do Amapá) e apoio do Programa de Pós-graduação em Química Medicinal e Modelagem Molecular (PPGQM3) da Universidade Federal do Pará e Conselho Regional de Química VI Região (PA/AP).

O local do evento, a Universidade do Estado do Amapá (UEAP), foi fundada em maio de 2006, e tem os seguintes cursos: engenharia florestal, de produção, de pesca e agrônoma; e as licenciaturas em letras, pedagogia e química (o primeiro curso no Estado do Amapá).

O local foi de suma importância para a Semana do Químico 2017, congregando os participantes nos diversos ambientes do evento: movimentação e presença constante dos participantes nas diversas atividades programadas, podendo ser visualizada na página

da ABQ-AP (<http://abq-ap.org.br/semanadoquimico/>).

A abertura oficial do evento foi realizada às 19 h, tendo à mesa solene como convidados (na foto, da esquerda para a direita) Prof. Dr. Daímio Chaves Brito, representante da UEAP em nome do Curso de Licenciatura em Química; Prof. Dr. Cleydson Breno Rodrigues dos Santos, Presidente da ABQ-AP; Prof. Dr. Davi Barros Brasil, representante do Programa de Pós-Graduação em Química Medicinal e Modelagem; Prof. Dr. Antônio Cláudio, representante do Conselho Regional de Química VI Região (PA/AP); Prof. Esp. Kelton Luís Belém dos Santos, representante da UNIFAP em nome do Curso de Licenciatura em Química.



FOTO: ABQ-AP



FOTO: Fabiana Figueiredo

UEAP
Universidade do Estado do Amapá

Número de alunos: 2.594

Número de cursos: 12

Ano de fundação: 2006

Cidade: Macapá

www.ueap.ap.gov.br

A solenidade ocorreu com uma apresentação, por parte do Prof. Dr. Cleydson Breno Rodrigues dos Santos, sobre a Associação Brasileira de Química- Regional Amapá e tudo o que ela realiza desde sua fundação (1997) até os dias atuais, dando como aberta a Semana do Químico em comemoração ao Dia do Químico.

Para a palestra de abertura, o Prof. Dr. Rosivaldo dos Santos Borges, da UFPA (Universidade Federal do Pará), membro do Instituto de Ciências da Saúde, do PPG Química Medicinal, do PPG Oncologia e Ciência Médica e da BIONORTE, abordou sobre “O Papel do Químico na Síntese de Fármacos” (foto abaixo).

De 21 a 23 de junho, pela manhã e tarde, desenrolaram-se as atividades científicas.

Foram oferecidos 6 minicursos com 12 cargas horária/aula: ***Espectroscopia de Absorção Atômica***, ministrado pelo Prof. Dr. Roberto Messias (ABQ-

AP/UNIFAP); ***Modelagem Molecular Aplicada em Estudos de RMN***, a cargo do Prof. Dr. Davi Barros Brasil em conjunto com o convidado, do Instituto Federal do Pará – Campus de Parauapebas, Prof. Me. Renato Araújo da Costa; ***Avaliação do Parâmetro de Síndrome Metabólica***, ministrado pelo convidado Prof. Dr. Hady Keita (Universidad Tecnológica Del Valle de Toluca - México); ***Desenvolvimento de Repelentes e Inseticidas Naturais***, pelo Prof. Dr. Raimundo Nonato Picanço Souto (Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde/UNIFAP); ***Química e Meio Ambiente***, ministrado pelo Prof. Dr. Daímio Brito (UEAP/BIONORTE) e Prof. Me. Joel Diniz (UNIFAP/BIONORTE); ***Interpretação de Cromatografia obtida por HPLC***, sob a responsabilidade da Prof^a. Dr^a. Lilian Grace Solon.

O evento apresentou em formato de pôsteres 18 trabalhos, distribuídos por 7 áreas: Química Medicinal;

Modelagem Molecular; Bioquímica, Ensino de Química; Química Orgânica; Química Analítica; Físico-Química.

A programação foi completada com três palestras, duas oficinas e duas Mesas Redondas.

As palestras foram:

→ **“O Papel do Químico na Síntese de Fármacos”**, proferida pelo Prof. Dr. Rosivaldo dos Santos Borges, da UFPA.



FOTO: ABQ-AP

→ **“A Química supramolecular do bicho-da-seda”**, tendo como palestrante Prof. Dr. Irlon Maciel Ferreira, vinculado ao curso de licenciatura em Química da UNIFAP e do Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas (PPGCF/UNIFAP).

→ **“Aprendizagem significativa na educação em Química”**, pelo Prof. Me. Alex Bruno Lobato Rodrigues, vinculado ao curso de Licenciatura em Química da UNIFAP.

As duas oficinas foram:

→ **“Uma visão científica com materiais alternativos”**, dirigida a alunos do Ensino Médio, tendo como ministrantes: Prof^ª. Esp. Heliana Marques de Oliveira (ABQ-AP) e Prof^ª. Ana Paula da Silva Freire (ABQ-AP).

→ **“Produzindo a escrita braile”**, ministrada pela Prof^ª. Esp. Maria Verônica de Melo (CAP/SEED-AP).

As mesas redondas foram:

→ **“Química na sociedade: Diálogos possíveis entre os saberes tradicionais e científicos”**, em que participaram a Prof^ª. Me. Adriana Lucena (IFAP); o Prof. Dr. Antônio Cláudio Moreira Bastos (CRQ VI - mediador) e a Prof. Me. Ryan da Silva Ramos (UEAP/BIONORTE);

→ **“Educação: Novas tecnologias para o Ensino da Química”** Mediador: Prof. Dr. Cleydson Breno Santos (ABQ/AP), e membros: Prof. Me. Renato Araújo da Costa

(IFPA), Prof. Esp. Kelton Luís Belém dos Santos (UNIFAP) e Prof. Dr. Davi do Socorro Barros Brasil (PPGQM3).

A Semana do Químico 2017 teve 98 participantes, constituindo-se no principal evento de Química no Estado do Amapá neste ano, e manteve o mesmo número de trabalhos apresentados em relação da Semana do Químico do ano anterior (ocorrido também na UEAP).

Este evento mostrou que, apesar do delicado momento político-econômico que atravessa o país, as pesquisas nas áreas de desenvolvimento, tecnologia e ensino de química encararam o desafio de levar os resultados de seus trabalhos. Outro dado da maior relevância é que, mesmo tendo sido realizado na região norte do país, um considerável número de participantes vindos das regiões diversas estiveram presentes em Macapá. Esses fatos, juntamente com o ótimo ambiente, repercutiram muito nas comissões da SQ-2017, servindo como estímulo para que o evento transcorresse da melhor forma possível, e sinalizando para o evento de 2018.

A Comissão contou com os seguintes membros: Cleydson Breno, da UNIFAP (Presidente da ABQ-AP); Heliana Marques, (ABQ-AP); Ana Paula Freire, (ABQ-AP); Kelton Bélem (UNIFAP); Luciane Barros (Designer) e Roberto Messias (ABQ-AP / UNIFAP).





Alunos da escola de rede pública de ensino médio realizando a oficina “Uma visão científica com materiais alternativos”

A relação dos Trabalhos Científicos premiados foi:

1º lugar: André dos Santos Santos, da UEAP – “Estudo Computacional de Derivados da Chalcona Contra o Câncer de Pulmão”;

2º lugar: José Iderley Marinho Lima, – do Plano Nacional de Formação dos Professores da Educação Básica (PARFOR) - “A Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Reflexões sobre o Currículo de Química”.

3º lugar: Mosa Valdina Ferreira Moreira, da UNIFAP, “Análise *in silico* de biodisponibilidade oral e bioatividade de fitoquímicos majoritários em amostras de carqueja (*Baccharis*)”.

A Semana do Químico, realizado pela ABQ-AP, mostrou mais uma vez que se consegue realizar um evento de porte regional apesar das dificuldades de aporte de recursos financeiros. A Semana do Químico é, indiscutivelmente, um importante elo de integração entre participantes do estado do Amapá. Destacamos que a segunda edição da Semana do Químico apresentou uma logística bem mais estruturada em relação à primeira, e, isto se deve ao arranjo e qualidade dos minicursos, palestras, mesas redondas e oficinas, bem como das instalações da UEAP, sendo um importante estímulo para enfrentar as dificuldades e trocas de conhecimentos que se avistam no horizonte para os anos vindouros.

A Solenidade de encerramento oficial do evento foi realizada no dia 23 de junho, às 20 h,

tendo a mesa solene o Prof. Dr. Cleydson Breno Rodrigues dos Santos (Presidente da ABQ-AP), Profª. Esp. Heliana Marques de Oliveira (Diretora administrativa da ABQ-AP) e Profª. Ana Paula da Silva Freire (Diretora financeira da ABQ-AP).

Por fim, em um desses momentos, foi realizado um agradecimento aos apoios para que o evento ocorresse, tais como: Universidade Federal do Amapá (UNIFAP); Universidade Estadual do Amapá (UEAP); Instituto Federal do Amapá (IFAP), Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas (PPCCF); Programa de Pós-Graduação em Química Medicinal e Modelagem Molecular (PPGQM3); Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde (PPGCS); Laboratório de Modelagem e Química Computacional (LMQC/UNIFAP), Conselho Regional de Química VI Região (PA/AP) e equipe da Semana do Químico 2017 (foto abaixo).



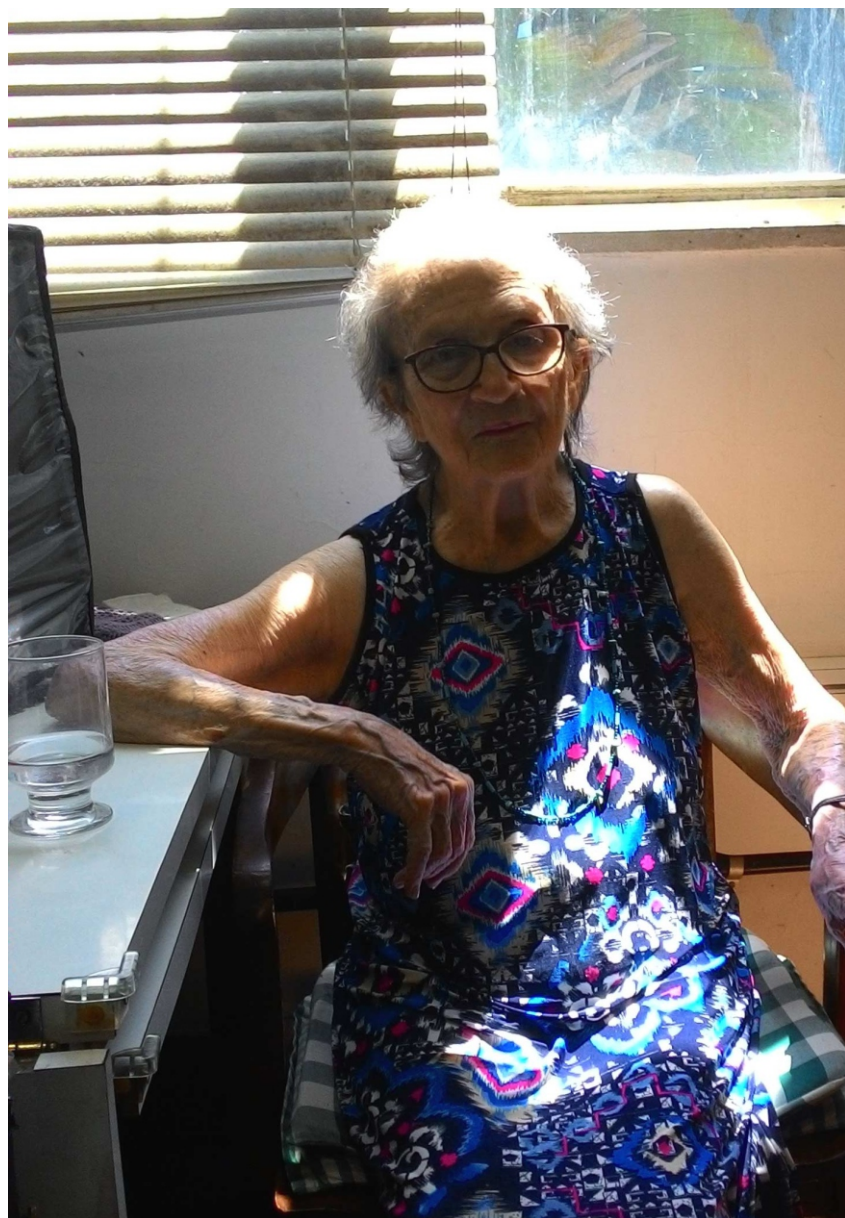
PIONEIROS DA QUÍMICA

Eloísa Biasotto Mano

Eloísa nasceu no bairro de Vila Isabel, cidade do Rio de Janeiro, então Distrito Federal, em 24 de outubro de 1924. Após passar no concorrido vestibular de acesso à Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil (atual Escola de Química da UFRJ) em 1944, diplomou-se em Química Industrial (1947) e mais tarde em Engenharia Química (1955). Ingressou na carreira docente na própria Escola Nacional de Química, por concurso, em 1962. Na UFRJ, foi Professora Catedrática na Escola Nacional de Química (até 1966), no Instituto de Química (1967-1976) e no Instituto de Macromoléculas, IMA (1977-1994). É Professora Emérita da UFRJ desde 1994.

Para nos contar um pouco sobre a trajetória desta incrível personalidade da química brasileira, que tem a ventura de inaugurar esta nova seção da Revista de Química Industrial, dois de seus amigos de longa data, os Professores Luis Cláudio Mendes (atual Diretor do Instituto de Macromoléculas da UFRJ) e Marcos Lopes Dias (Vice-Diretor do Instituto de Macromoléculas de 2011 a 2014), descrevem como eles veem os passos seguidos pela ilustre Professora Eloísa.

A primeira pergunta que muitos se fariam é **“Como surgiu a paixão pela Química?”**. Segundo Luis e Marcos, a Professora contava que, quando era adolescente, um tio era editor de livros. Como sempre foi excelente aluna de língua portuguesa, o tio pedia para fazer revisão de textos de livros que seriam publicados pela editora na qual trabalhava. Certa vez se deparou com a biografia de vida da Marie Curie (pioneira na pesquisa no



ramo da radioatividade) e foi seduzida pela pessoa e pela área de trabalho.

Daí até a área que consagraria a carreira da Profa. Eloísa, Luis e Marcos contam que **a paixão pela área de Polímeros** surgiu através da experiência adquirida em Tecnologia de Polímeros quando trabalhou como Tecnologista Química no Laboratório de Borracha e Plásticos do Instituto Nacional de Tecnologia

(INT), entre 1954 e 1966.

A partir daí começava, de forma contínua, brilhante e pioneira, a construção de uma **realização pessoal e profissional** que marcaria a vida dos que tiveram a honra de conviver com a Profa. Eloísa. Para Luis e Marcos, “com a experiência adquirida na área de Polímeros no INT, resolveu prosseguir o aprimoramento profissional na área Ciência de Polímeros, associando-se ao grupo de pesquisa do Professor Carl S. Marvel (renomado Professor de Química Orgânica e de Química de Polímeros), na Universidade de Illinois, USA, no período 1956-1957.

Prosseguindo, no ano de 1964, participou de treinamento no grupo de pesquisa do Professor J. C. Bevington, na Universidade de Birmingham, Inglaterra. Vislumbrando a importância dos materiais poliméricos com os quais mantinha contato no laboratório do INT, segue a trajetória conseguindo o grau de Doutor pela Universidade do Brasil, hoje UFRJ. Em 1962, através de concurso, tornou-se Professora Catedrática de Química Orgânica, da então Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil. A característica empreendedora da mulher de certa forma interliga as realizações pessoal e profissional da Professora Eloísa Mano.”

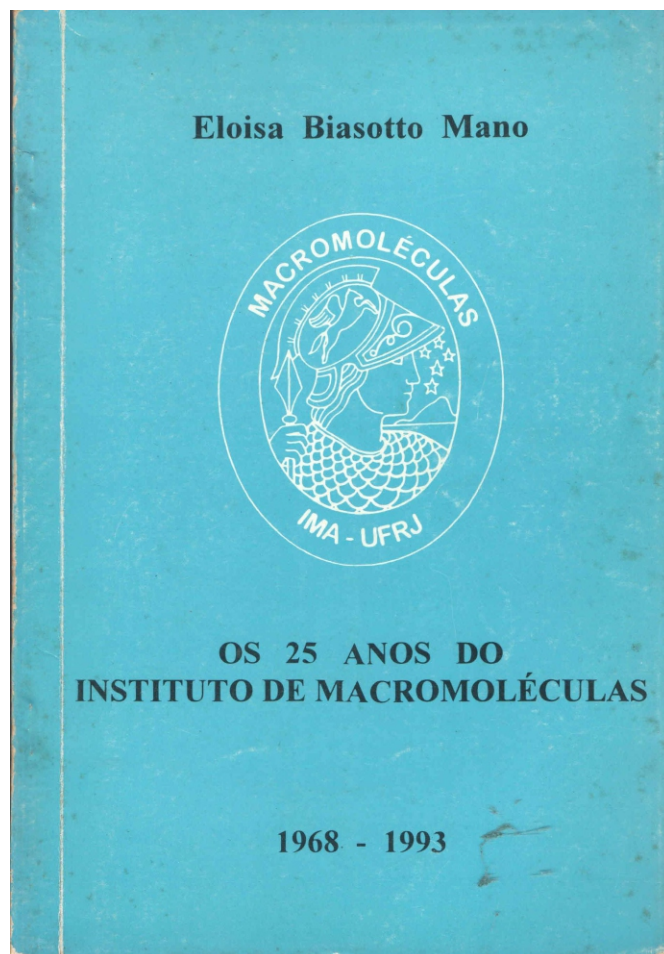
“Considerando a importância e a perspectiva dos polímeros como o *material do futuro*, inicia o primeiro grupo de pesquisa em Polímeros no Brasil (1968). O surgimento e o crescimento do grupo de polímeros fez com que se tornasse o Núcleo Macromolecular (NUMA), a partir de 1972. Consolidado como meio para o desenvolvimento da

pesquisa em Polímeros na Universidade, a Professora Eloísa Mano conseguiu verba junto à FINEP para construção de um prédio na Ilha do Fundão. Com o olhar no futuro, considerando a interdisciplinaridade e a necessidade de ter um curso de pós-graduação dedicado a Polímeros, a Professora Eloísa Mano, em 1976, através de deliberação do Conselho Universitário da UFRJ, conseguiu a criação do Instituto de Macromoléculas (IMA). No ano seguinte, 1977, como órgão suplementar do Centro de Tecnologia da UFRJ, passaria a contar com os Cursos de Mestrado e Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros, os pioneiros na área de Polímeros no Brasil.”

Luis e Marcos prosseguem quando o assunto é a **participação da Profa. Eloísa em eventos marcantes na educação brasileira no século XX**. “A Professora Eloísa Mano considera a fundação do IMA o grande marco de sua passagem como Professora na UFRJ. Ela considera marcantes todas as iniciativas relacionadas ao desenvolvimento progressivo e natural do Grupo de

Polímeros, desde os primórdios, NUMA, até a sua transformação em Instituto de Macromoléculas (IMA). A consolidação do Programa de Pós Graduação do IMA como um dos mais importantes do País vem alicerçada pelos diversos convênios formais e informais com renomadas Instituições no Exterior e no Brasil. Também a visitação de destacados pesquisadores dos Estados Unidos, França, Alemanha, Japão, dentre outros, foram importantes na projeção do IMA no cenário nacional e internacional.”

Luis e Marcos trazem **uma mensagem da Profa. Eloísa aos jovens de hoje**: às vésperas de completar seu 93º aniversário, “ela



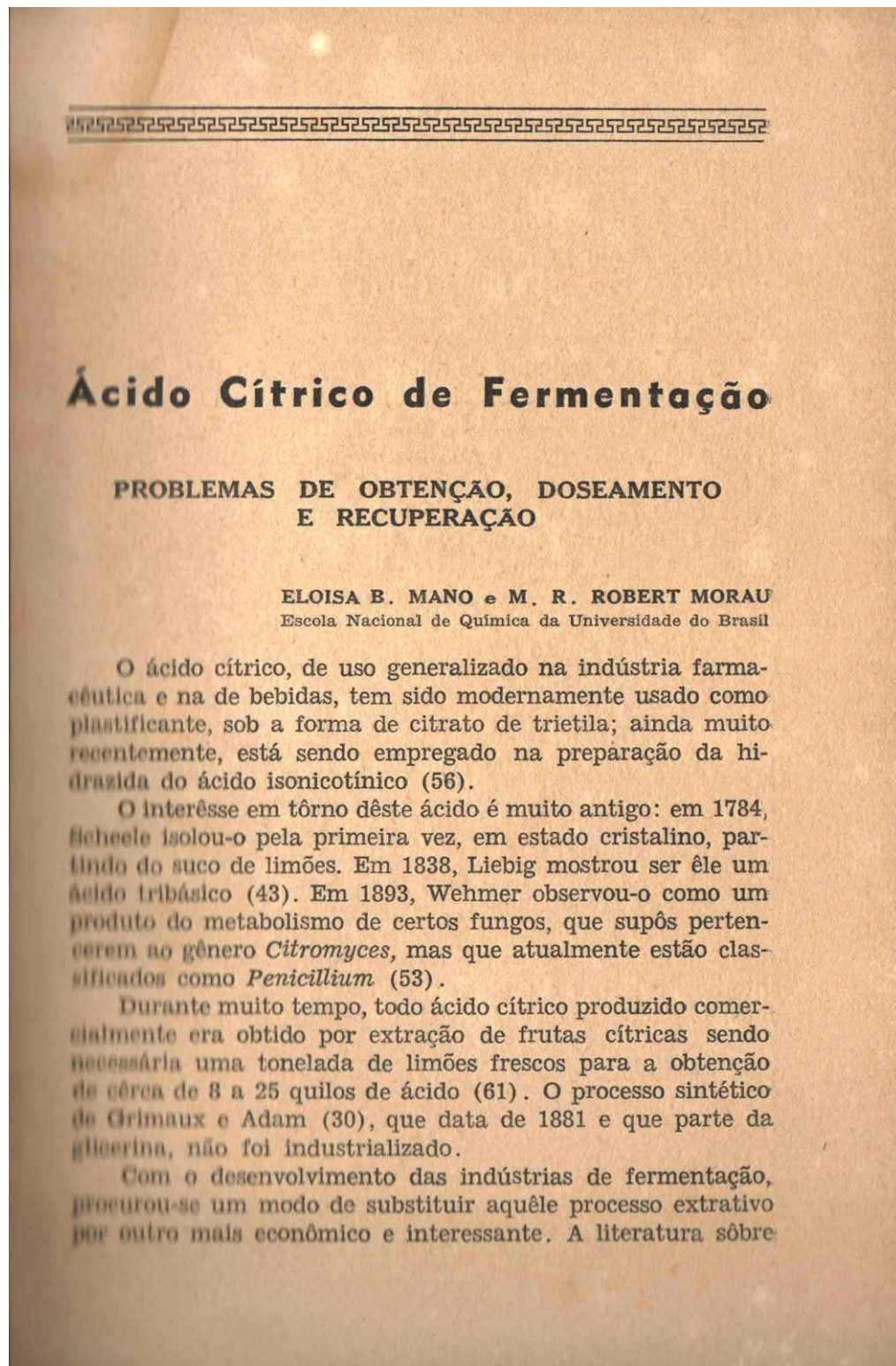
Capa de um dos dezessete livros escritos pela Profa. Eloísa, sobre o IMA

manifesta aos jovens que iniciam a sua trajetória em um curso superior que tenham convicção de suas escolhas, sejam perseverantes na busca daquilo que acreditam.”

O currículo Lattes da Profa. Eloísa pode ser acessado pelo endereço: <http://lattes.cnpq.br/1707253328434757>. O texto descritivo, redigido por ela própria, assinala que é Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências desde 1978. Foi Representante Nacional do Brasil na Divisão Macromolecular da IUPAC (1979-1993). Foi distinguida com o prêmio 1997 *International Award of the Society of Polymer Science* (Japão), e com o prêmio da *Engineering Properties and Structure Division/Central Florida Section of the Society of Plastics Engineers* (SPE), EUA (2000). Recebeu a Grã-Cruz da Ordem Nacional do Mérito Científico, área de Química (2000), o Prêmio Cidade do Rio de Janeiro de Ciência e Tecnologia (2000) e a medalha Simão Matias, da Sociedade Brasileira de Química (2001). Em maio de 2003, a Associação Brasileira de Polímeros criou o Prêmio Profa. Eloísa Mano. Em 2004, recebeu a comenda máxima *Educatio et Labor*, conferida pelo SENAI/RJ e Sistema FIRJAN. Atualmente, é Pesquisadora Sênior do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Dentre seus mais de 200 trabalhos publicados ao longo de mais de 60 anos de carreira, os dois primeiros merecem atenção singular. São artigos publicados em

RQI - 3º trimestre 2017



Reprodução da primeira página do primeiro artigo científico da Profa. Eloísa Mano, publicado na Revista da Sociedade Brasileira de Química, em 1951

periódicos da ABQ, e refletem uma época anterior ao início dos trabalhos com polímeros, mas já traziam em si o talento de pesquisadora da Profa. Eloísa: “*Ácido cítrico de fermentação - problemas de obtenção, doseamento e recuperação*”

(Revista da Sociedade Brasileira de Química, v. 20, n. 1-2, p. 7-28, 1951); e "Estudos sobre a possibilidade de aproveitamento da casca de babaçu na indústria de matérias plásticas" (Revista de Química Industrial, n. 258, p. 206-212, 1953; foi o primeiro dos 20 trabalhos publicados pela Profa. Eloísa nesta revista).

NOTAS DO EDITOR:

→ O número 258 da Revista de Química Industrial pode ser acessado na íntegra pelo endereço <http://www.abq.org.br/rqi/e-dicoes-1950-1959.html>, clicando-se no link RQI-258.

→ Um documentário sobre a trajetória da Profa. Eloísa Mano pode ser obtido acessando o canal do Youtube Archimedes, <https://www.youtube.com/watch?v=imz1kb0znSs>. A PUC-Rio, por meio do canal [cceed puc-rio](https://www.youtube.com/watch?v=PYBvqMf5kkU), também disponibiliza uma entrevista com a Profa. Eloísa (<https://www.youtube.com/watch?v=PYBvqMf5kkU>), na qual descreve sua vocação pela Química.

Estudos Sobre a Possibilidade de Aproveitamento da Casca de Babaçu na Indústria de Matérias Plásticas

1.ª) Situação atual da casca de babaçu como subproduto da indústria extrativa do óleo.

O babaçu, que também é conhecido por agaçu, auaçu, côco de macaco, côco de palmeira, côco de rosário e outras denominações regionais, parece ser nativo no Brasil. Cientificamente, segundo Pio Corrêa (5), o babaçu é classificado na família das Palmáceas, gênero *Orbignia*, espécie *martiana* Rodr. (*O. macrostachya*, Dr., *O. speciosa* Rodr. *Attalea speciosa* M.). Existe nos Estados de Pará, Maranhão, Piauí, Goiás, Mato Grosso, Espírito Santo e Minas Gerais, em grandes agrupamentos, formando matas homogêneas. Entretanto, os Estados do Brasil onde oferece maior expressão econômica são o Maranhão e Piauí, sendo que no primeiro cerca de 60% da sua receita provém do babaçu (6) (17).

A densidade dos cocais de babaçu é em geral muito grande, da ordem de 500 coqueiros por hectare; são bastante produtivos, frutificando durante dez anos; contudo, há grande quantidade deles não produzindo.

Durante muito tempo, não despertou esta palmeira grande curiosidade porque naturalmente jamais suspeitaram os nossos antepassados do papel importante que a semente do babaçu iria desfrutar na economia nacional. Somente depois de 1914, começaram as amêndoas do côco babaçu a ser utilizadas como matéria prima para a indústria extrativa do óleo, e daí em diante vem sempre crescendo o seu emprego, neste setor, a ponto de os poderes públicos cogitarem atualmente da criação de um órgão especial com o fim precípuo de ativar a sua produção, proporcionar maior facilidade de transporte e incentivar a sua industrialização.

Segundo estudos feitos pelo Conselho Nacional de Economia (6), a produção atual é aproximadamente de 10 kg de amêndoa por hectare (o que corresponde a 90 kg de casca), admitindo-se que cerca de 10% do côco são constituídos pela semente (13). Pondo em ex-

ALUIZIO ALVES DE ARAÚJO
ELOISA BIASOTTO MANÓ

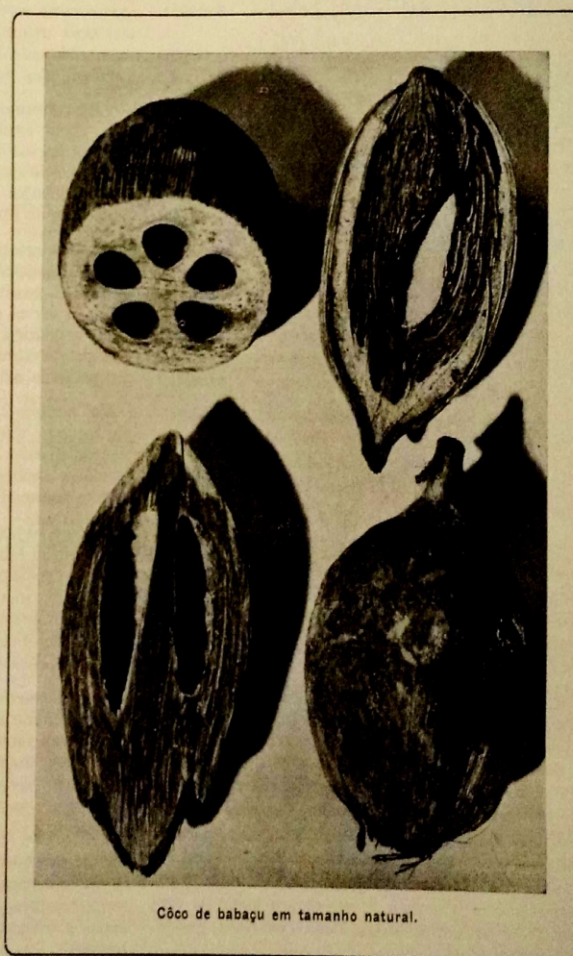
Laboratório de Borracha e
Matérias Plásticas
Instituto Nacional de Tecnologia

★

cução o planejamento para o aumento de produção elaborado pelo CNE, poderíamos atingir 1 500 kg de amêndoas por hectare (correspondendo a 13 500 kg de casca), portanto, uma produção 150 vezes

maior. A produção atual é em média de 50 000 toneladas anuais de amêndoas (equivalentes a 450 000 toneladas de casca), tendo excepcionalmente em 1948 alcançado a cifra de 82 000 toneladas. Apenas isto já justificaria um estudo para o aproveitamento desse subproduto, a casca, como matéria prima, tanto mais quando se tem em vista o aumento provável de 150 vezes, já mencionado.

2.ª) Considerações de ordem química sobre a composição da



Reprodução da primeira página do primeiro dos vinte artigos da Profa. Eloísa Mano publicados na Revista de Química Industrial (nº 258, outubro de 1953)

CADERNO DE QUÍMICA VERDE

Ano 2 - Nº 6 - 3º trimestre de 2017

Editorial

Biorreatores sob a forma de pequenos cubos, constituídos de fermentos embebidos em polímeros e hidrogel, capazes de converter uma solução de glicose em etanol de maneira contínua; “biotintas” para impressoras 3D que contém fatores de crescimento para células-tronco extraídos de algas; a identificação de metaloenzimas capazes de energizar os elétrons de hidrogênio na presença de gás carbônico para formar metano; e a validação de metodologias para avaliar os custos sociais de gases do efeito estufa são alguns exemplos muito recentes de como a sustentabilidade determina as estratégias de inovação que estão moldando os processos produtivos do século XXI. Trata-se de uma oportunidade única para que o Brasil possa tirar proveito de todo o seu potencial para gerar e converter matérias primas renováveis e assegurar a sua posição na nova conjuntura que ainda está em fase de definição.

Infelizmente, no momento, os sinais de que isso possa acontecer são muito pouco animadores. Na questão da educação, por exemplo, apesar de pequenos avanços no ensino secundário, cabe à universidade gerar os conhecimentos necessários para acompanhar o avanço tecnológico, mas ela mal consegue recursos suficientes para seu funcionamento em caráter precário. Ao mesmo tempo, a maior reserva de biodiversidade do planeta, fonte de processos de transformação altamente eficientes e específicos e de recursos genéticos capazes de gerar as espécies com as propriedades exigidas, está sob constante ameaça por parte de atividades predatórias que podem, no máximo, gerar retornos econômicos para pequenos grupos que estão alheios às necessidades nacionais e locais.

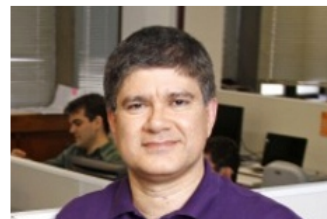
Conhecimentos são essenciais, mas são transformados em benefícios para a sociedade por empresas. O presente Caderno é dedicado a dois aspectos básicos destas questões: como são criadas e gerenciadas empresas baseadas no conhecimento e conhecimentos especializados, relativos ao aproveitamento de matérias primas renováveis obtidas da indústria florestal. O bem-sucedido CEO da Radix fala sobre a sua formação profissional, as suas experiências como empresário, as diferenças encontradas pelas suas empresas no Brasil e nos EUA e aponta qualidades que contribuem para vencer dificuldades inerentes à atividade empresarial, especialmente em situações adversas como a atual. O artigo de fundo aborda os processos de produção e conversão utilizados na indústria florestal com destaque nos de pré-tratamento do material lignocelulósico para vencer a sua recalcitrância.

Devido a sua atualidade e importância estes temas continuarão a ser abordados na próxima edição que cobrirá o VII Encontro da Escola Brasileira de Química Verde. O evento deste ano é dedicado a novos processos na indústria de conversão de biomassa, e abordará também o papel dos centros de pesquisa e “startups” na inovação tecnológica em processos químicos a partir de matérias primas renováveis.

Peter Seidl
Editor

Neste Caderno

14-2



Depoimento de
Luiz Eduardo Rubião,
CEO da Radix

14-9

QUÍMICA VERDE nas Empresas

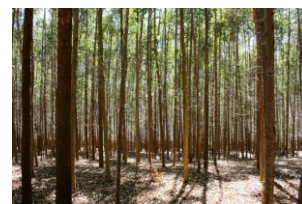
Nova planta de lignina da Suzano.
Substituição do uso de pesticidas.
Revolução para a agricultura.

14-11



Base florestal brasileira
Érico de Castro Ebeling
da Klabin

14-12



A indústria florestal

14-19

QUÍMICA VERDE Eventos

Química Verde no ensino médio

Empreendedorismo e o Papel da Academia

Depoimento de Luiz Eduardo Rubião, CEO da Radix

Adriana K. Goulart
Escola de Química - UFRJ

Caderno QV - Steve Jobs, Bill Gates, Michael Dell e Mark Zuckerberg não terminaram seus cursos universitários. Você atribui a sua excepcional formação acadêmica no Instituto Militar de Engenharia (IME) como a característica mais determinante e primordial para o sucesso da sua carreira empreendedora?

Rubião - Valorizo muito a formação acadêmica das pessoas e os seus estudos. Acho que este é um fator realmente relevante, especialmente quando estamos em um ambiente de alta tecnologia. Falo isto porque não quero que a minha resposta seja vista como um simples apoio a esta ideia de que é melhor não ter o curso universitário.

Acho que os quatro casos citados são exemplos sensacionais, mas eu consigo citar alguns outros exemplo de empreendedores e executivos que tiveram uma carreira acadêmica bastante bacana e que também foram bem sucedidos no mundo dos negócios tecnológicos. *Andy Grove* (da *Intel*) e *Jack Welch* (da *GE*) eram engenheiros químicos e PhD. *Jeff Bezzos* (da *Amazon*) é engenheiro electricista. Dentre os dois

fundadores do *Google* (*Larry Page* e *Sergey Brin*) e os dois do *Yahoo* (*Jerry Yang* e *David Filo*) três são engenheiros com Mestrado (dois de computação e um electricista) e um é cientista de computação.

Após este esclarecimento inicial, digo com mais tranquilidade que, sinceramente e especialmente no meu caso, esta questão da formação acadêmica não é a característica mais determinante e primordial ao longo da minha carreira. Acho que ter sido uma pessoa perseverante e capaz de se auto-motivar mesmo em momentos de absoluta adversidade foram aspectos muito mais importantes ao longo destes meus 30 anos de carreira.

Caderno QV - Qual a sua posição sobre a banalização do diploma acadêmico, a vilania atribuída aos empregadores no país e as novas reformas trabalhista e do ensino? Como todos esses fatores interferem na cultura empreendedora nacional?

Rubião - A verdade é que estamos vivendo um momento difícil e bastante complexo de nossa história. Desde que me entendo como um engenheiro (eu diria que desde a metade do meu curso profissional – final de 1985), este é o momento mais duro que enfrentamos aqui no Brasil. É uma hora em que os problemas crônicos e culturais se somam aos problemas agudos do momento e causam uma situação que é difícil de ser decifrada. É difícil dizer o que realmente virá das reformas trabalhista e do ensino, mas acho ruim que as coisas sejam feitas com um certo atropelo e sem



Luiz Eduardo Rubião

FOTOS: Arquivo Radix

um debate mais aprofundado. Pior ainda que estejamos num momento em que o debate está tão difícil e tão radicalizado.

Eu acredito muito na educação e no estudo. Acho até que as formas de estudar, de aprender e de frequentar a escola e a universidade podem mudar rapidamente nos próximos anos, por conta de todas as revoluções tecnológicas e sociais pelas quais estamos passando. Mas ainda vejo espaço para o processo de transmissão de conhecimento.

Quanto à cultura do empreendedorismo, penso que nós ainda temos uma longa estrada pela frente aqui no Brasil. Vejo coisas muito legais no empreendedorismo brasileiro, mas no setor tecnológico ainda estamos muito atrás dos países desenvolvidos. Como a Radix tem uma sede nos EUA, comparo muito o que vejo no mercado de lá com o que eu vejo por aqui. A estrada do empreendedorismo tecnológico nos EUA está significativamente mais estabelecida do que a nossa. A nossa classe média empresarial (ou seja, os empresários que estão com empresas se consolidando e caminhando para se tornarem de grande porte) é muito reduzida. Ainda há um grande quê de heroísmo no empreendedor tecnológico mais persistente aqui no Brasil. É óbvio que começar um novo empreendimento não é algo simples, mas a tarefa de levar um negócio adiante para um novo patamar e com solidez é um desafio tão ou mais difícil que o do começo.

Caderno QV - Você chegou a ministrar cursos preparatórios de matemática, química e física no IME-ITA. Quais deficiências comuns de comportamento e formação lhe chamaram a atenção em relação aos alunos desse nível de formação? O lapso dessas competências perpetua até o final da graduação? Por quê? O que o mestrado agregou nesse processo? A formação contínua do profissional é essencial?

Rubião - Eu dei aulas das três matérias para alunos do ensino médio e para alunos que se preparavam

para os vestibulares do IME e do ITA. E, nas turmas IME-ITA, dei aula para alunos que vinham do ensino médio e também para oficiais egressos da AMAN. Aliás, eu sempre tive uma ligação muito forte com os dois institutos. Eu me graduei no IME, mas cheguei a frequentar a semana de adaptação no ITA antes de me decidir pelo IME e pela Engenharia Química. Na verdade, pra ser sincero, eu estudei em poucos lugares e sempre tive uma ligação muito forte com todos: o Colégio Marista São José (entrei lá ainda no Jardim da Infância e só saí para me preparar para o vestibular), o Impacto (onde fiz a turma IME-ITA e onde acabei virando professor), o IME (sobre o qual já falei) e a COPPE.

O engraçado é que mesmo com a COPPE, onde fiquei pouco tempo, consegui criar um laço forte. Nunca me esqueço que, há alguns anos, a equipe organizadora da Semana da Escola de Química da UFRJ fez uma mudança no calendário e acabou me avisando em cima da hora. Eles me pediram desculpas e falaram que, como eu era da casa, se sentiram à vontade para avisar a mim depois dos demais. Eles não sabiam que eu tinha feito a graduação no IME e, por tudo que ouviam, acharam que eu tinha sido aluno da UFRJ desde a graduação. Eu achei muito legal e aquilo aguçou o meu senso de pertinência para com a UFRJ e a COPPE.



Bolsas de estudo, capacitação e transparência ao lidar com a equipe proporcionaram à Radix o primeiro lugar das melhores empresas para se trabalhar segundo o *Great Place to Work*

Nas turmas em que dei aula, vi de tudo. Tem muito aluno, por exemplo, que tem horror à Química e cria um bloqueio tão forte a ponto de exigir que o Professor exercite aquela máxima (que muitos atribuem à *Einstein*): "você ainda não entendeu uma coisa se você não consegue explicá-la para a sua avó". Por mais que eu soubesse que a preparação para o vestibular do IME e do ITA exigia um verdadeiro treinamento do aluno, eu sempre me incomodei quando os alunos não entendiam alguma coisa e sempre busquei um jeito realmente simples de explicar as coisas.

Eu tive dois momentos importantes na minha vida que funcionaram como rupturas no meu modo de estudar e que representaram um salto significativo em termos de aprendizado. O primeiro foi exatamente a turma IME-ITA (com grandes mestres, como os Professores Roquette, Silva Mello e Brandão, só para citar alguns nomes), que antecipou a minha fase universitária no IME e marcou uma ruptura com a minha fase mais colegial. O segundo momento foi o semestre de disciplinas no Mestrado na COPPE (com grandes professores que já se foram, como *Giulio Massarani* e *Cyrus Hackenberg*, e tantos outros que ainda estão na ativa), que abriu minha cabeça para um outro jeito de pensar. Este processo que aconteceu comigo foi fundamental para entender o que acontece com muitos alunos nestas grandes mudanças entre o colégio – universidade – pós-graduação e só reforçou na minha cabeça a importância dos verdadeiros mestres nesta hora. Sem eles, sem um ambiente adequado para o crescimento intelectual, mesmo os bons alunos podem perecer. Por outro lado, em ambientes positivos e motivadores, os mestres se soltam e os alunos decolam. No

Brasil, existem exemplos que corroboram esta tese, como um núcleo no ensino médio do Ceará que faz com que os alunos de lá tenham um sucesso retumbante nos vestibulares do IME e do ITA, em diversas Olimpíadas e mesmo em processos de seleção de universidades estrangeiras.

Este ambiente motivador e, por que não dizer feliz, precisa existir também na graduação e acho que nós tivemos algum êxito aqui no Brasil há alguns anos atrás. Eu vi com clareza como o ambiente acadêmico ficou mais efervescente. A Radix passou a patrocinar diversas equipes acadêmicas com alunos que competiam nas mais diferentes modalidades tecnológicas (robótica, barcos solares, carros elétricos e por aí vai). Neste ambiente positivo, os alunos encontravam a motivação para estudar e aprender mais e para superar deficiências que, do contrário, realmente poderiam se perpetuar.

E a coisa não muda de figura depois que o aluno vira profissional e sai da academia. O aprendizado contínuo é algo extremamente necessário nos dias de hoje. Alguns são autodidatas e vão se virando, outros fazem um mestrado em paralelo ao trabalho ou entram para um mestrado profissional, outros

procuram os cursos de pós-graduação lato-sensu. O importante é não parar. Estamos vivendo uma era em que o conhecimento tem sim muito valor. Agora mesmo estamos sendo desafiados com esta questão do *Data Analytics*. A Radix encarou este desafio, fez projetos bem legais nesta área e eu cobrei dos garotos que



Equipe acadêmica de Robótica MinervaBots da UFRJ, campeã em do *Robotic Weekend* e uma das representantes brasileiras no *International Robot Sumo Tournament*, recebe patrocínio, além de poder conhecer os projetos criados pela Radix para ampliar o conhecimento sobre tecnologia

publicássemos os resultados em uma revista internacional padrão A. Esta divulgação é muito importante para uma empresa como a nossa nos dias de hoje.

Caderno QV - O que precisa ser trabalhado nas universidades, tanto por parte dos professores quanto dos alunos, para formar profissionais que atendam aos anseios do mercado de *software* e engenharia? E do empreendedorismo em geral?

Rubião - Creio que as universidades brasileiras têm conseguido reagir razoavelmente bem aos desafios que têm enfrentado. O mercado de tecnologia está aí para nos instigar. A balança comercial tecnológica brasileira é simplesmente sofrível! Acho que perdemos uma grande chance histórica. Agora temos que correr novamente atrás do prejuízo.

Fiz engenharia na primeira metade da década de 80 e, no meu curso de engenharia química no IME, tive mais de dez cadeiras ligadas de alguma forma ao desenvolvimento de sistema computacionais. Já naquela época, antes mesmo do *Facebook*, do *Google*, do *Windows*, do *DOS*, os militares acreditavam piamente na questão estratégica da computação.

Acabei cursando engenharia química e comecei, desde cedo, a trabalhar para uma indústria que também sempre acreditou muito na computação. O meu mestrado na COPPE foi totalmente computacional. Em 1992, ainda nos primórdios da *Chemtech*, fizemos o nosso primeiro projeto de Simulação Fluidodinâmica (CFD) para a *Shell* Brasil. Por conta do IME, da COPPE e da indústria do petróleo, sempre tive uma consciência clara da importância de juntar a engenharia e o *software*. E sempre fiquei abismado com o descaso com que isto foi tratado ao longo de tanto tempo. Agora, a Indústria 4.0 e a Revolução Digital estão aí nos desafiando de maneira dura. Nós temos que estar preparados para este desafio. Os alunos têm



Radix desenvolve sistema para acompanhar e avaliar a assistência familiar para a Associação Saúde Criança, eleita a 19ª ONG mais influente do mundo

que ir se habituando às artes da robótica, da análise de dados, dos controles avançados de processo e dos modelos 4D. Se conseguirmos engrenar isto, temos uma chance real de virar o jogo desta crise e transformar o Brasil em um pólo tecnológico.

O empreendedorismo faz parte deste jogo. É muito mais fácil você montar uma empresa relacionado ao desenvolvimento de *software* do que uma empresa que exija grandes investimentos de capital. Hoje, as empresas estrangeiras estão cheias de problemas que poderiam ser resolvidos por produtos desenvolvidos por pequenas empresas inovadoras. Estive recentemente com um alto executivo de uma grande petroleira americana e ele estava me contando como os setores de engenharia da sua empresa estavam buscando se reinventar no momento, com menos projetos de CAPEX e com uma alta demanda digital por parte dos clientes. Alguns dias depois, apresentamos umas soluções para um alto gerente de engenharia da mesma petroleira e mostramos as vantagens que poderiam alcançar num projeto de EPC. Ele respondeu à nossa equipe que, há alguns anos, estaria muito interessado realmente nestes ganhos. Entretanto, hoje, estava mais interessado em saber como fizemos aquilo do ponto de vista de TI e como poderia usar nossa solução dentro da sua empresa para outras demandas semelhantes.

Caderno QV - Segundo *Obama*, o empreendedorismo tem o poder de trazer crescimento e prosperidade para todos os países. O Brasil, entretanto, não tem uma cultura que valoriza a criatividade e a inovação e o conservadorismo histórico, a burocracia, as mudanças na economia e a corrupção dos governantes e de grandes empresários são os principais empecilhos para os empreendedores. Como é possível quebrar esse ciclo no país? Como foi superar cada uma dessas adversidades? Quais conselhos você daria para aqueles que sonham em empreender em um cenário tão pessimista, incerto e hostil para o empregador?

Rubião - *Obama* realmente falava e fazia coisas incríveis. Ele está certíssimo! Quando você começa a ter um grupo de empresas florescendo, crescendo, criando um ambiente próspero, as coisas entram em um ciclo virtuoso. O brasileiro é extremamente criativo e indiscutivelmente inovador, mas não sei dizer se este talento está tão claramente desenvolvido no setor tecnológico. Nós temos muitos problemas crônicos aqui no Brasil e uma questão de escala mal resolvida.

Se você faz algo nos EUA ou no Brasil, olha a diferença de mercado que você tem. Olha a diferença de número de clientes que você pode ter lá e cá. Hoje, com tudo o que vejo aqui no país, eu realmente acredito em um empreendedorismo tecnológico que consiga ser internacional. Que seja, pelo menos, bilíngue. Estou empenhado em uma missão de alavancar a Radix US e tenho visto como somos bem recebidos nos mais diferentes setores. E como, muitas vezes, continuamos pensando pequeno mesmo estando num mercado muito maior e desafiador.

Eu sinceramente acho que, se você quer empreender em tecnologia hoje em dia no Brasil, deve pensar no mundo ou, pelo menos, nos Estados Unidos. Isto também é uma forma de tentar quebrar este ciclo depressivo em que acabamos

induzidos aqui no Brasil. Não é fácil e é algo que tira você da zona de conforto, mas eu tenho muita esperança neste caminho. Confesso que já pensei até em abrir um negócio para ajudar empresas brasileiras a trilharem este caminho.

Hoje, você precisa se fazer conhecido. Precisa conhecer os grandes *players* do mercado. Precisa se apresentar bem para os grandes clientes. E precisa conseguir atrair talentos lá fora também. Nos últimos tempos, esta tem sido a minha experiência empresarial mais interessante e motivadora.

Caderno QV - Quais foram as principais diferenças (facilidades e dificuldades) entre emergir no mercado nacional, incluindo entre estados, e no mercado internacional? Gerir uma empresa de maior e menor porte? E em um cenário de crise e de ascensão econômica? Como você lidou com os erros e como isso o levou a tomar as melhores decisões?

Rubião - Cada situação destas tem a sua dificuldade. O mercado brasileiro tem suas dificuldades e o americano também. Mas o fato é que, superadas as dificuldades, você tem uma colheita muito mais rica num mercado mais maduro como o americano. Além disto, é importante considerar que os americanos têm um país pensado para as coisas darem certo. Aqui no Brasil, ainda temos muitos procedimentos, leis e comportamentos que estão mais associados a evitar que algo dê errado. É uma linha de raciocínio muito diferente. Aqui ouve-se dizer que está preocupado com problemas. Lá, a preocupação é com as oportunidades.

É óbvio que, tanto lá como cá, você precisa lidar com os problemas usuais do dia a dia. Você precisa resolver a questão financeira e do caixa. Mas, de novo, lá o prêmio pode ser bem mais generoso.

Gerir uma empresa grande tem suas complexidades. Especialmente quando você já foi

pequeno um dia e quer manter alguns dos valores da empresa pequena. E a coisa pode ser pior ainda se o seu processo de crescimento tiver sido rápido demais ou se você enfrentar um cenário de reversão de expectativas como este que vivemos agora.

Os erros acontecem. A gente tem que aprender com eles, mas não pode ter medo deles. Não podemos deixar de decidir por medo de errar. Esta demora já é um grande erro. Especialmente no mundo de hoje, onde agilidade é tudo. Agora, quanto à qualidade das decisões, tenho uma dificuldade em dizer se elas são melhores ou piores.

Caderno QV - Barack Obama havia afirmado que os melhores setores para os empreendedores inovarem são as áreas de energia limpa, educação e saúde. Diante do cenário pessimista das indústrias de óleo e gás e petroquímica, a estratégia que têm adotado é a da diversificação dos negócios em áreas multidisciplinares. A integração dos esforços de várias áreas de conhecimento é uma das principais dificuldades para a difusão mundial da Química Verde no mundo. A Radix, diante desta vantagem competitiva, tem se comprometido também em fazer projetos intrinsecamente seguros e ambientalmente-economicamente favoráveis? O mercado de projetos

sustentáveis da empresa está em expansão e tem sido um diferencial para a sobrevivência da empresa com o mercado em crise? Poderia citar alguns exemplos deste tipo de projeto?

Rubião - Creio que nem é preciso concordar de novo com o *Obama*. Os três setores que ele citou são setores que precisam crescer, que precisam de tecnologias novas. De modo geral, no entanto, penso que a crise do petróleo, tanto a mundial quanto a local, serviu para nos obrigar a trilhar o caminho da diversificação e que é sem volta. Algumas pessoas da indústria de petróleo falam do “*lower for longer*”. Outras já falam do “*lower forever*”. Eu acredito piamente na primeira opção, que as coisas vão mudar de novo, como já vi acontecer outras vezes. Mas, mesmo que voltem a melhorar, pelo menos para a Radix, a diversificação veio pra ficar. Neste processo de diversificação, começamos a explorar novos conceitos mesmo em cenários antigos. Fizemos, por exemplo, um projeto de *troubleshooting* para um grande cliente americano de duas formas: uma tradicional usando modelos rigorosos e outra usando técnicas de *Data Analytics*. Juntamos a equipe de engenharia mais clássica com a de ciência de dados. E o resultado foi bem promissor.

Neste mundo de novidades, temos tentado explorar ao máximo conceitos como a Eficiência Energética e o *Chemical Leasing*.

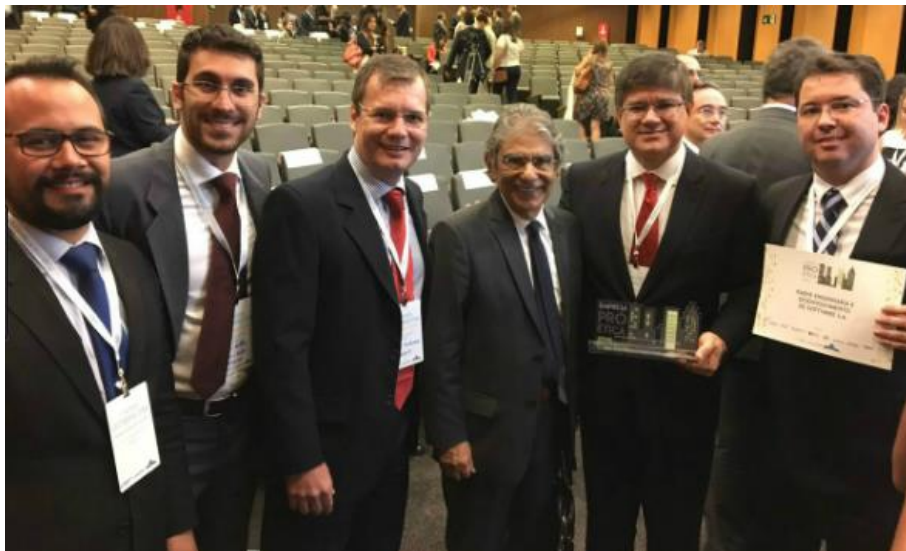


Integrantes da Solar Brasil homenageiam à patrocinadora Radix com uma réplica do eSB Carine, atual campeão do Desafio Solar Brasil 2016

O primeiro já é um conceito bem aceito por muita gente e onde podemos ter vitórias rápidas e muito importantes. O segundo é algo novo e que tenta mudar a tradição de se comprar produtos químicos consumíveis por quantidade (quilogramas ou litros) para um novo pensamento de se pagar por um serviço (o cliente pagaria pelos objetivos alcançados com as substâncias químicas consumíveis e não pelas quantidades usadas destes consumíveis). Ainda encontramos resistência por parte dos clientes, mas estamos tendo as primeiras vitórias parciais. Mas ainda há um longo caminho a percorrer. Os projetos sustentáveis estão começando a representar uma fatia pelo menos detectável dentro do negócio da empresa. Espero que façamos mais progressos.

Caderno QV - O Compliance é um programa de Ética e Integridade que preza pela prevenção e combate da corrupção dentro da Radix e no contrato com terceiros. Esse programa surgiu como uma resposta aos recentes escândalos de corrupção envolvendo empresas e governos? Quais benefícios foram alcançados com o mesmo? É possível afirmar que este tipo de iniciativa está se popularizando entre outros mercados e empresas concorrentes?

Rubião - O fato de termos sempre trabalhado de forma mais intensa com o mercado de óleo e gás nos fez pensar que, em função de tudo o que aconteceu no país e, especialmente, no setor de óleo e gás, seria bom a gente fazer algo pró-ativo para mostrar interna e externamente a nossa preocupação com o assunto do combate à corrupção e com a condução de um negócio correto no dia a dia. Decidimos implementar o programa de *compliance* também como uma



Radix integra grupo seletivo de empresas do Programa Pró-Ética promovido pelo CGU - Controladoria-Geral da União

demanda provocada por nossos clientes nos Estados Unidos.

Começamos a implementação do programa e, em um certo ponto, percebemos que não era simples convencer de que o tema era crucial e merecia a atenção e a energia de todos. Foi aí que apareceu a chance de participar do programa Pró-Ética, do Ministério da Transparência e da Controladoria Geral da União. Em 2015, nós participamos do processo, mas, até pela tenacidade de nosso programa, batemos na trave e ficamos a poucos pontos de obter o selo.

Em 2016, voltamos à carga e fizemos o dever de casa. Conseguimos, então, ser uma das 25 empresas aprovadas em todo o país (cerca de 200 empresas participaram da etapa final de avaliação da equipe da CGU). Hoje, mostramos o selo com orgulho no mercado nacional, nos EUA e no Canadá e sentimos que os nossos clientes dão valor a esta conquista.

Depois deste selo, ficou claro para mim que mais e mais empresas estão interessadas em ter o mesmo reconhecimento. Eu já apresentei palestras em vários grupos e várias empresas e acho que este pode ser um movimento bem bacana aqui no Brasil.

QUÍMICA VERDE

nas Empresas

Nova planta de extração de lignina da Suzano Papel e Celulose

Maria Emilia Drummond Blonski

Consultora Eng. Produção – Linha de Fibras - Suzano

A Suzano Papel e Celulose está investindo na extração de lignina, um subproduto extraído no processo de fabricação de celulose (obtido a partir do licor negro resultante do processo de cozimento da madeira) que pode substituir derivados de petróleo em aplicações de alto valor agregado. Considerada uma nova fronteira tecnológica da indústria de papel e celulose, a aplicação da lignina, hoje restrita à geração de energia, poderá acontecer na indústria de construção civil, moveleira, dentre outras.

A planta está sendo construída na unidade da empresa em Limeira e terá uma capacidade de 20 mil toneladas por ano. A expectativa é iniciar a produção industrial no primeiro semestre de 2018. Toda a lignina produzida será utilizada para produzir químicos para diferentes segmentos de mercado, permitindo seu aproveitamento em cadeias de maior valor. O marco posiciona a empresa em uma nova fronteira tecnológica da indústria, reforçando a sua estratégia de negócios adjacentes.

Substituição do uso de pesticidas por microrganismos

Gustavo de Mattos e Isac Martins

CEOs - Biomulti

A microbiota intrínseca do solo atribui vários benefícios ao agroecossistema, como a solubilização de nutrientes, fixação de nitrogênio, controle de pragas e doenças, produção de fitormônios, entre outros. As práticas de cultivos modernas como a adubação e a utilização de agroquímicos fazem com que essas culturas reduzam consideravelmente suas populações no solo, sendo necessária sua reposição.

A Biomulti atua na multiplicação massal desses microrganismos ao aplicar nas lavouras bactérias que substituem o uso de defensivos químicos, tais como: carbaril, clorpirifós, triclorfon, paration metílico, clorfluazuron, carbosulfano, carbofurano, benzimidazol, fosfanato e dicarboximida. As bactérias que controlam a presença de nematoides eliminaram a aplicação anual de vinte mil litros de carbofurano (químico altamente tóxico) em dez mil hectares de terra. Já as que são fixadoras de nitrogênio eliminam a adição de 40 a 100% de nitrogênio no solo. Outra vantagem observada é o aumento de até 30% da produtividade do cultivo.

BioAg Alliance: A revolução microbiológica para a agricultura

A BioAg Alliance é uma parceria entre a Novozymes e a Monsanto para desenvolver soluções sustentáveis que minimizam o passivo ambiental e aumentam a produtividade no campo com menos recursos (principalmente fertilizantes e pesticidas químicos), como o Acceleron B-300 SAT. O produto é um revestimento de base biológica que prolonga em até dois anos o armazenamento das sementes em condições adequadas. Além do aumento da produtividade, os produtores adquirem maior flexibilidade para a comercialização da produção.



VII ENCONTRO DA ESCOLA BRASILEIRA DE QUÍMICA VERDE

Novos processos para a indústria de renováveis

9 e 10 - Out/2017
INT - Rio de Janeiro - RJ

Submissão de trabalhos até 27/09

O VII Encontro da Escola Brasileira de Química Verde abordará novos processos químicos/bioquímicos para a Indústria de Renováveis. O evento tem como principal intuito promover a troca de informações e de contato entre representantes de empresas atuantes no âmbito da Química Verde e pesquisadores desta área.

O Workshop contará com conferências plenárias proferidas por pesquisadores de renome internacional, além de sessões técnicas e de pôsteres. Os palestrantes já confirmados incluem John Biggs (Diretor de P&D, Dow Chemical, América Latina), Fabio Carucci Figliolino (Gerente de PD&I, Suzano Papel e Celulose), Nádia Skorupa Parachin (Sócia Cofundadora, Integra Bioprocessos), Nadine Essayem (P&D em Catálise, IRCELYON-França) entre outros descritos na programação preliminar divulgada abaixo.

Confira os prazos e procedimentos para a submissão de resumos e para a inscrição no link: <https://eebqv2017.wordpress.com>

VII EEBQV PROGRAMA PRELIMINAR	
Horários	9 DE OUTUBRO
08:30 - 09:00	Credenciamento/Entrega de Material
09:00 - 09:30	Cerimônia de abertura Fernando Cosme Rizzo Assunção, Diretor do INT Lucia G. Appel, coordenadora do VII EEBQV Peter Rudolf Seidl, EBCV
09:30 - 10:30	Conferência I - Nadine Essayem (Université de Lyon, França) <i>Solid acid catalyzed Lignocellulosic Biomass conversion in Water or SC organic solvents: Understanding and overcoming limitations</i>
10:30 - 11:00	Café, visitação a expositores e sessão de pôster
	Sessão 1 - A Química Verde na produção de commodities
11:00 - 11:25	John Biggs (DOW Chemical) - <i>Estratégia de inovação da DOW em Química Verde</i>
11:25 - 11:50	Carlos René Klötz Rabello (Petrobras) - <i>a definir</i>
11:50 - 12:15	Roberto Wernick (Braskem) - <i>Produtos químicos renováveis sob a visão da química verde</i>
12:15 - 14:00	Almoço livre
14:00 - 14:40	Conferência II - Joachim Venus (Leibniz Institute, Alemanha) <i>Fermentation and purification of lactic acid using membrane processes</i>
14:40 - 16:10	Visitação a expositores/ Sessão de pôsteres/ Avaliação dos pôsteres candidatos ao prêmio "Professor Arikerne Sucupira"
	Sessão 2 - Promovendo a Inovação em Química Verde
16:10 - 16:35	José Marcos Ferreira (Fábrica Carioca de Catalisadores) - <i>a definir</i>
16:35 - 17:00	Luciano Zamberlan (Raizen) - <i>Estratégia para processamento da corrente de xilose</i>
17:00 - 17:25	Raquel da Silva (Oxiteno) - <i>Produção biocatalítica de ésteres</i>
17:25 - 17:50	Guilherme Sepe (Elsevier) - <i>Indicadores da pesquisa em Química Verde</i>
17:50 - 18:30	Coquetel

VII EEBQV PROGRAMA PRELIMINAR	
Horários	10 DE OUTUBRO
09:00 - 09:15	Abertura
09:15 - 10:15	Conferência III - Franck Dumeignil (Université de Lille, França) <i>Integration of Chemo- and Bio-Catalysis in Biorefineries of the Future</i>
10:15 - 10:45	Café, visitação a expositores e sessão de pôster
	Sessão 3 A - Os Institutos de pesquisa no desenvolvimento de processos químicos e biotecnológicos a partir de renováveis
10:45 - 11:10	Carolina Maria M. Andrade (Instituto Senai de Inovação Biomassa) - <i>Lignina: ligação entre energia e a biotecnologia</i>
11:10 - 11:35	Marco André Fraga (Instituto Nacional de Tecnologia) - <i>Uma visão sobre os estudos em química verde e processamento e conversão de biomassa na Instituto Nacional de Tecnologia</i>
11:35 - 12:00	Silvio Vaz Jr (Embrapa Agroenergia) - <i>Usos da Biomassa na Química Verde</i>
	Sessão 3 B
	Apresentação oral de trabalhos selecionados ao Prêmio
12:00 - 13:30	Almoço livre
13:30 - 14:20	Visita aos Laboratórios do INT
14:20 - 15:00	Conferência IV - Benoit Moreau (Haute École Condorcet, Bélgica) <i>FSynthesis of new surfactants from renewable resources thanks to biocatalysts - Bioactive</i>
15:00 - 15:20	Entrega do Prêmio "Professor Arikerne Sucupira" e apresentação do trabalho laureado
15:20 - 15:40	Café, visitação a expositores e sessão de pôster
	Mesa Redonda - A Química Verde como vetor na modernização da Indústria Química Brasileira
15:40 - 15:55	Fabio Carucci Figliolino (Suzano Papel e Celulose) - <i>a definir</i>
15:55 - 16:10	Nádia Skorupa Parachin (Integra Bioprocessos) - <i>Desafios no estabelecimento e consolidação de startups biotecnológicas no Brasil</i>
16:10 - 16:25	A definir
16:25 - 16:40	Julie Dumont (Scientific Liaison Officer Wallonie-Bruxelles International) - <i>Parcerias público-privadas na Bélgica: o caso do cluster de tecnologias verdes Greenwin e oportunidades de parcerias Bélgica-Brasil</i>
16:40 - 17:10	Debate moderado
17:20 - 17:40	Sessão de Encerramento

Base Florestal Brasileira:

Uma fonte de oportunidades para o segmento químico sustentável

Erico de Castro Ebeling

Executivo de Gestão em Operações Industriais / Inovação Tecnológica da Klabin

Com 6 horas de insolação diárias em média, pluviosidade com valores anuais de 1500 a 2000 mm e geografia adequada, o Brasil tem a vocação natural para gerar valor a partir de sua base florestal. Atualmente, o país possui 2,5 milhões de hectares de florestas plantadas para fins industriais, 3 milhões de hectares de florestas preservadas e 3 milhões de hectares de florestas certificadas. A área reflorestada representa menos de 1% do total de 550 milhões de hectares de terras agriculturáveis. Assim, com uma produtividade de 50 M³ de madeira/ha/ano (eucalipto) e 40 M³ madeira/ha/ano (*pinus*), a base florestal nacional é referência mundial no setor.

As florestas representam um dos maiores e mais eficientes “reatores” do mundo, os quais transformam CO² da atmosfera em polímeros, usando como insumos a

luz solar, água e a terra. Com uma composição média de 45% celulose, 25% de hemicelulose (hexosanas e pentosanas), 25% de lignina e 4% de extrativos, atualmente, a madeira é a principal matéria-prima para a produção de celulose (3º produtor mundial) e de energia sustentável no mercado. Além disso, a base florestal oferece inúmeras oportunidades para complementar a rede de valor dos hidrocarbonetos e diminuir a pegada de carbono relacionada ao ciclo de vida de seus produtos.

A lignina, por exemplo, segunda molécula orgânica natural mais abundante no planeta, é uma fonte potencial para inúmeros produtos, tais como dispersantes, ligantes, quelantes, reguladores reológicos e outros. A partir das polioses (hemiceluloses) obtém-se produtos de interesse não só da indústria farmacêutica - como adoçantes para minimizar as consequências da diabetes -, mas também gerar bases para produção de plástico verde. Os extrativos, principalmente presentes na espécie *pinus*, podem ser utilizados para produzir emulsificantes, detergentes, adesivos, inibidores de corrosão, resinas, cosméticos entre outros.

Escalas de produção significativas podem ser encontradas nas fábricas de celulose, as quais na verdade são biorefinarias com dois produtos básicos, energia e celulose. Atualmente, o desafio se concentra na pesquisa e desenvolvimento dos processos transformadores da biomassa de origem florestal que permitam implementar as escalas de produção dos produtos “verdes” que estarão complementando a produção atual de celulose e alavancando a posição do Brasil no cenário mundial.



Erico Ebeling

A Indústria Florestal

Adriana K. Goulart¹, Ana Karolina M. Figueiredo^{1,2}, Alice Pita-Barbosa³ e Peter R. Seidl¹

¹Escola de Química da UFRJ, ²Agência Nacional do Petróleo (ANP), ³Universidade Federal de Viçosa

Introdução

Em 2015, o setor florestal brasileiro foi responsável por 4,7% das exportações brasileiras (US\$ 9 bilhões), receita bruta de R\$ 69,1 bilhões (6% do Produto Interno Bruto (PIB) Industrial) e 1,2% da riqueza gerada no país. A celulose é o produto madeireiro de exportação com o maior valor agregado (US\$ 5 bilhões), seguido do papel/papelão (US\$ 2 bilhões). Nesse mesmo ano, 70% da celulose nacional foi exportada e nos últimos 10 anos, sua produção cresceu 5,9% ao ano. Dos produtos não madeireiros, a cera vegetal, a castanha de caju e a erva-mate possuem os maiores valores de venda (seus preços variam entre US\$100-120 milhões). Com relação à importação, o papelão (US\$700 milhões) e a borracha natural (US\$ 380 milhões) são os produtos madeireiros e não-madeireiros, respectivamente, adquiridos pelo maior preço de compra. Demais produtos de origem florestal estão representados na Figura 1.

A reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos

florestais beneficiam não só o meio ambiente, mas a economia da indústria, por eliminar custos com a separação, o tratamento e a disposição e, principalmente, por agregar valor aos subprodutos, amortizando custos com a matéria-prima. Por isso, esta edição do caderno irá tratar sobre processos voltados para a geração de produtos com maior valor agregado a partir de todos os componentes das matérias-primas florestais e para a formação mínima de substâncias perigosas e efluentes. Outra abordagem refere-se às técnicas de melhoramento genético para o abastecimento seguro das matérias-primas florestais frente às adversidades climáticas e ao aumento da demanda.

Processos para converter integralmente a matéria-prima florestal

A economia circular é prática comum da indústria de papel e celulose, tendo em vista que, em

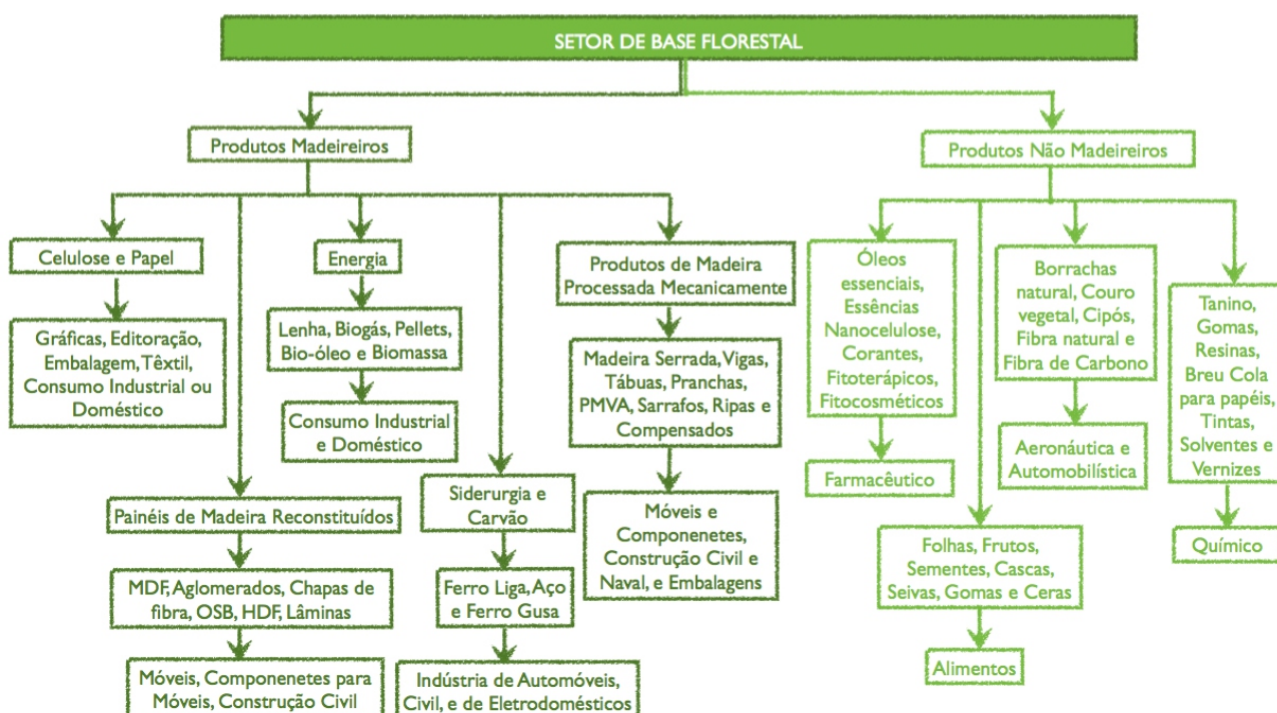


Figura 1 - Configuração do setor de base florestal

2015, 99,7% dos 46,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos (cascas, galhos e folhas) provenientes das atividades florestais e industriais correlatas destinaram-se à proteção e fertilização dos solos das florestas. Os demais resíduos (óleos, graxas e embalagens de agroquímicos) foram enviados para tratamento antes da destinação final. Alguns desses subprodutos possuem valor comercial, como o “tail-oil” (usado na fabricação de tintas, como agente de flotação ou fertilizante) e a terebintina sulfatada (empregada na síntese do óleo de pinho, largamente usado na flotação de minério, e no processamento de têxteis, como solventes ou agentes odorizantes e bactericidas).

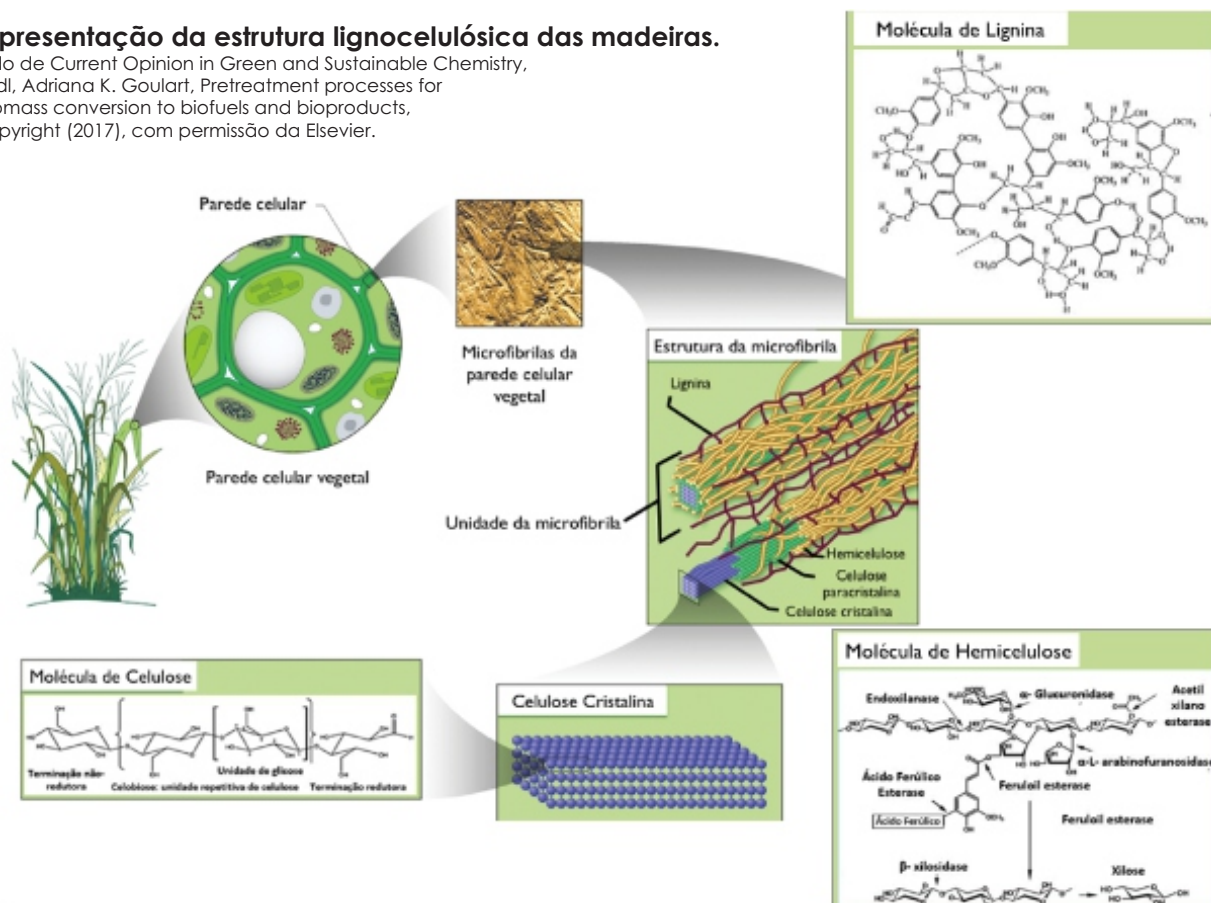
Em 2015, estimou-se que 4,6 milhões de toneladas de papel (cerca de 61% do total) retornaram ao processo produtivo para reciclagem. Na indústria, 24,6% dos resíduos de serragem e aparas de papel foram reutilizados como matéria-prima por outras empresas do setor. A lama de cal e a cinza das caldeiras representam 5,8% dos resíduos e foram aplicados na produção de cimento e óleo combustível reciclado. O maior quantitativo (65,9%) dos subprodutos foi queimado em caldeiras e conduzidos para turbinas em

usinas de gás para gerar energia limpa e renovável, tanto térmica (em forma de vapor), quanto elétrica. O licor negro e a biomassa florestal representaram 62,5% e 17,3%, respectivamente, da energia produzida pelas próprias plantas do setor (aprox. 65,1 milhões de gigajoules (GJ)), cerca de 67% da demanda total (96,8 milhões de GJ). No Brasil, existem nove empreendimentos termoelétricos de biomassa florestal para a geração elétrica, três já estão em operação e o restante em construção ou negociação.

A volatilidade dos preços do petróleo, as restrições às emissões de gases do efeito estufa e da poluição ambiental e o aumento da lucratividade são alguns dos fatores que conduziram os investimentos em PD&I para a conversão das biomassas florestais em produtos químicos com alto valor de mercado, substitutos ou não do petróleo. A versatilidade de potenciais aplicações derivadas da composição heterogênea das frações lignocelulósicas também é estratégica para tornar a indústria de base florestal competitiva no mercado mundial de renováveis. As paredes celulares dos resíduos florestais (representadas na Figura 2) possuem diferentes

Figura 2 - Representação da estrutura lignocelulósica das madeiras.

Fonte: Reproduzido de Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, vol. 2, Peter R. Seidl, Adriana K. Goulart, Pretreatment processes for lignocellulosic biomass conversion to biofuels and bioproducts, p. 48-53, 2016, Copyright (2017), com permissão da Elsevier.



composições químicas e variações entre as porcentagens e os tipos de ligações entre os carboidratos da celulose e hemicelulose, os compostos fenólicos da lignina, assim como os extrativos e cinzas da estrutura.

Alguns exemplos de rotas de produção de produtos com alto potencial de mercado estão representados na figura 3 e incluem:

- A gaseificação para gerar gás de síntese ou bio-óleo, com posterior produção de biocombustíveis e bioproductos.
- A hidrólise (química ou enzimática) dos polissacarídeos da celulose e hemicelulose favorece a formação de monômeros de açúcar da celulose (glicose) e hemicelulose (glicose, xilose, manose, arabinose e galactose). Estes açúcares são comumente fermentados à bioetanol, PLA, PHA, entre outros polímeros.
- A transformação química das pentoses e hexoses da hemicelulose favorece a formação de compostos orgânicos oxigenados, como o HMF, furfural, ácido acético, succínico, urânico, levulínico, fórmico, furóico e ferúlico.
- A conversão dos compósitos fenólicos da lignina

origina ácidos (vanílico, siríngico e 4-hidroxicinâmico), aldeídos (conifenil aldeído, vanilina, siringaldeído e 4-hidroxibenzaldeído), fenóis (catecol, eugenol, hidroquinina, álcool conifenol e isoeugenol), diesel, fibra de carbono, vanilina e BTX.

Além das rotas termoquímicas, os diferentes processos químicos, biológicos, físicos ou catalíticos podem ser empregados de forma isolada ou combinada, a depender da estrutura lignocelulósica e do objetivo do processo. Por exemplo, as madeiras coníferas são estruturalmente mais fortes, largas, densas, com maior teor de lignina e menor de hemicelulose do que as folhosas, logo exigem um processo mais agressivo e efetivo para a separação da lignina/açúcares em suas estruturas.

A heterogeneidade estrutural das madeiras folhosas e coníferas influencia, portanto, a escolha da tecnologia de transformação, a condição operacional (temperatura, pressão, tempo de residência, carga de sólidos, reatividade e quantidade de insumos e reagentes), os subprodutos e os efluentes gerados, a eficiência energética, a economia da planta e o tipo e o rendimento do produto final.

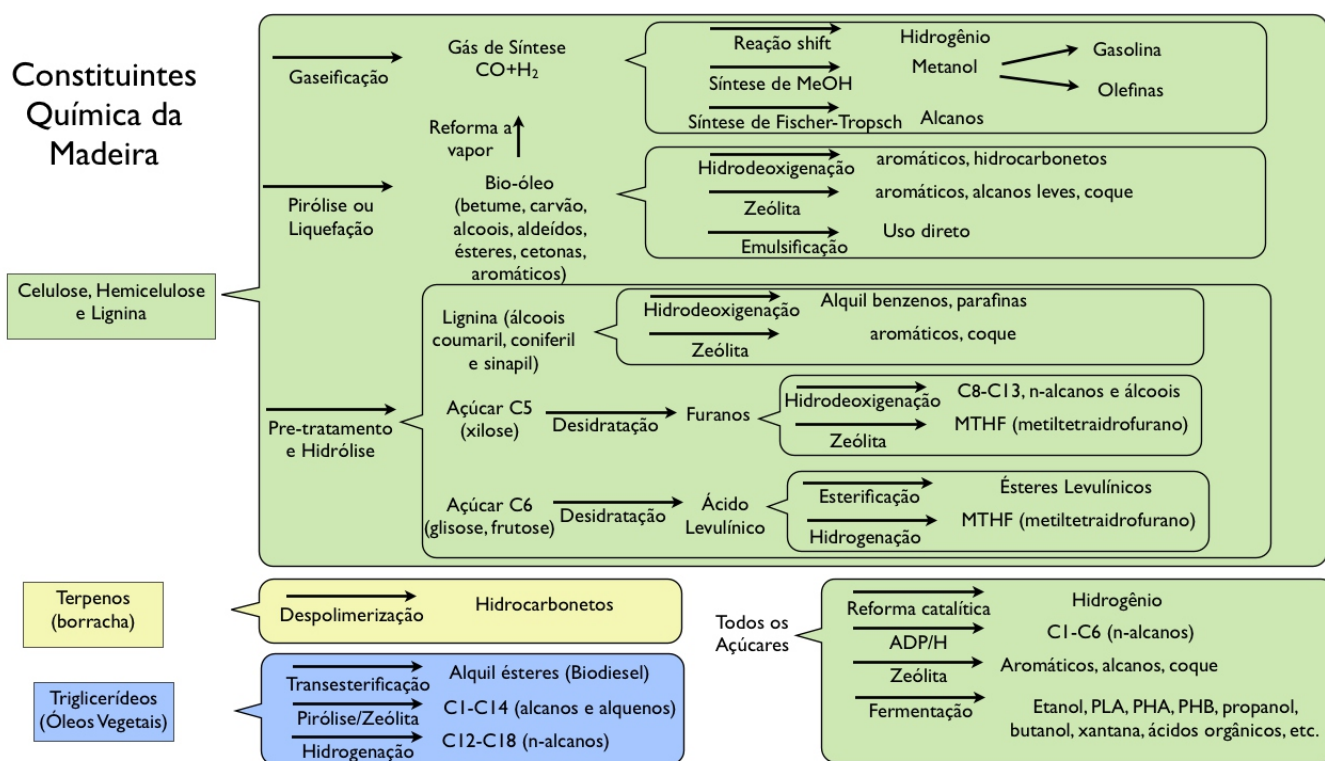


Figura 3 - Rotas para a produção de combustíveis e químicos a partir das biomassa

Efeito dos Pré-Tratamentos na Fração Lignocelulósica		Físico	Ácido Diluído	Alcalino	Explosão a Vapor	Água Líquida Aquecida	Oxidativos	Organosolv	AFEX	SPORL	Líquido Iônico	Biológico
Celulose	Solubilização	NA	≈	≈	≈	↓	↓	↓	↓	↓	↑	≈
	Reduz grau de polimerização	↑	≈	≈	≈	≈	≈	≈	↓	≈	↓	≈
	Reduz a cristalinidade	↑	≈	↑	≈	≈	↑	↑	≈	NA	↑	NA
	Aumenta superfície de contato	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	≈
	Reduz tamanho das partículas	↑	NA	NA	↑	NA	NA	↑	≈	↑	NA	↑
Hemicelulose	Degradação	NA	≈	≈	↓	≈	↓	≈	↓	↓	↓	↓
	Solubilização	NA	↑	≈	↑	↑	≈	≈	↓	≈	↑	≈
Lignina	Degradação	NA	↑	≈	≈	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Solubilização	NA	≈	↑	≈	↓	↑	↑	↓	≈	↑	≈
	Redistribuição	NA	↑	↓	↑	≈	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Mudança estrutural	NA	≈	↑	↑	≈	NA	NA	↑	↑	NA	NA
	Degradação	NA	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑	≈	↓	NA

↑Intensa ↓ Insignificante ≈ Parcial ND Não Disponível NA Não Aplicável

Figura 4 - Resumo das modificações das estruturas lignocelulósicas por processo

Fonte: Reproduzido de Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, vol. 2, Peter R. Seidl, Adriana K. Goulart, Pretreatment processes for lignocellulosic biomass conversion to biofuels and bioproducts, p. 48-53, 2016, Copyright (2017), com permissão da Elsevier.

Pela Figura 4 identifica-se que os processos atuam preferencialmente:

- Aumentando a área superficial ou reduzindo a cristalinidade e o grau de polimerização das celulosas (Organosolv e Alcalino);
- Modificando quimicamente ou redistribuindo a lignina sobre a superfície da fibra vegetal (Explosão a Vapor);
- Reduzindo o tamanho e a porosidade das fibras (Físico, SPORL, Organosolv, Explosão a Vapor);
- Removendo totalmente ou parcialmente a lignina (Alcalino, Oxidativo e Organosolv), a celulose (Líquido Iônico) e a hemicelulose (Ácido Diluído, Explosão a Vapor ou Água Líquida Aquecida);
- Quebrando as ligações químicas (AFEX).

Processos para a redução de custos e danos ambientais

O setor de celulose e papel é o terceiro maior consumidor de água doce (80-150m³/ t de papel) e, em consequência, gera um volume considerável de efluentes líquidos contendo vários produtos químicos (tióis, dióxido de enxofre, sulfeto, bissulfito, sulfuretos, ácido clorídrico, fibras e resinas), agentes

branqueadores (peróxido de hidrogênio, cloro elementar ou dióxido de cloro) e agentes alcalinos (caulim, carbonato de cálcio ou sódio ou soda cáustica).

Os sistemas de cozimento em super batelada, os processos de esmagamento e desintegração à disco da fibra, a polpação com deslocamento rápido de calor e os digestores horizontais contínuos são alternativas que auxiliam o menor consumo de vapor, energia e material. Em sequência, sistemas de lavagem à vácuo ou de correia, prensas de rolo duplo ou filtros prensa podem ser utilizados para separar as fibras da polpa do licor negro com baixa perda material, máxima eficiência e baixo fator de diluição. O reuso do condensado produzido pelo condicionamento da matéria-prima e das águas de lavagem são fatores adicionais que contribuem para uma maior economia hídrica.

Resíduos das fibras de celulose, de hemicelulose e de lignina e alguns ácidos orgânicos derivados são sólidos em suspensão gerados na etapa de polpação Kraft da celulose. Tais compostos absorvem resinas, ácidos graxos e metais pesados, gerando efeitos de bioacumulação a longo prazo no meio ambiente. Já as elevadas concentrações de BOD/COD no efluente industrial ocasionam a depleção de oxigênio no meio.

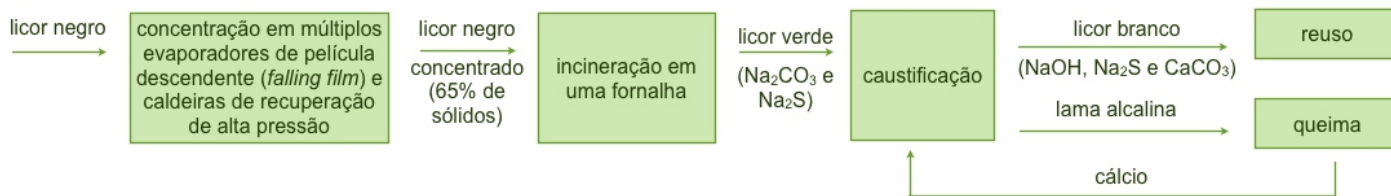


Figura 5 - Sistema de tratamento dos efluentes

É possível minimizar a poluição causada pelos resíduos orgânicos e aromáticos da lignina com a implantação do sistema de tratamento de efluentes descrito na Figura 5.

As características das águas residuais são mais influenciadas pelas operações de branqueamento da polpa, por ser a etapa de maior consumo hídrico e por empregar, na maioria das vezes, oxidantes à base de cloro ou hipoclorito. Como resultado, o processo produz cerca de 90% do total de subprodutos organoclorados da planta, os quais possuem elevada toxicidade, tais como: derivados clorados de fenóis, ácidos, dibenzo-p-dioxinas e furanos, entre outros compostos neutros. Além destes, podem ser formados os seguintes compostos carcinogênicos: clorofórmio e tetracloreto de carbono e, em menor quantidade, benzenos clorados, ácido epóxi-esteárico, cloro acetonas e diclorometano.

A combinação de oxigênio e álcalis, seguido pelo branqueamento com dióxido de cloro e ozônio, é capaz de branquear com mais facilidade a polpa, gerar menos poluentes e usar menos água de lavagem do que o processo tradicional com cloro elementar. Outra proposta refere-se ao uso de catalisadores (por exemplo, os de ferro ou TAML™ - TetraAmido-Macro-cíclico ligante), para potencializar a ação do peróxido de hidrogênio sobre o clareamento do papel e remover seletivamente a lignina em condições mais amenas de processamento (pH neutro a básico e temperatura na faixa de 0-90°C) e mais seguras, por serem livres da adição e formação de compostos clorados. Também existem tecnologias para isolar uma lignina cada vez mais pura e, conseqüentemente, com maior valor de mercado, como o processo Organosolv mencionado na Figura 4. Já nos fornos de combustão são formados metanol, acetona, CO, CO², SO², NOx e compostos de enxofre reduzido total (TRS), tais como: sulfato de

hidrogênio (H²S), metil-mercaptana (CH³SH) ou sulfureto de dimetila (CH³)₂S. Como possuem forte odor, tais gases são carregados para um precipitador eletrostático (ESP) - para recuperar parte do sulfeto de sódio usado no cozimento-, e seguem para a incineração. Purificadores cáusticos devem ser instalados na saída destes equipamentos para reter o SO² formado.

Por fim, os avanços da P&D dos processos enzimáticos/microbiológicos são promissores para as indústrias de base florestal em vista de uma série de vantagens, tais como:

- A substituição dos químicos oxidantes por enzimas, tais como a combinação de ligninases com as xilanases produzidas por espécies *Trichoderma*, *Bjerkandera sp.*, *Phlebia radiata*, *Paenibacillus sp.* e *Lentinus tigrinus*, para degradar a hemicelulose e aumentar a liberação de lignina na etapa de biobranqueamento;
- A queda do número *kappa* (maior deslignificação), usando peroxidases, lacases ou fungos do gênero *Basidiomycotina* da degradação branca (*White-rot fungi*). A lignina e seus compostos fenólicos conferem cor, toxicidade e alta demanda biológica e química de oxigênio ao efluente gerado. Tais compostos são removidos facilmente após a oxidação pelas enzimas (que são biodegradáveis e atóxicas), evitando o uso de coagulantes e aditivos de origem fóssil neste tratamento;
- O aproveitamento máximo da madeira, por meio do fracionamento seletivo e com alto rendimento em celulose, hemicelulose e lignina, usando menos etapas (lavagem, neutralização e destoxificação, principalmente), condições operacionais brandas e baixo consumo material, hídrico e energético;
- A hidrólise e fermentação direta, simultânea e

em um único reator das biomassas lignocelulósicas em produtos diversos (principalmente biopolímeros e biocombustíveis para veículos e para a aviação), por enzimas geradas *in situ* pelos microorganismos geneticamente modificados;

- A produção de um papel (virgem ou reciclável) com melhor qualidade, devido:

- à menor ocorrência de defeitos, pontos ou furos causados pelo depósito de resinas, entre outros materiais não-fibrosos (*Pitch* e *Stickie*) da estrutura lignocelulósica. A conversão destes contaminantes em compostos tratáveis também reduz custos com a manutenção e a operação dos equipamentos, bem como a queda da produção pelo tempo de inatividade com a limpeza de feltros, rolos e telas;

- ao aumento do controle da viscosidade da pasta de celulose, bem como da resistência à abrasão, da força, do coeficiente de atrito e da susceptibilidade à absorção da tinta pela superfície de impressão do papel;

- à produção de um papel reciclado com maior qualidade (mais brilho e menos resíduos de tinta). Isto se deve à substituição de insumos químicos removedores da tinta de impressão no processamento dos papéis usados e ao menor emprego do vapor durante a secagem.

Melhoramento Genético Florestal

Historicamente no Brasil, a introdução do melhoramento genético de florestas plantadas por técnicas de melhoramento tradicional eram direcionados, basicamente, à indústria de papel e celulose. Os maiores esforços concentravam-se no aumento da produção baseado no incremento de volume e densidade da madeira. Atualmente, busca-se também a otimização dos processos industriais, por meio do cultivo de materiais genéticos com características físico-químicas específicas e ideais para seu fim. Dessa forma, o foco do melhoramento nas empresas de celulose e papel passou a incluir o aumento da qualidade da madeira, visando o aumento da produção de celulose por hectare. O melhoramento genético propiciou reduções significativas do consumo

específico de madeira (CEM - quantidade de madeira em metros cúbicos necessária para produzir uma tonelada de celulose) e economia ao longo de toda a cadeia de produção.

Os avanços incluem a morfologia e o crescimento padronizados para facilitar a colheita mecânica e o transporte, o menor consumo energético com a etapa de fracionamento mecânico da madeira em lascas, a adequação da estrutura lignocelulósica ao ataque químico dos processos de polpação Kraft, entre outras tecnologias recentes de pré-tratamento, incluindo maior acessibilidade das enzimas em processos de sacarificação e a menor geração de efluentes. A elevação do potencial energético das biomassas florestais aliado à menor recalcitrância de suas estruturas tem favorecido a aquisição de rendimentos de carboidratos e de produtividade cada vez mais próximos aos necessários para viabilizar economicamente a conversão das biomassas florestais em produtos químicos de alto valor agregado.

A expansão da indústria florestal, em adição aos proventos das culturas agrícolas e de biocombustíveis, promoveu o estabelecimento de plantios comerciais em regiões com condições climáticas desfavoráveis, como o norte de Minas Gerais e o sertão da Bahia, em que a restrição hídrica e temperaturas elevadas são constantes. O crescimento de eucalipto nessas regiões foi viabilizado pela seleção de materiais genéticos tolerantes, reduzindo sensivelmente as perdas econômicas e o impacto com os resíduos gerados pelo processo de produção de papel e celulose. Ademais, o melhoramento genético resultou em genótipos resistentes à doenças e herbivoria, reduzindo gastos e a poluição ambiental causados por pesticidas.

As técnicas de engenharia genética são muito úteis na identificação de genes e processos que confirmam os benefícios do melhoramento genético tradicional. A genômica direta utiliza-se dos variados fenótipos já existentes na natureza (por exemplo, alta tolerância à seca) para a identificação das causas dessas variações. Já a reversa opera por meio da geração de fenótipos desejáveis (por exemplo, baixo teor de lignina) à partir

da manipulação gênica. Assim, a introdução de genes que conferem características inalcançáveis por meio dos processos de recombinação natural podem modificar radicalmente a forma como as florestas são plantadas, bem como dos seus processos e produtos químicos derivados. Apesar dos progressos consideráveis da aplicação dessas técnicas em eucalipto, ainda existem muitos desafios para a implantação de melhorias de alto impacto econômico.

O gênero *Eucalyptus* apresenta enorme variação fenotípica e genotípica, sendo este um fator preponderante para a incorporação de alelos de grande valor em materiais híbridos. Em combinação com as tecnologias emergentes de melhoramento, as amplas variações naturais em eucalipto permitem a conversão do conhecimento da genética dessa espécie em ferramentas aplicáveis à seleção de genótipos superiores. O genoma da espécie *E. grandis* já está completamente sequenciado e disponível em bancos de dados, possibilitando a execução de metodologias antes difíceis de serem aplicadas.

O uso da propagação clonal, em detrimento do cultivo seminal (por sementes), possibilita a manutenção e a perpetuação das características genéticas adquiridas por meio do melhoramento. Em uma floresta clonal, as árvores apresentam genoma idêntico, resultando em fenótipos com baixa variabilidade, garantindo que o produto final apresente as características esperadas para aquele clone, naquele local. Isso representa uma enorme proporção das florestas comerciais de *Eucalyptus* no Brasil e corrobora para os avanços do melhoramento genético neste gênero.

Bibliografia

APIOLAZA, L. A.; RAYMOND, C. A.; YEO, B. J. Genetic variation of physical and chemical wood properties of *Eucalyptus globulus*. *Silvae Genetica*, v. 54, n. 4-5, p. 160-165, 2005.
 CNI. Florestas e indústria: agenda de desenvolvimento. Confederação Nacional da Indústria. Brasília. 2016. Disponível em: APIOLAZA, L. A.; RAYMOND, C. A.; YEO, B. J. Genetic variation of physical and chemical wood properties of *Eucalyptus globulus*. *Silvae Genetica*, v. 54, n. 4-5, p. 160-165, 2005.
 CNI. Florestas e indústria: agenda de desenvolvimento. Confederação Nacional da Indústria. Brasília. 2016. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/

conteudo_18/2016/07/19/11466/florestas_e_industria_web_20160919.pdf> Acesso em jan. 2017.
 DE ASSIS, T. F.; REZENDE, G. D. S. P.; AGUIAR, A. M. Current status of breeding and deployment for clonal forestry with tropical eucalypt hybrids in Brazil. *International Forestry Review*, v. 7, p. 61, 2005.
 GOULART, Adriana Karla. **Análise das Tecnologias de Pré-Tratamentos das Biomassas Lignocelulósicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Rio de Janeiro. p. 1-148, 2015.
 GRATTAPAGLIA, Dario; KIRST, Matias. Eucalyptus applied genomics: from gene sequences to breeding tools. *New Phytologist*, v. 179, n. 4, p. 911-929, 2008.
 HENERY, Martin L. et al. Identification of quantitative trait loci influencing foliar concentrations of terpenes and formylated phloroglucinol compounds in *Eucalyptus nitens*. *New phytologist*, v. 176, n. 1, p. 82-95, 2007.
 HJÄLTÉN, Joakim; AXELSSON, E. Petter. GM trees with increased resistance to herbivores: trait efficiency and their potential to promote tree growth. *Frontiers in plant science*, v. 6, 2015.
 HUBER, George W.; IBORRA, Sara; CORMA, Avelino. Synthesis of transportation fuels from biomass: chemistry, catalysts, and engineering. *Chemical reviews*, v. 106, n. 9, p.4044-4098, 2006.
 IbÁ. Relatório Anual 2016. **Indústria Brasileira de Árvores**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf> Acesso em jan. 2017.
 MYBURG, Alexander A. et al. The genome of *Eucalyptus grandis*. *Nature*, v. 510, n. 7505, p. 356-362, 2014.
 NEHRA, Narender S. et al. Invited review: forest biotechnology: innovative methods, emerging opportunities. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, v. 41, n. 6, p. 701-717, 2005.
 PSA. **A report on opportunities for green chemistry initiatives: Pulp and Paper Industry**. Office of the Principal Scientific Adviser to the GOI. Vigyan Bhawan Annexe, NEW DELHI. 2014. Disponível em: <http://psa.gov.in/sites/default/files/Pulp_Paper_Final.pdf> Acesso em jan. 2017.
 SNIF. BOLETIM SNIF 2016. **Sistema Nacional de Informações Florestais**. <http://www.florestal.gov.br/snif/images/stories/ProducaoFlorestal/Boletim/boletim_snif_producao%20florestal_ed2.pdf> Acesso em jan. 2017.
 SILVA, C. A. F.; Bueno, J. M., Neves, M. R.. **A indústria de celulose e papel no Brasil**. Guia ABTCP Fornecedores & Fabricantes: Celulose e papel 2016|2017. Disponível em: <http://www.poyry.com.br/sites/www.poyry.com.br/files/media/related_material/16out27a-abtcp.pdf>. Acesso jan.17.
 SEIDL, Peter R.; GOULART, Adriana K. Pretreatment processes for lignocellulosic biomass conversion to biofuels and bioproducts. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, v. 2, p. 48-53, 2016.
 SOMESHWAR, Arm V.; PINKERTON, John E. **Wood processing industry**. Air and Waste Management Association, New York (1992), pp. 835-849, 1992.

QUÍMICA VERDE

Eventos

Encontro Colaborativo e a Formação de Redes para Implementar a Química Verde no Currículo Escolar de Nível Médio

Marciniak, A. A.¹; Nascimento, R. C.¹; Gomes, L. C. A.²; Schoene, F. A. P.³; Seidl, P. R.¹
¹EQ-UFRJ, ²Colégio Pedro II e ³Instituto Superior de Educação do Rio de Janeiro

Em Belém no Pará (2016), realizou-se um *Workshop* organizado pela ACS *Global Innovation Imperatives* e pela EBQV com o tema: “*Green Chemistry Experiments for Remote Locations*”. O evento reuniu professores de Química e especialistas em educação de Química Verde (QV) do Brasil, EUA e Reino Unido para discutir a inserção da QV no currículo e para trocar experiências por meio de palestras e uma mesa redonda. Identificou-se que, embora o trabalho experimental seja essencial para o ensino de Química, na maioria das escolas brasileiras, os laboratórios estão fechando devido aos custos crescentes e à ausência de instalações apropriadas. Assim, criou-se um grupo em uma rede social para que professores de Química do ensino médio do estado do Rio de Janeiro pudessem discutir sobre a estrutura curricular e o resgate de práticas experimentais que incorporem atividades relevantes para os contextos locais e o aprendizado dos estudantes sobre a Química Verde.

Por meio da rede, os integrantes do grupo receberam um questionário eletrônico a fim de identificar problemas relacionados às aulas práticas e às estruturas dos laboratórios nas escolas, bem como o grau de conhecimento sobre os conceitos de Química Verde. A falta de aulas práticas foi apontada por 90% dos professores fluminenses do ensino médio. Desse total, 33% não possuem laboratórios em suas escolas, enquanto os demais apontam que faltam insumos para realizar os experimentos. A falta de conhecimento/treinamento sobre os conceitos de Química Verde e de práticas que tratam das questões ambientais na Química básica foi indicada por 29%.

Em seguida, um novo encontro sob o tema “Química verde e o currículo escolar” foi promovido em 2017 para os integrantes do grupo. O intuito era apresentar os conceitos de Química Verde, palestras sobre biorrefinarias e segurança química, além de experimentos simples, de baixo custo, com recursos de fácil acesso e que fossem capazes de engajar alunos do ensino médio, sem a necessidade de laboratórios. Para finalizar, formou-se uma mesa redonda para que professores propusessem formas de inserir a teoria e experimentos viáveis em Química Verde na grade escolar do ensino médio (Figuras 1A e 1B).

Nesta etapa, os professores citaram: a importância da constante conscientização dos estudantes sobre a questão ambiental; a diminuição do consumo de água nas aulas práticas; a realização de seminários e visitas com os alunos em instituições de pesquisa que trabalham com o tema; e a utilização de microanálises ao invés de macroanálises, objetivando a redução de custos, recursos e rejeitos nos experimentos.

Após o evento, um questionário foi enviado aos participantes para avaliar as críticas e os conhecimentos



Figura 1 - A) Debate em grupo dos professores; B) Exposição das experiências quanto ao uso dos conceitos de Química Verde em suas práticas docentes

FOTO: Aryane Marciniak



FOTO: Frederico Schoene

Figura 2 - Professores participantes do encontro abordando o tema “Química Verde” realizado no primeiro semestre de 2017 pela EBQV.

adquiridos no evento (FIGURA 2).

Por meio do grupo formado na rede social, mantém-se a troca de experiências e materiais, bem como as discussões sobre os desafios e as soluções encontrados para inserir os conceitos de Química Verde no currículo escolar. O sucesso das atividades didáticas tratadas nos encontros e na rede social ficaram evidentes com o acréscimo de conhecimento pedagógico e a disseminação do tema no Ensino de Química praticado pelos professores participantes, assim como o resgate das práticas experimentais

que são cruciais para a formação do aluno. Ademais, é notória a procura contínua por cursos didáticos e materiais de apoio com ênfase em Química Verde. Os integrantes, inclusive, relataram que há poucas informações e metodologias em Química Verde atualizadas e disponíveis na literatura aplicadas ao nível médio de ensino. Por este motivo, é imprescindível a oferta contínua de encontros e trocas de experiências que ampliem o conhecimento e a formação dos educadores do ensino médio.

Leia na próxima edição:

- **O futuro das biorrefinarias por Luiz André Schlittler.**
- **A Química e o futuro do Brasil por Luiz Eduardo Duque Dutra.**
- **Cobertura completa do VII Encontro da Escola Brasileira de Química Verde.**

Expediente

O Caderno de Química Verde é uma publicação da Escola Brasileira de Química Verde. Tem por objetivo divulgar fatos, entrevistas, notícias ligadas ao setor.

Editor Responsável:
Peter Rudolf Seidl.

Conselho de Redação:
Adriana Karla Goulart, Ana Karolina Muniz Figueiredo, Julio Carlos Afonso, Roberio Fernandes Alves de Oliveira.

Consultor Senior:
Celso Augusto Caldas Fernandes.

Diagramação e arte:
Adriana dos Santos Lopes.

Contato:
quimicaverde@eq.ufrj.br
É permitida a reprodução de matérias desde que citada a fonte.
Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores.



MEGATENDÊNCIAS

Desafios e oportunidades para o futuro da Química

Os principais desafios contemporâneos da química não se restringem aos laboratórios. Existem hoje questões globais que envolvem toda a sociedade como, por exemplo, as mudanças climáticas, o desenvolvimento sustentável e a produção de energia.

Terry Renner, diretor executivo da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), afirmava, por ocasião do Ano Internacional da Química (2011) que "o foco das ações da instituição divide-se em cinco tópicos: "água", "alimentos e nutrição", "saúde", "energia" e "química verde". São cinco questões de alcance global. Para que a discussão em torno desses tópicos seja efetiva, temos que envolver toda a sociedade e, em particular, três setores: os formuladores de políticas públicas; a indústria e outros responsáveis pela aplicação da ciência; e a própria comunidade de cientistas, em especial por meio das sociedades científicas", afirmou Renner.

Para muitos cidadãos, a imagem da química ainda é negativa, com um quê de medo. A química no imaginário das pessoas não corresponde frequentemente à importância dessa área do conhecimento nas áreas de pesquisa, desenvolvimento e da própria economia. Por exemplo, cerca de 20% do Produto Interno Bruto (PIB) da Inglaterra provém de atividades ligadas às diversas áreas da química. Segundo Renner, "a sociedade vê a química como algo obscuro, como causa de problemas e não como oportunidade de solução. Reconhecemos que temos [IUPAC] muita dificuldade em relação à comunicação com a sociedade. Ainda não conseguimos mostrar às

peças que a química contribui diariamente para melhorar suas vidas", afirmou. Patrick Teyssonneyre, diretor de inovação e tecnologia da Braskem, afirmou em recente entrevista que "como em diversos setores da economia, as empresas químicas enfrentam atualmente um dos maiores desafios impostos pelo mercado do século XXI: compreender e trabalhar com a evolução das tecnologias exponenciais."

A importância do tema ora em discussão pode ser atestada pela realização, em agosto do corrente na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) do 1º Simpósio Desafios e Oportunidades do Futuro Profissional da Área de Química. A Associação Brasileira de Química, em boa hora, coloca este tema como carro-chefe de seu evento mais importante e o mais tradicional da química brasileira.

Para nos ajudar na tarefa de esclarecer e dar subsídios aos nossos leitores, convidamos dois pesquisadores atuantes na área de pesquisa & desenvolvimento e empreendedorismo: Elsa Lesaria Nhuch, da ABQ-RS e do CRQ - V Região (Rio Grande do Sul), presidente da Comissão Organizadora do 57º CBQ, e Marcus Vinícius de Araújo Fonseca, do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e membro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ.

Conforme descrito na própria chamada do CBQ de Gramado, o desenvolvimento tecnológico vem ocorrendo de forma multidisciplinar e cada vez mais integrado. O progresso científico será cada vez mais impulsionado pela intensa interação entre os vários campos da ciência.



Elsa Nhuch



Marcus Vinícius Fonseca

A RQI perguntou aos ilustres entrevistados *que exemplos podem ser citados para mostrar a presença da química em projetos multidisciplinares.*

Elsa ponderou que "Este foi o objetivo da equipe realizadora do 57º CBQ. A comissão científica, se preocupou em convidar palestrantes que irão falar exatamente sobre a interação da Química com todas as ciências. Os cientistas no mundo e também no Brasil estão trabalhando neste

sentido. Não podemos mais falar somente em Química, Física, Biologia. Estas disciplinas estão estreitamente ligadas com outras áreas para o desenvolvimento de novos produtos como medicina, biotecnologia, sistemas ópticos, nanotecnologia, sistemas microeletromecânicos, realidade mista e tecnologia sem fio, só para citar algumas áreas.

Por exemplo na nanotecnologia, vários produtos estão sendo desenvolvidos para ajudar a humanidade, como nanopartículas de prata utilizadas com bactericida, muito útil por exemplo na confecção de aventais para cirurgiões, que evitam a contaminação na sala de cirurgia. Outro exemplo o uso de enzimas na biotecnologia, tecnologia que se baseia na biologia e precisa da Química para desenvolver os processos para a produção de bens e serviços. Outro exemplo, são as novas tecnologias energéticas, que utilizam células solares semicondutoras, e energia eólica. Todas estas tecnologias tem sido desenvolvidas para resolver problemas reais e ajudar a humanidade".

Marcus Vinícius afirmou que "o desenvolvimento tecnológico que não contemplar a transdisciplinaridade não estará presente além do primeiro quarto desse século. O Ambiente 21 – *contexto contemporâneo caracterizado pela aceleração das mudanças tecnológicas, de mercado e de valores* – tem que envolver a interseccionalidade das ciências e, a química, se constitui num elo importante no desenvolvimento de inovações. A química passa pela energia solar, pelo carro elétrico, pela prevenção da dengue e pela "inteligência" de moléculas que atacam (desbloqueiam), seletivamente, células cancerígenas em nosso corpo".

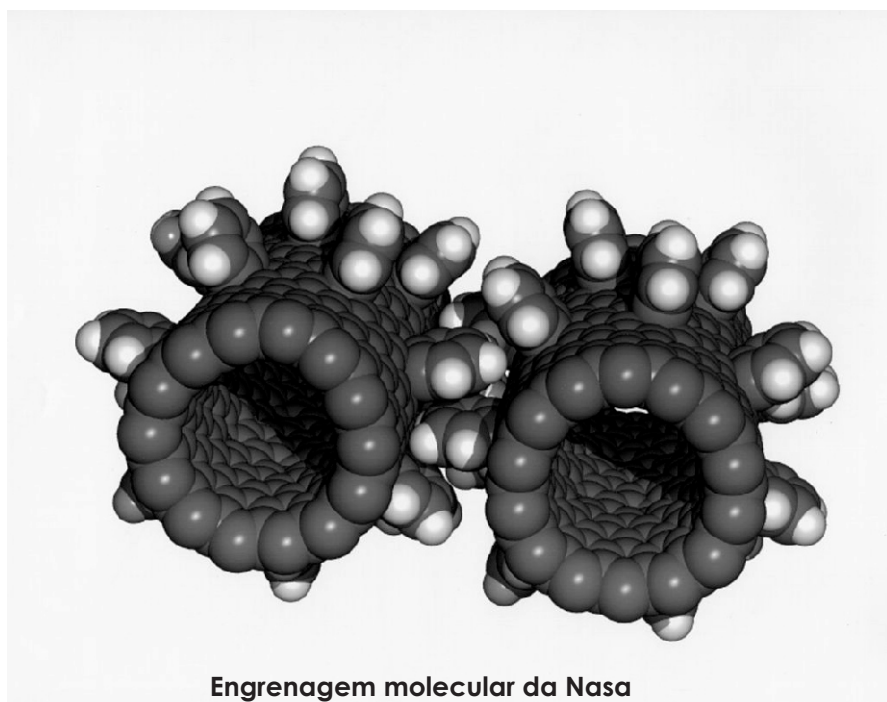
A seguir, a RQI perguntou aos entrevistados *quais são, em suas visões, as grandes oportunidades (tendências) de desenvolvimento para o futuro próximo considerando a realidade brasileira?*

Elsa assinala que "O Brasil está inserido no mundo globalizado, mas infelizmente o nosso país não elabora planos, programas de governo e

planejamento em uma visão de longo prazo, como ocorre nos países desenvolvidos. Esta falta de planos, pode comprometer o nosso futuro na área da inovação, pois é uma área que precisa incentivos do governo para modernizar o país”.

E complementa “Algum investimento foi realizado na pesquisa com Nanotecnologia tanto é que muitas empresas se desenvolveram em anos recentes, mas ainda é muito pouco. A difícil situação político-econômica que atravessa o Brasil neste momento está dificultando a pesquisa e o desenvolvimento do país, os poucos avanços que vêm ocorrendo são realizados pela iniciativa privada.

Por exemplo, o Brasil possui uma das maiores reservas de terras raras do planeta (em torno de 3,5 bilhões de toneladas), e praticamente não explora estes recursos minerais. As terras raras são 17 elementos, que são utilizados em superimãs como o neodímio, nas telas de *tablets* e celulares, como catalisadores na produção de gasolina em painéis solares e em muitos outros setores. A China domina o mercado e é responsável por 95% da produção. No Brasil já existem vários grupos de pesquisas em terras raras, mas está na hora de atrair investimentos para a produção e para isto é necessário um plano estratégico”.



Marcus Vinícius complementou: "Nesse âmbito vejo a necessidade de alteração significativa do perfil de nossa balança comercial que hoje está baseada em *commodities*. Ou seja, para comprar um kg de tecnologia embarcada, vendo muitas toneladas de grãos". E continuou: "A P&D no Brasil possui apoios importantes – Agências, Bancos, Parques Tecnológicos, Incubadoras etc. – com mecanismos que se consolidaram ao longo das últimas décadas. Esses ciclos que atravessamos com maior ou menor intensidade, oscilando o vigor do apoio às atividades de P&D, são característicos das adequações necessárias à germinação do modelo que melhor se ajustará às demandas do Ambiente 21. As perspectivas são excelentes, principalmente se aplicarmos bem os recursos em pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental".

Focando especificamente em meio-ambiente, a RQI perguntou *quais são os maiores desafios para se alcançar a chamada sustentabilidade ambiental?*

Marcus Vinícius acredita que "As oportunidades nesse âmbito são várias e, a maioria delas, centradas na correção dos danos causados pelo desenvolvimento industrial que por décadas descartou tudo no meio ambiente. Optamos por estabilizar e descartar ao invés de imobilizar e aproveitar – um equívoco que nos custará caro! Esse é o maior desafio... Limpar o planeta!".

Elsa prosseguiu: "Em primeiro lugar focar na educação ambiental, no resgate de valores éticos, morais e culturais, pois sustentabilidade é um conceito que está relacionado com a forma de intervenção do homem com o meio ambiente. Incentivar a produção respeitando os princípios ambientais, minimizando os danos ao meio ambiente, utilizando tecnologias e materiais ecologicamente corretos. Muitas ações vêm sendo tomadas como por exemplo, o aumento do uso

da energia solar em detrimento da energia fóssil. O uso dos carros elétricos irá aumentar gradativamente, e haverá uma redução dos carros movidos a gasolina, são algumas ações em favor da sustentabilidade ambiental".

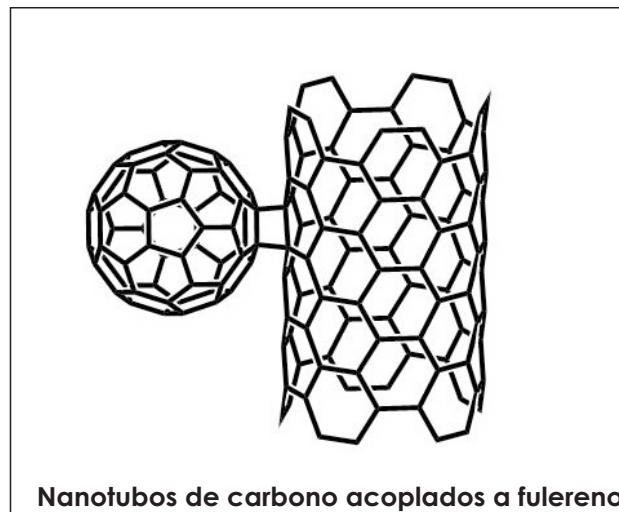
Considerando que muitos cidadãos têm dúvidas ou desconhecem o papel desempenhado hoje pela Química, a RQI indagou sobre *como o cotidiano das pessoas pode ser afetado pelas novas tecnologias que se apresentam a todo instante*.

De acordo com Elsa, "A tecnologia mudou a vida das pessoas, como o desenvolvimento de máquinas que ajudaram nas tarefas domésticas, na agricultura e na indústria. As inovações têm causado muitas mudanças na vida dos seres humanos, inclusive no comportamento. Antigamente as pessoas se comunicavam através de cartas, hoje em dia com a Internet, se comunicam instantaneamente através de vários aplicativos, no computador, *tablets* ou telefones celulares. A tecnologia da informação desenvolveu vários programas amplamente utilizados pela humanidade. Até 2020 surgirão *apps* que poderão analisar a expressão facial de uma pessoa e dizer se ela está mentindo, e será muito útil para a polícia. As inovações mudam o modo como as pessoas vivem e enxergam o mundo".

Marcus Vinícius ponderou que "Esse cotidiano, frente ao conceito de Ambiente 21, não deixará de ser alterado de forma acelerada. A diferença entre como nossos avós enfrentaram as inovações e como nós as enxergamos não está nas inovações em si, mas na velocidade como elas estão surgindo. Essa velocidade – nova fronteira organizacional – nasceu da colaboração em rede em nível global. Estamos iniciando o aprendizado de que é possível unir destino e desejo".

A RQI procurou saber *quais são as contribuições que a Química pode propiciar para um desenvolvimento em conjunto com outras áreas do conhecimento?*

Para Elsa, "A Química está presente em todas as áreas do conhecimento e atualmente é possível



citar vários exemplos da aplicação da Química, na agricultura que começou com o uso de fertilizantes e herbicidas, atualmente se usam herbicidas seletivos, só matam as plantas indesejáveis.

Na Medicina a Química ajuda nos diagnósticos, análises clínicas, cirurgias, medicamentos, diagnósticos por imagem, fotoimunoterapia, radioterapia, uso de biopolímeros, e inúmeras outras aplicações. A Química se juntou com a Biologia para formar a Bioquímica. As nanopartículas estão sendo utilizadas em vários produtos, como cosméticos, tintas, vestuário, medicamentos e tantos outros. No futuro, muito outros produtos serão desenvolvidos com a ajuda da Química".

Marcus Vinícius apresentou uma figura (na página seguinte), de uma palestra de autoria de *Dallas Kachan Managing Partner With Jeff Wen, Shannon Payne and Megan Amaral Kachan & Co.* (2012), na qual se demonstram as diversas possibilidades de, em conjunto com outras áreas do conhecimento, induzir fortemente a maciça geração de tecnologias limpas ainda nesse primeiro quarto de século XXI. São oito as áreas abrangidas: energia limpa, armazenamento de energia, eficiência, transporte, ar e meio-ambiente, indústria limpa, água e agricultura, nas quais a química tem papel primordial a desempenhar ou em desenvolvimento.

The cleantech sector can be categorized as spanning eight over-arching energy, manufacturing, environmental and resource categories



Source: Kachan & Co., 2012

Na área do ensino e formação dos profissionais, a RQI perguntou aos entrevistados *como focar em um curso de química (e áreas afins) o tema do desenvolvimento tecnológico multidisciplinar.*

Marcus Vinícius afirma que "A reestruturação de cursos de química com foco em empreendedorismo e transdisciplinaridade, focalizando, por exemplo, as oportunidades em tecnologias limpas (citadas acima), é uma forma de contribuir significativamente para alterar o cenário apresentado na tabela abaixo. Os percentuais de

empresas industriais brasileiras que inovam em produto novo para o mercado nacional ou processo novo para o setor no Brasil são ridículos. Ou seja, se não há cultura de inovação, pouco adiantará disponibilizar rios de recursos, mesmo subvencionados... Nada se alterará!"

Segundo Elsa, "Este é um grande desafio que as universidades e os cursos técnicos enfrentarão e já deveriam estar modificando os seus currículos, pois as mudanças que vêm ocorrendo na área tecnológica estão distanciando a academia da indústria.

Faixas de pessoal ocupado	Taxa de inovação					Produto novo para o mercado nacional					Processo novo para o setor no Brasil				
	2001 a 2003	2003 a 2005	2006 a 2008	2009 a 2011	2012 a 2014	2001 a 2003	2003 a 2005	2006 a 2008	2009 a 2011	2012 a 2014	2001 a 2003	2003 a 2005	2006 a 2008	2009 a 2011	2012 a 2014
De 10 a 29			36,9					3,3					2,0		
De 30 a 49	31,1	28,9	35,2	33,8	33,4	2,1	2,1	3,2	2,7	2,6	0,7	0,9	1,6	1,2	1,8
De 50 a 99	34,9	40,6	40,1	38,6	45,4	2,3	3,7	4,6	4,4	5,4	0,8	1,2	2,2	3,9	3,3
De 100 a 249	43,8	55,5	43,0	43,4	50,8	3,9	6,5	6,4	7,6	8,8	1,7	3,8	3,1	5,4	6,3
De 250 a 499	48,0	65,2	48,8	52,3	55,7	5,8	9,4	9,0	12,5	12,9	3,4	6,1	4,5	9,0	7,5
Com 500 ou +	72,5	79,2	71,9	55,9	65,7	26,7	33,4	26,9	20,8	24,3	24,1	27,1	18,1	16,4	16,7
Total	33,3	33,4	38,1	35,6	36,4	2,7	3,2	4,1	3,7	3,8	1,2	1,7	2,3	2,1	2,6

Participação percentual de empresas industriais nacionais que implementaram inovações, por faixa de pessoal ocupado, ao longo do período de 2001 a 2014, de acordo com a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica
Fonte: Adaptado de IBGE (2005; 2007; 2010; 2013; 2016)

Os cursos de Química, além dos conceitos básicos necessários na formação do profissional, tem que pensar na interação entre a Química e as demais disciplinas, para que o estudante desenvolva novos produtos para resolver problemas reais e também novos negócios que ajudarão a humanidade no futuro. Grandes reestruturações devem programadas para acompanhar as inovações que estão ocorrendo.

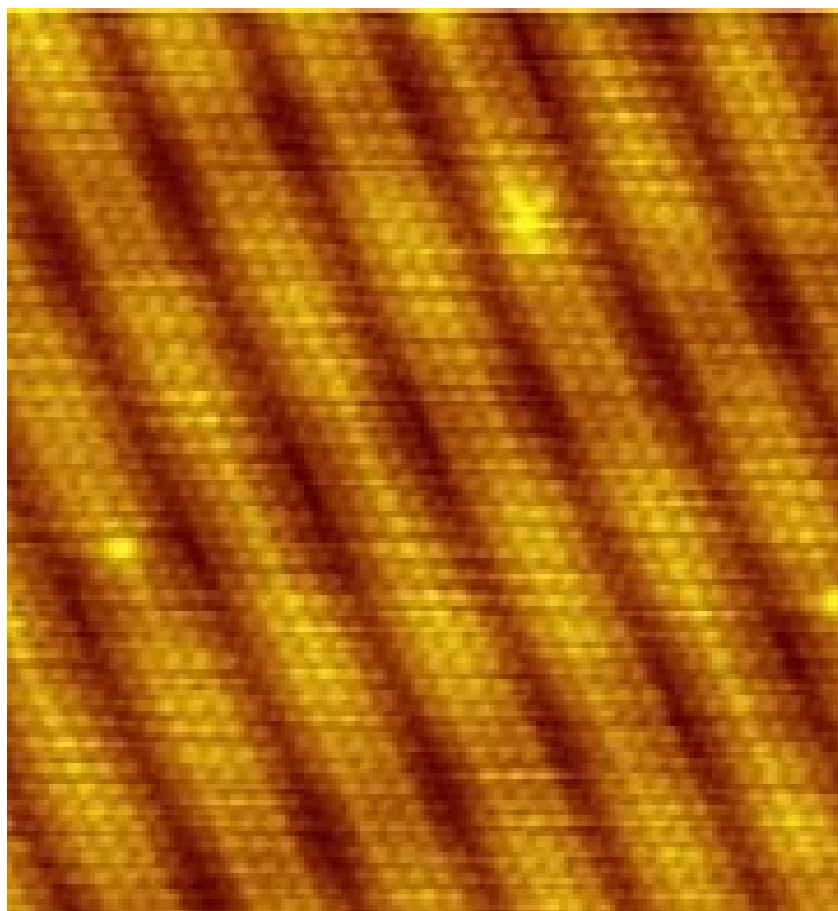
A educação está mudando, a escola estará em qualquer lugar, com a Internet e o *smartphone*, qualquer pessoa terá acesso à educação. 70% da humanidade possuirá um telefone celular em 2020, e poderá acessar, através do ensino a distância, a qualquer universidade do mundo, desde que possua um cartão de crédito e seja fluente em Inglês".

A RQI, por fim, pediu aos entrevistados que deixassem uma mensagem final aos seus leitores.

Para Marcus Vinícius, "Trabalhem... Não importa o que nos assombre a cada dia que acordamos. Trabalhem... E se perguntem

sistematicamente: *O que é impossível hoje para mim (ou para minha empresa) que se fosse possível mudaria radicalmente o "que" e o "como" fazemos?"*, referindo-se à afirmação de Joel Barker futurista norte-americano.

Para Elsa, "A mensagem que eu deixo para os leitores da RQI é que deverão olhar para o futuro e focar em novas ideias, pois 70 a 80% dos empregos que existem hoje, desaparecerão, mas novos postos de trabalho surgirão. Deverão ter clareza de qual deverá ser seu posicionamento frente às megatendências mundiais que são necessárias para a construção do futuro desejado e estarem preparados para as novas oportunidades que serão muito inovadoras".



Camada de ouro por meio de microscopia de tunelamento

NOTAS DO EDITOR

→ Os entrevistados podem ser contatados por meio de seus endereços eletrônicos:

Elsa Lesaria Nhuch:

enhuch@gmail.com

(<http://lattes.cnpq.br/6184938646864454>)

Marcus Vinícius de Araújo Fonseca:

vfonseca@labrinto.coppe.ufrj.br

(<http://lattes.cnpq.br/7722873668622044>)

→ A figura da palestra de Kachan & Co. pode ser encontrada no portal <http://www.kachan.com/content/two-years-later-revisiting-taxonomy-cleantech>

→ Para consultar dados do IBGE sobre inovação tecnológica, acesse http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=33

PUC-Goiás sedia o 10º Encontro Nacional de Tecnologia Química abordando o tema “Tecnologia química e recursos naturais”

Estevão Freire
EQ-UFRJ, Presidente do 10º ENTEQUI



Na 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC, em Paris, foi estabelecido um acordo com o objetivo de dar uma resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças. Existe uma relação intrínseca entre as ações, as respostas e os impactos da mudança do clima e o acesso equitativo ao desenvolvimento sustentável e à erradicação da pobreza (veja o texto completo em <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>).

Cada parte deve empreender processos de planejamento e adotar seis medidas como o desenvolvimento ou fortalecimento de planos e políticas; entre elas estão o desenvolvimento da resiliência de sistemas socioeconômicos e ecológicos, por meio da diversificação econômica e da gestão sustentável de recursos naturais. As Partes são também encorajadas a adotar medidas para implantar e apoiar políticas e incentivos para atividades relacionadas à redução de emissões por desmatamento e degradação florestal, manejo sustentável de florestas e aumento dos estoques de carbono florestal nos países em desenvolvimento. Cerca de 50% do Produto Interno Bruto brasileiro depende da biodiversidade, o que demanda a adoção de novos

padrões de sustentabilidade, bem como a busca por meios eficazes de preservar os recursos naturais, dos quais depende a nossa economia e o crescimento sustentável do país. A promoção do desenvolvimento sustentável é uma das linhas básicas política ambiental do Ministério do Meio Ambiente (este Ministério criou o programa Agenda Ambiental na Administração Pública - A3P).

Uma maneira de reduzir a utilização ou exploração desordenada de recursos naturais no Brasil é o aproveitamento energético de resíduos da agricultura e da pecuária, o que permite a utilização de fonte de energia limpa, sustentável e, potencialmente economicamente atrativa, além de agregar valor às cadeias produtivas de base rural. Por exemplo, a bioeletricidade é obtida principalmente através da cogeração em unidades dos segmentos industriais sucoenergético e, em menor escala, de papel e celulose, tendo como fonte os lixiviados (veja em Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica, de Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). –EPE: Rio de Janeiro, 2016).

O Encontro Nacional de Tecnologia Química – ENTEQUI, nesta décima edição teve como objetivo congrega pesquisadores e empresários de instituições goianas e de outros estados do Brasil para discutir aspectos relacionados à gestão sustentável dos recursos

naturais e tecnologias aos desafios econômicos e ambientais de diversas tecnologias limpas com potencial de crescimento em nosso país.

O evento teve a promoção e realização conjunta da ABQ com a Regional Goiás (ABQ-GO), além de patrocínio e apoio das seguintes instituições: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica de Goiás (IFG), Instituto Federal Goiano (IFGO), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Estadual de Goiás (UEG), Universidade de Brasília (UnB), Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-Goiás) e Conselho Regional de Química da 12ª Região.

O 10º ENTEQUI foi realizado nos dias 4 a 6 de setembro de 2017 na cidade de Goiânia, no Auditório 3 da PUC-Goiás, e foi composto de seis palestras, duas mesas redondas, duas sessões de pôster e duas sessões de comunicações orais, que abordaram o tema “Tecnologia Química e Recursos Naturais”. A Comissão Científica foi



Mesa de abertura

presidida pelo prof. Sergio Botelho de Oliveira, do IFG e ABQ-GO, e a Comissão Organizadora pelo professor Marcos dos Reis Vargas, do IFG e ABQ-GO.

116 participantes tomaram parte nas atividades, e houve 45 apresentações de trabalho, divididos em sessões oral e pôster. O Encontro teve seu início na tarde do dia 4 com o minicurso “Química de Produtos Naturais” ministrado pelo Prof. Dr. Paulo Sergio Pereira do IF Goiano–Campus Rio Verde.

No mesmo dia, à noite, ocorreu o início oficial do evento, estando presentes à mesa de abertura (foto acima) o presidente nacional da ABQ, Engenheiro Químico Robério Fernandes Alves de Oliveira; o presidente da ABQ-GO, Prof. Marcos Reis Vargas; o presidente do evento, Prof. Estevão Freire; a Diretora da Escola de Ciências Exatas e da Computação da PUC-Goiás, Profª. Mírian Sandra Rosa Gusmão; e Jefferson Dias de Araujo, da Laticínios Bela Vista, que ministrou a palestra de abertura. Nela, Jefferson discorreu sobre tecnologias de tratamento de efluentes da empresa.

No dia 5 ocorreram as comunicações orais dos trabalhos selecionados e as apresentações de trabalhos sob a forma de pôsteres, além de três palestras. Na primeira palestra, intitulada “Pesquisa e desenvolvimento tecnológico”, o Dr. Wagner da Silva Lima, Gerente de Inovação do Grupo Votorantim, comentou sobre a necessidade da empresa realizar inovação aberta, mostrando parcerias feitas com empresas e instituições de pesquisa. Além disso, apresentou como a empresa procede à validação de ideias para novos projetos, usando



Paulo Sergio Pereira (esq.) e Estevão Freire

como ferramentas *software* de inteligência de mercado e sistemas de controle de projetos. A segunda palestra do dia foi apresentada pela professora Sarah Silva Brum, da Universidade de Brasília, cujo título foi “Desenvolvimento de tecnologias visando a sustentabilidade”. A pesquisadora abordou alguns princípios da química verde e algumas ferramentas métricas como o fator E, que auxiliam a quantificar a sustentabilidade de um processo. Além disso, mostrou a importância do pré-tratamento da biomassa para proceder ao desenvolvimento de produtos competitivos em uma biorrefinaria.

As atividades do dia foram encerradas com a mesa redonda que teve como tema “Como explorar os recursos naturais de forma sustentável”, sendo composta pelo Engenheiro Celso Flávio da Silva, da Vitalife Cosméticos, o professor Estevão Freire, da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e o professor Wilson Mozena Leandro, da Universidade Federal de Goiás. As discussões foram moderadas pelo presidente da ABQ, Robério Fernandes Alves de Oliveira. Celso enfatizou a importância dos aspectos sociais na sustentabilidade de processos e produtos, Estevão mostrou as relações entre reciclagem e sustentabilidade e a análise de ciclo de vida como ferramenta útil para quantificar o grau de sustentabilidade de processos, bem como a interligações entre os diversos recursos naturais. Por último, Wilson apresentou aspectos tecnológicos relacionados ao aproveitamento de recursos naturais.

No último dia do evento ocorreram sessões orais e de pôster, além de três palestras e uma mesa redonda. A primeira palestra, ministrada pelo prof. Estevão Freire, intitulada “Recursos naturais no contexto da bioeconomia”, abordou os diferentes conceitos sobre bioeconomia e termos correlatos e a importância das matérias primas renováveis e os processos biotecnológicos que tem direcionado esforços em P&D em novas rotas tecnológicas.

Seguiu-se a palestra “Desenvolvimento instrumental para aplicações analíticas e bioanalíticas em microsistemas”, ministrada pelo professor Wendell Karlos Tomazelli Coltro, da Universidade Federal de Goiás. O professor enfatizou o uso de dispositivos microfluídicos



em materiais com custo "quase zero" e dispositivos analíticos via impressão 3D. Em seguida, ocorreu a palestra intitulada “Reaproveitamento de resíduos agroindustriais para produção de materiais poliméricos e biocombustíveis”, ministrada por Daniel Pasquini, da Universidade Federal de Uberlândia. Daniel enfatizou a química das biomassas lignocelulósicas para a produção de produtos poliméricos.

O evento terminou com a mesa redonda intitulada “Gestão de qualidade e a sustentabilidade ambiental”, tendo como participantes o Engenheiro Cesar Fonseca, da IGMetro Engenharia, o professor Marcos Roberto Teixeira Halasz, da FAACZ e do CRQ-XXI, e o Engenheiro Químico Robério Fernandes Alves de Oliveira, presidente da ABQ. O moderador foi o professor Sergio Botelho de Oliveira, do IFG.

Como conclusão, o Brasil possui uma grande biodiversidade de onde as biomassas, matérias primas de fonte renovável, sejam primárias ou secundárias podem ser utilizadas para a produção de produtos químicos, além de energia. A gestão e manejo sustentável dos recursos naturais fará a diferença na competitividade dos produtos obtidos. O evento mostrou diversas pesquisas que vem focalizando o desenvolvimento de rotas tecnológicas para a obtenção de produtos a partir do conceito de biorrefinarias, corroborando a vocação brasileira para este setor.

O Encontro Nacional de Tecnologia Química - ENTEQUI passa a ser um evento bianual, ocorrendo nos meses de setembro dos anos ímpares. Assim, o 11º ENTEQUI será realizado em 2019 na cidade de Teresina, em parceria da ABQ com a Regional Piauí.

Gramado vive e respira Química

A comunidade química se reunirá de 23 a 27 de outubro de 2017 no Rio Grande do Sul, mais precisamente na cidade de Gramado.

O mais antigo evento do setor no Brasil é também, neste ano de 2017, o maior evento nacional da Química.

Estamos nos referindo ao 57º Congresso Brasileiro de Química - CBQ. A programação terá como eventos paralelos a XXX Jornada Brasileira de Iniciação Científica em Química, a XVIII Feira de Projetos de Química - FEPROQUIM, a XXV Maratona de Química, e a Expoquímica'2017 - *show room* de serviços e produtos.

Quando do fechamento dessa matéria, em início de setembro, o congresso havia registrado 2238 pré-inscritos com mais de 1300 confirmados, sendo que o *deadline* de pagamentos das pré-inscrições seria em 1º de outubro. Com base nestes números e a experiência de 28 anos na organização do CBQ, o Gerente de Eventos da ABQ, Administrador Celso Augusto C. Fernandes, projeta uma participação entre 1700 e 1900 pessoas. Diz ele: «Estamos recebendo do Gramado Convention e Visitors Bureau os números de que a cidade está praticamente fechada para o congresso. Hotéis, pousadas e aparts estão com poucas unidades restantes, e já existem casos de caravanas que optaram por ficar em cidades ao redor de Gramado». E completa: «A estatística do evento nos diz que com esses parâmetros, teremos dos pré-inscritos a confirmação entre 65 e 70%. Espetacular para o

momento de crise econômica e financeira por que passa o país».

O CBQ 2017 tem como tema central Megatendências: Desafios e oportunidades para o futuro da Química.

A palestra de abertura discutirá o tema. Será seu ministrante o Dr. Peter Konstom, Diretor do Copenhagen Institute for Studies Latin America. Perguntado sobre qual a importância das megatendências na vida das pessoas, Peter respondeu assim: «*Tem importância na vida daqueles que tem interesse em saber como pode ser o futuro e quer se preparar melhor. As megatendências são uma excelente fonte de inspiração para inovação, tanto para pessoas como para empresas».* (Ver matéria sobre o tema nesta edição, página 15).

O CBQ terá a apresentação de outros três convidados internacionais: Michel Winnik, da Universidade de Toronto no Canadá, que falará sobre «O uso de polímeros quelantes de metais em aplicações biomédicas»; Jose Maria Fresno Baro, da Universidade de León na Espanha, que falará sobre «A importância dos micro-organismos na elaboração de produtos lácteos naturais biofuncionais»; Damiá Barceló Culleres, da Universidade de Barcelona na Espanha, que falará sobre «Uso da Cromatografia a Líquido acoplada à Espectrometria de Massas de Alta Resolução (HPLC-HRMS) para a detecção de fármacos e seus produtos de degradação em amostras de água».





Centro de Eventos da FAURGS, em Gramado. O local é muito bem estruturado e permitirá aos participantes terem conforto e espaços para um excelente congresso.

A programação ainda terá outras onze palestras científicas e técnicas. Podemos citar entre seus ministrantes Hélder Eterno da Silveira, da Universidade Federal de Uberlândia; Adriana Raffin Pohlmann, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Rochel Montero Lago, da Universidade Federal de Minas Gerais; Érico Marlon de Moraes Flores, da Universidade Federal de Santa Maria; Marcia Pires Fortes Ferreira, da Braskem; Sidney José Lima Ribeiro, da Universidade Estadual de São Paulo; Sergio Luis Costa Ferreira, da Universidade Federal da Bahia; Ernesto Chaves Pereira de Souza, da Universidade Federal de São Carlos; Magda Beretta, da Universidade Federal da Bahia; Fábria Marcondes, da BASF.

Serão realizadas três mesas redondas sobre «Startup: Modelo de negócio inovador»; «Educação: Novas tecnologias para o ensino da Química»; «Desenvolvimento de produtos e seus desafios». Completarão o programa científico 12 cursos, 11 sessões de pôsteres e 8 sessões de comunicações orais. Dos cursos, 4 já se encontram fechados, sem vagas, sendo que os 2 mais procurados de imediato foram «Imersão no universo do vinho através da química» e «Química forense».

O CBQ recebeu 1658, trabalhos

tendo 1488 trabalhos aceitos. A área que mais recebeu foi Educação/Ensino de Química e em segundo lugar, Ambiental.

O congresso recebeu patrocínio da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, FAPERGS - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, Renner Herrmann S.A., CFQ - Conselho Federal de Química/Conselho Regional de Química-5ª Região, SINDIQUIM - Sindicato das Indústria Químicas do Estado do Rio Grande do Sul, ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química.

A programação completa pode ser vista em <http://www.abq.org.br/cbq/programa.html>.

Para pré-inscrições, até 1º de outubro, acesse <http://www.abq.org.br/cbq/inscricoes.html>.



Sessões de pôsteres, sempre um dos pontos altos do CBQ

Aconteceu na RQI ...

Há 75 anos atrás (Ano 11, número 125, setembro de 1942)

BORRACHA SINTÉTICA

(por Jayme da Nóbrega Santa Rosa, Editor)



(...) Não há o que temer. A produção de borracha silvestre, que extraímos, não chega a constituir uma vultosa riqueza; temos borracha como generosa dádiva da terra.

A era em que estamos é a do império da tecnologia. Não precisamos ficar na dependência de fatores naturais. Devemos ter capacidade, cumprindo desenvolvê-la cada vez mais, para resolver as pequenas e grandes questões de nossa vida industrial. Podemos encarar, confiantes, o futuro quanto à borracha sintética, pois dispomos de matéria-prima econômica para sua fabricação em larga escala: o álcool etílico, base ampla para a fundação de sua indústria de borracha sintética. (...) Se em quarenta anos de debates e expectativas nada praticamente nos interessou fazer em matéria de cultura racional permanente de plantas fornecedoras de gôma elástica, não será demais que nos preparemos para enfrentar o fantasma da borracha sintética, fabricando-a também.

A LUTA PELO COMBUSTÍVEL

(por Gustavo Egloff)

A American Chemical Society reuniu-se na semana de 18 de abril de 1942 em Memphis, EUA, tendo sido apresentados mais de 300 trabalhos sobre álcool, petróleo, açúcar, plásticos, saúde pública etc. - número pequeno de contribuições em relação a "meetings" anteriores, porém compreensível nesta situação de guerra em que muitos químicos estão trabalhando em serviços cuja divulgação não se pode fazer agora. (...) O desenvolvimento de combustíveis substitutos, obtidos pelos desejos nacionalistas de vários grupos, mostrou o caminho para a utilização de vários recursos indígenas quando o principal combustível não se encontra. É particularmente importante na economia do mundo em guerra, a perspectiva de se empregarem em motores de explosão combustíveis substitutos; para o futuro, este esforço será um índice de capacidade de nações com falta de fontes petrolíferas. Muito embora combustíveis tais como gases comprimidos e chisto, não sejam tão valiosos na arte militar como os líquidos, são aqueles usados pelas populações civis em automóveis, "omnibus", caminhões e barcos que queimam lenha e carvão. (...) No ano de 1940 foram feitos consideráveis progressos na adaptação de motores, na Europa, ao uso de substitutos, bem como na construção de fábricas para a produção de combustíveis sintéticos. (...) Estes incluem gasolina de carvão hidrogenado e das fábricas Fischer-Tropsch, benzol, gases comprimidos de fontes naturais, carvão, instalações de carbonização de carvão, fábricas de gás de iluminação e de esgotos. Outros substitutos, na escala de importância, são álcoois, lenha, carvão, coque, amônia e acetileno. (...) Sem dúvida, o mais notável desenvolvimento nesse assunto foi a utilização do gás oriundo das estações de tratamento de esgotos. Na Suécia, como em outros países, o progresso é acentuado a esse respeito. O gás do esgoto, como chega da estação, contém 64% de metano e 35% de anidrido carbônico. (...)

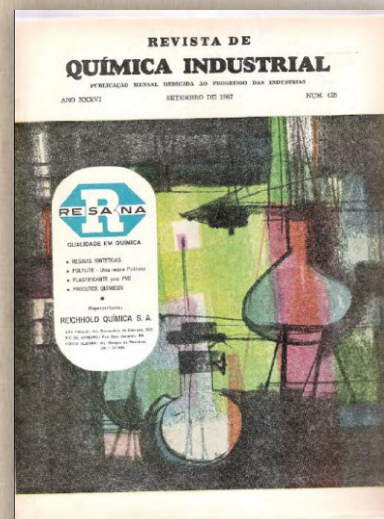
Aconteceu na RQI ...

Há 50 anos atrás (Ano 36, número 425, setembro de 1967)

DETERMINAÇÃO SEMI-QUANTITATIVA DE BORO

(por Jorge de Oliveira Meditsch,
da Escola de Engenharia de Porto Alegre)

O boro, após sua separação como borato alcalino e acidificação com ácido clorídrico, é capaz de ser determinado imergindo-se papéis de filtro impregnados com cúrcuma na solução obtida e medida, após 24 h, à temperatura ambiente, ou após 3 h a 35°C, da altura da coloração vermelha obtida. Tal é o processo apresentado por Scott (1). Com tal maneira de proceder, são determináveis 0,005 a 0,100 mg de B₂O₃ em 100 mL de solução. Com a finalidade de abreviar o tempo necessário para a determinação do boro, desenvolvemos o processo que a seguir será descrito. (...)



NOVO PROCESSO DE OXIDAÇÃO DA CICLO- HEXANA

Importante fator no gigantesco aumento da produção mundial de ciclohexana foi revelado recentemente pela Scientific Design Company, Inc. O processo de oxidação da ciclohexana, elaborado por esta companhia, e recentemente comercializado, consumirá por si quase 1,5 mil milhões de libras de ciclohexana por ano. Os intermediários-chave do processo serão utilizados para fabricar grande parte da produção mundial de nylon. A tecnologia cobre uma área tão extensa que 1073 pedidos de patente de invenção já foram registrados no mundo inteiro. (...)

Para o desenvolvimento do Brasil o problema a resolver é o homem

(por Jayme da Nóbrega Santa Rosa, Editor)

Nestes últimos anos, em nosso país, um dos assuntos que mereceram maiores comentários na imprensa e deram motivo a um sem número de relatórios oficiais, a discursos de políticos, foi o do desenvolvimento econômico. (...) A base de qualquer programa deve ser a educação do homem. Depois da revolução de 1930, houve acentuada melhora de salários e de direitos sociais. A parte educativa, entretanto, foi desprezada. Hoje, a maioria da população do Brasil compõe-se de jovens. Imagine-se que situação maravilhosa teríamos agora, em matéria de trabalho, ciência e técnica, se o sistema educacional nas escolas e nos lares tivesse sido baseado em normas rígidas de instrução!

Há no mundo atual (...) o exemplo infeliz de uma juventude indisciplinada, entregue aos instintos animais, propensa ao crime, vestida com mau gosto, inculta, desabrigada, imbecil, da qual nada se pode esperar de construtivo. (...) O homem e a mulher aptos para desempenhar as variadas funções na civilização que se está processando no Brasil precisam ser educados, nos lares e nas escolas, de modo completo. Para o desenvolvimento desta nação, o maior problema à espera de solução é o da moldagem do ser humano.

Aconteceu na RQI ...

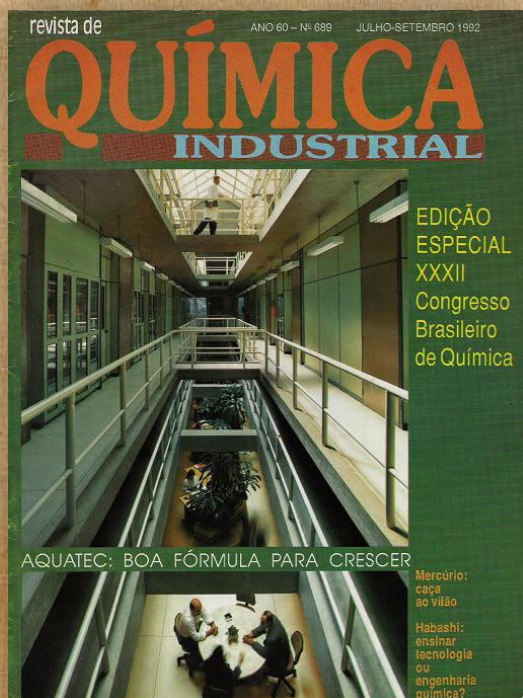
Há 25 anos atrás (Ano 60, número 689, julho a setembro de 1992)

FINEP FINANCIA SUBSTITUIÇÃO DO CFC

A FINEP está inaugurando uma linha de crédito para financiar investimentos em projetos de substituição do CFC, o principal agressor da camada de ozônio atmosférica. Os recursos fazem parte do Fundo Multilateral Interino do Protocolo de Montreal, onde se discutiu a destruição da camada de ozônio. Antes de serem aprovados, os projetos devem ser submetidos ao crivo do Grupo Técnico do Ozônio - GTO, criado por portaria ministerial no ano passado. Os empréstimos serão concedidos a fundo perdido (...). A expectativa é que o Brasil consiga US\$ 28 milhões, financiando, principalmente, as indústrias de refrigeração, espumas, solventes e química em geral.

I COREEQ INTEGRA ESTUDANTES DE ENGENHARIA QUÍMICA

Estudantes das Universidades da II Região estão promovendo o I Congresso Regional dos Estudantes de Engenharia Química - I COREEQ. O evento será realizado entre os dias 30.10 e 02.11 no campus da UFRJ, na Praia Vermelha. Os estudantes terão quatro dias de cursos, palestras e debates, além de uma exposição abordando temas na área. O I COREEQ pretende promover a troca de informações e experiências, facilitar o intercâmbio entre as diversas áreas científicas, divulgar a engenharia química, integrar alunos de diversas instituições e discutir a formação universitária, buscando avaliação profunda e correção de suas falhas.



CONVENÇÃO SOBRE ARMAS QUÍMICAS

Minuta de convenção sobre armas químicas foi finalizada, em julho último, em Genebra, após 24 anos de negociações. (...) Embora o objetivo declarado da convenção seja o de destruir as armas químicas já existentes, bem como inibir a sua produção, tópicos como o regime de inspeção às unidades fabris e a inclusão de restrições ao comércio de produtos aí classificados estão gerando preocupações, uma vez que afetam diretamente as indústrias químicas pela colocação de barreiras ao livre comércio de insumos e tecnologia.

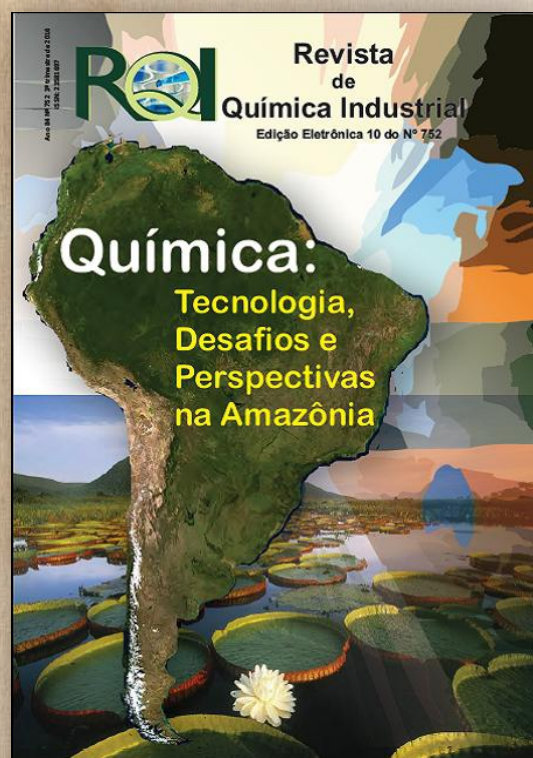
Nos seus 24 artigos, a proposta define armas químicas como todas as substâncias químicas tóxicas e seus precursores, excetuando os casos onde são utilizados para propósitos não destrutivos, aí incluídos aplicações industriais, médicas, pesquisas, agricultura, mesmo assim sob regime de controles, justificativas e licenças. (...)

Aconteceu na RQI ...

Há 1 ano atrás (Ano 84, número 752, 3º trimestre de 2016)

CHAPTER SE FAZ PRESENTE EM EVENTO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA EM MATERIAIS

De 25 a 29 de setembro passado, ocorreu em Campinas (SP) a 15ª edição do Encontro Anual da SBPMat, evento que teve o apoio do Chapter (ACS Brazil International Chemical Sciences), contando com cerca de 2 mil participantes. A Profa. Cátia Ornelas, do Instituto de Química da UNICAMP e Diretora do Chapter, participou desse encontro, não apenas como conferencista convidada, mas também como representante do Chapter. (...) Com a ajuda de Denise Ferreira, do CAS, foram concedidos cinco prêmios de 500 reais para as melhores apresentações de alunos. Os premiados receberam certificados seguindo o padrão ACS. Na cerimônia de encerramento, Cátia Ornelas fez a entrega dos prêmios, falando ainda sobre a ACS e o Chapter para a plateia. A sala estava lotada para a cerimônia de encerramento (...). O Prof. Paul Weiss, editor da ACS Nano, também teve uma ótima audiência na sua conferência plenária e na sessão *meet with the editors*, onde ele apresentou o ACS Nano. Ele demonstrou seu contentamento por saber que o Chapter da ACS realiza atividades aqui no Brasil.



QUÍMICA: TECNOLOGIA, DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA AMAZÔNIA

(pela Profa. Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade, pesquisadora da Coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi e Professora da Universidade Federal do Pará.)

A imensa e ainda inexplorada região amazônica, com certeza esconde muitas surpresas relativas a diversos segmentos. O fato de sermos privilegiados com relação a diversidade ambiental, sendo que muitos de nós, ou melhor, a maioria desconhece a importância que a floresta Amazônica nos reserva, e provavelmente nem somos capazes de interpretar e compreender tudo que nos cerca.

Com relação aos produtos naturais extraídos das plantas, as instituições amazônicas estão empenhadas na exploração da potencialidade de produtos bioativos nas diversas áreas do conhecimento. Desde os primórdios, as diferentes civilizações já utilizavam os produtos naturais para a cura de enfermidades e alimentação. Atualmente, cerca de 60% dos agentes antitumorais e antibióticos disponíveis no mercado ou em estágios de avaliação clínica são de origem natural. Na última década, cerca de 500 entidades químicas novas foram aprovadas pelas instituições reguladoras de todo o mundo. Destas, em torno de 50% são de origem natural. Considerando que o Brasil, principalmente a Amazônia, detém a maior parte da biodiversidade mundial, podemos nos beneficiar deste patrimônio natural se esforços forem envidados para a pesquisa na descoberta de novos potenciais nas linhas farmacêuticas, alimentícias, cosméticas etc. desta biodiversidade.

AGENDA

Eventos Nacionais

VII Encontro da Escola Brasileira de Química Verde
Rio de Janeiro, RJ, 9 e 10 de outubro de 2017
Info: www.eebqv.wordpress.com

57º Congresso Brasileiro de Química - CBQ
Gramado, RS, 23 a 27 de outubro de 2017
Info: www.abq.org.br/cbq

8º Simpósio Internacional de Gerenciamento de Resíduos em Universidades - ISRMU
Campina Grande, PB, 25 a 27 de outubro de 2017
Info: www.8isrmu.ufcg.edu.br

XIX Simpósio Brasileiro de Química Teórica
Águas de Lindóia, SP, 12 a 17 de novembro de 2017
Info: www.facebook.com/XIXSBQT2017/

5º Encontro Brasileiro sobre Especificação Química
Águas de Lindóia, SP, 10 a 13 de dezembro de 2017
Info: <http://www.unesp.br/portal>

1ª Escola de Modelagem Molecular da Unesp Araraquara
Araraquara, SP, 9 a 13 de janeiro de 2018
Info: facte.com.br/escola-de-modelagem-molecular-da-unesp-araraquara-1a-emunesp/

Seminário de Educação a Distância
Goiânia, GO, 8 a 10 de março de 2018
Info: www.ciar.ufg.br
Trabalhos: 15 de dezembro

Eventos Internacionais

IX Colombian Congress of Chromatography
Cartagena de Indias, Colombia, 25 a 29 de setembro de 2017
info: www.silae2017.com

3rd Iberoamerican Conference on Advanced Oxidation Technologies (III CIPOA)
Medelin, Colombia, 14 a 17 de novembro de 2017
Info: www.cipoa2017.com

Chemistry Conference for Young Scientists (ChemCYS 2018)
Floreal Blankenberge, Belgica, 21 a 23 de fevereiro de 2018
info: <http://www.chemcys.be>

BBC Brazil 2018 International Conference
Sorocaba, SP, 10 a 12 de abril de 2018
info: www.bbcbrasil.com.br

Polymers and Organic Chemistry 2018 (POC 2018)
Palavas Les Flots, França, 3 a 7 de junho de 2018
info: <http://poc2018.enscm.fr>

World Polymer Congress MACRO18
Cairns Queensland, Australia, 1 a 5 de julho de 2018
info: <http://www.macro18.org>

25th International Conference on Chemistry Education (ICCE 2018)
Sydney, Australia, 10 a 14 de julho de 2018
info: <http://www.icce2018.org/>



Associação Brasileira de Química

Utilidade Pública Federal: Decreto nº 33.254 de 08/07/1953
Tel/fax: 21 2224-4480 - e-mail: secretaria@abq.org.br

www.abq.org.br

ÍNDICE

- 34** **Avaliação da adição de fertilizante, resíduos agrícolas e sulfato férrico na biolixiviação de minério primário de níquel**

Evaluation of the addition of fertilizer, agricultural waste and ferric sulphate on the bioleaching of primary nickel ore

- 43** **Application of strong basic anion exchange resins for pre-concentration, fractionation and recovery of noble metals**

Emprego de resinas trocadoras de ânions fortemente básicas para pré-concentração, fracionamento e recuperação de metais nobres

- 52** **Degradação redutiva, fenton e foto fenton no tratamento de efluente de condicionador capilar e filtro solar**

Reductive degradation, fenton and photo- fenton in the treatment of hair conditioner and sunscreen

- 66** **Adsorbent produced by alkaline treatment of coconut coir**

Adsorvente produzido por tratamento alcalino de fibra de coco

Avaliação da adição de fertilizante, resíduos agrícolas e sulfato férrico na biolixiviação de minério primário de níquel

Evaluation of the addition of fertilizer, agricultural waste and ferric sulphate on the bioleaching of primary nickel ore

Ellen Cristine Giese

Coordenação de Processos Metalúrgicos e Ambientais, Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCTIC

Rio de Janeiro-RJ, Brasil

egiese@cetem.gov.br

Submetido em 16/12/2016; Versão revisada em 13/06/2017; Aceito em 03/07/2017

Resumo

A biolixiviação consiste em um processo biohidrometalúrgico de extração de metais a partir de minérios de baixos teores pela ação microbiana. O presente trabalho avaliou a influência da suplementação do minério primário de níquel (MPNi) com diferentes compostos para biolixiviação com a bactéria *Acidithiobacillus ferrooxidans* LR. A adição de lignina e bagaço-de-laranja nas concentrações avaliadas não apresentou influência significativa ($p > 0,05$) sobre a porcentagem de níquel lixiviada ao final de 25 dias do processo. A suplementação com fertilizante promoveu um pequeno aumento na extração de níquel (81,8% Ni, m/v). Através do uso de um planejamento fatorial 2^2 , com as variáveis fertilizante (x_1) e sulfato férrico (x_2), concluiu-se que a biolixiviação de MPNi por *A. ferrooxidans* LR não é favorecida pela adição de íons férricos; por outro lado, o uso do fertilizante para suprir os elementos essenciais requeridos pela atividade bacteriana mostrou-se eficaz.

Palavras-chave: biolixiviação, níquel, fertilizante, resíduos agroindustriais, sulfato férrico

Abstract

Bioleaching consists of a biohydrometallurgical process of extraction of metals from low-grade ores under microbial action. This paper evaluates the influence of supplementation of primary nickel ore with different compounds to its bioleaching using the bacterium *Acidithiobacillus ferrooxidans* LR. The addition of lignin and orange bagasse at the concentrations evaluated did not show significant influence ($p > 0.05$) on the percentage of nickel leached at the end of 25 days of the process. Fertilizer supplementation promoted a small increase in nickel extraction (81.8% Ni, m/v). Through the use of a factorial design 2^2 with the variables fertilizer (x_1) and ferric sulphate (x_2), it was concluded that the bioleaching of MPNi by *A. ferrooxidans* LR is not favored by the addition of ferric ions; on the other hand, the use of fertilizer to supply the essential elements required by bacterial activity proved to be effective.

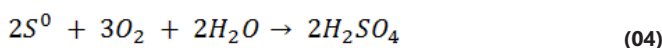
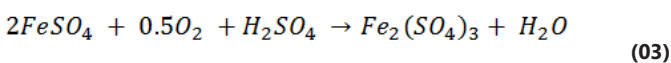
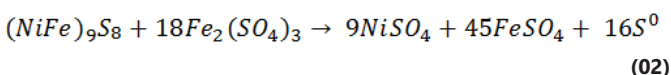
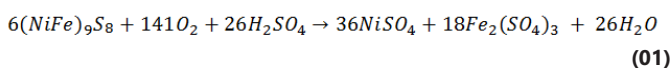
Key-words: bioleaching, nickel, fertilizer, agroindustrial waste, ferric sulphate

INTRODUÇÃO

Os metais de base, como o cobre, níquel e zinco, são bens minerais de grande importância para o setor mineralógico brasileiro. O desenvolvimento de novas tecnologias e bens-materiais cria uma demanda cada vez maior por estes elementos e acaba por provocar um esgotamento das reservas desses metais, tornando-se necessária a extração dos metais de base a partir de minérios de baixos teores assim como também de rejeitos (POLITZER e CALDAS, 1980; FRANÇA, COUTO e BORGES, 2013)

A biolixiviação é um processo microbiano de extração de metais a partir de sulfetos metálicos de baixo teor do metal de interesse pela ação de micro-organismos capazes de produzir ácido sulfúrico e agentes oxidantes, a partir dos constituintes do próprio minério a ser degradado (WATLING, 2008). Durante o processo de biolixiviação do níquel, por exemplo, bactérias acidófilas e quimiotróficas realizam a dissolução da pentlandita possibilitando a obtenção do níquel metálico de acordo com as equações abaixo (GIESE e VAZ, 2015):

Equações



No processo industrial de biolixiviação em pilha ("heap leaching"), os minerais são depositados na forma de pilha sobre uma base impermeabilizada, onde a superfície é irrigada com uma solução ácida. Esta solução percola a pilha favorecendo as reações de oxi-redução decorrentes da produção de ácido sulfúrico "in situ" e na geração de íons férrico pela atividade microbiana. Ao final do processo, o metal de

interesse é solubilizado e recuperado. A eficiência da lixiviação microbiana está condicionada a diversos fatores: disponibilidade de CO₂ e de O₂, temperatura, concentração celular, tamanho da partícula mineral, pH, Eh, entre outros (WATLING, 2008).

O uso de insumos com intuito de melhorar o processo de biolixiviação vem sendo proposto, como no caso estudos relacionados suplementação do aglomerado mineral com ácidos inorgânicos oxigenados derivados de plantas (QUIBORAX S. A., 2014) assim como também com tensoativos aniônicos como ramnolipídios e sulfonato de lignina (OLIVEIRA, 2009; JX NIPPON MINING & METALS CORPORATION, 2013).

A adição de fontes orgânicas de carbono provenientes de extrato de levedura e melão de cana, por exemplo, tem sido descritas pela possibilidade de aumentarem o crescimento de micro-organismos heterotróficos e ocasionar o aumento da temperatura das pilhas quando a fonte de carbono torna-se limitante para a atividade microbiana (BHP BILLITON S. A. LIMITED 2006, 2008). Algumas espécies quimiotróficas podem se desenvolver na presença de matéria orgânica como a bactéria *Acidianus copahuensis*, por exemplo, a qual é capaz de crescer na presença de enxofre, tetrionato, íons férrico e glicose, separadamente (GIAVENO et al., 2013).

O uso de insumos agrícolas como fontes de carbono para o crescimento microbiano e produção de metabólitos secundários vem sendo amplamente descrito na literatura. Os resíduos agroindustriais são gerados em larga escala em indústrias de beneficiamento e processamento de produtos agrícolas. Algumas vezes são reutilizados dentro da própria cadeia produtiva como fonte de energia após queima em caldeiras. Porém como são abundantes e apresentam facilidade de acesso e custo reduzido, têm sido empregados para fins mais nobres (WONG, TYAGI e PANDEY, 2016).

Dado ao exposto acima, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da lixiviação

microbiana do minério primário de níquel (MPNi) pela bactéria *Acidithiobacillus ferrooxidans* LR em frascos agitados na presença de diferentes insumos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra Mineral

Após os procedimentos de britagem, moagem e homogeneização de um minério primário de níquel (MPNi), separou-se a fração entre 100-150 µm para realização da caracterização tecnológica simplificada e experimentos em frascos agitados. As análises feitas por espectrometria de absorção atômica revelaram os teores de Ni (0,29%), Fe (11,9%) e Co (219 mg/kg). A análise anterior de MEV/EDS detectou que o Ni se encontra na forma do mineral pentlandita $[(NiFe)_9S_8]$ (GIESE e VAZ, 2015).

Insumos

O fertilizante utilizado foi o fertilizante líquido 10.10.10 (NPK) da Ultraverde. A lignina foi obtida a partir da hidrólise enzimática do bagaço-de-cana (*Saccharum* sp.) para retirada de açúcares fermentescíveis e gentilmente cedida pela Profa. Dra. Elba P. S. Bon do Instituto de Química da UFRJ.

O bagaço-de-cana seco contém aproximadamente 40-50% de celulose, 20-40% de hemicelulose e 18-35% de lignina (SUN et al., 2011), sendo a lignina um polímero de monolignóis. O bagaço de laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osb) contendo casca, polpa e sementes, foi lavado com água de torneira até que a solução resultante não apresentasse nenhum tipo de coloração, seco em estufa a 70°C por 20 horas e triturado em um liquidificador. Em seguida, o material foi peneirado (425 µm), sendo obtida assim a biomassa *in natura*. O bagaço de laranja seco contém tipicamente até 12% de fibra (inclui pectina e celulose), 6,4% de proteína, 19% de açúcar total e 9% de açúcares redutores (MARTINS et al., 2002).

Inóculo de *Acidithiobacillus ferrooxidans* LR

Para o preparo do inóculo, a bactéria mesófila *Acidithiobacillus ferrooxidans* LR foi cultivada a 30 °C em meio TK (TUOVINEN e KELLY, 1973) $[(NH_4)_2SO_4$: 0,5 g/l; K_2HPO_4 : 0,5 g/l; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$: 0,5 g/l; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$: 1,5 g/l] com pH ajustado para 1,8 com solução de H_2SO_4 5M. Os frascos Erlenmeyer de 250ml, contendo 100ml de meio de cultivo, foram incubados por 72 horas à 150rpm e 30° C.

Experimentos de biolixiviação

Os experimentos de biolixiviação foram conduzidos em frascos Erlenmeyer de 500mL contendo $1,0 \times 10^7$ células, 200 mL de meio TK diluído (sem adição de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) e 20 g de MPNi (relação sólido/líquido de 10% m/v). Os frascos foram incubados à 150rpm e 30° C durante 25 dias. A suplementação com fertilizante (0,25% m/v), bagaço-de-laranja (1,0% m/v) e lignina (0,25% m/v) foi realizada separadamente no início dos testes. Todos os testes foram realizados em duplicata e comparados com ensaios controle sem adição de inóculo (controle abiótico).

Ensaio de biolixiviação também foram conduzidos com a substituição do meio TK pela adição de diferentes concentrações de fertilizante (0,25 e 0,75% m/v) e de solução de sulfato férrico pentahidratado ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$, 0,001 e 0,01 M). Os experimentos foram conduzidos em frascos Erlenmeyer de 500 mL contendo 200 mL de meio de cultivo, $1,0 \times 10^7$ células, pH 1,8 e 20 g de MPNi. Os frascos foram incubados à 150 rpm e 30° C durante 25 dias.

Os efeitos da suplementação foram analisados utilizando-se um planejamento fatorial completo 2^2 com dois fatores (Tabela 1). As variáveis independentes estudadas para a extração de níquel ($Y_1 = \% Ni$ extraído) foram: $x_1 =$ concentração do fertilizante e $x_2 =$ concentração de $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$. Também foram realizadas as análises de variância e de regressão múltipla.

Os resultados foram analisados

estatisticamente empregando-se o programa Statistica 13.1.

Tabela 1 – Matriz do planejamento fatorial 2² para estudo dos efeitos da suplementação de fertilizante e sulfato férrico na biolixiviação de MPNi.

Experimento	x ₁	x ₂	Ni extraído (% m/v)	σ*
1	-1	-1	62,28	2,35
2	1	-1	52,86	6,23
3	-1	1	36,93	3,56
4	1	1	44,89	2,98
Variáveis independentes		Níveis de variação		
		-1	+1	
x ₁ (fertilizante, % v/v)		0,25	0,75	
x ₂ (Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·5H ₂ O, M)		0,001	0,01	
* σ, desvio padrão.				

O pH de todos os frascos contendo os ensaios de biolixiviação foi ajustado diariamente para 1,8 com a adição de gotas de solução de H₂SO₄ 5M.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da suplementação do MPNi com fertilizante e resíduos agroindustriais para extração de níquel por biolixiviação

O bagaço de laranja é um dos resíduos agrícolas nacionais de maior volume, uma vez que o Brasil é o maior produtor mundial de laranjas e lidera também o mercado mundial de suco dessa fruta (MONTANHER, OLIVEIRA e ROLLEMBERG, 2007). O bagaço é usado como fonte de energia e também tem sido empregado como fonte alternativa de carbono para a produção de enzimas aplicadas, especialmente as utilizadas na própria indústria de sucos (GIESE, DEKKER e BARBOSA, 2008). Por outro lado, a lignina é um resíduo proveniente do pré-tratamento de matérias lignocelulósicas utilizados para a obtenção de etanol de segunda geração. A lignina é formada por compostos aromáticos de *p*-hidroxifenila, guaiacila e siringila e pode ser utilizada na fabricação de biofertilizantes de liberação controlada (FINK, 1988; GIESE et al., 2013).

Assim, o presente trabalho buscou avaliar a suplementação do minério primário de níquel (MPNi)

com estes resíduos agrícolas, bem como com um fertilizante líquido de uso comercial (10.10.10 NPK) em experimentos de biolixiviação utilizando a bactéria *Acidithiobacillus ferrooxidans* LR. Os resultados obtidos para a extração de Ni estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Extração de níquel nos ensaios de biolixiviação com adição de fertilizante, lignina e bagaço-de-laranja.

Insumo	Tempo (dias)	Ensaio inoculado	Controle abiótico	Ensaio inoculado	Controle abiótico
		Ni extraído (% m/v)		Ni ²⁺ total extraído (mg)	
Bagaço-de-laranja	7	7,80 ±0,19	9,70 ±0,43	4,53 ±0,12	5,63 ±0,25
	14	11,82 ±0,63	11,64 ±0,24	6,86 ±0,37	6,80 ±0,14
	25	71,50 ±3,43	14,45 ±1,45	41,48 ±1,99	8,38 ±0,08
Lignina	7	6,66 ±0,07	7,24 ±0,22	3,86 ±0,04	4,20 ±0,13
	14	37,83 ±1,27	14,97 ±2,52	21,95 ±0,74	8,68 ±1,46
	25	77,12 ±5,43	17,96 ±1,45	44,73 ±3,15	10,42 ±0,84
Fertilizante	7	19,04 ±2,86	3,95 ±0,22	11,05 ±1,66	2,28 ±0,21
	14	42,36 ±0,00	5,67 ±2,52	24,57 ±0,00	3,28 ±0,62
	25	81,82 ±0,36	13,69 ±1,45	47,46 ±0,21	7,94 ±0,15
Controle	7	12,74 ±2,17	13,45 ±0,36	7,39 ±1,26	7,80 ±0,28
	14	34,05 ±0,85	12,38 ±1,07	19,75 ±0,49	7,18 ±0,06
	25	76,03 ±0,00	18,95 ±0,24	44,10 ±0,00	10,99 ±0,14

Após 25 dias de processo contínuo, a extração máxima de Ni (81,2%, 47,5 mg Ni²⁺) foi observada nos frascos contendo adição de fertilizante. A quantidade de Ni extraída representou um incremento igual a 6 vezes em relação ao controle abiótico (extração de Ni de 13,7%, correspondendo a 7,94 mg Ni²⁺).

O controle abiótico, no qual o micro-organismo não foi inoculado, faz-se necessário, pois a diferença entre os tratamentos inoculados e este controle pode revelar a oxidação bacteriana do enxofre elementar (Equação 4), que leva à formação de ácido sulfúrico, assim como a hidrólise do agente oxidante Fe³⁺ (Equação 2) (FRANCISCO JR., BEVILAQUA e GARCIA JR., 2007). Nos ensaios com adição de bagaço-de-laranja não foi observada atividade microbiana nos períodos de 7 e 14 dias, onde a quantidade de Ni extraída nos frascos inoculados e no controle abiótico permaneceram entre 4,5 e 7%. O mesmo comportamento foi observado para os experimentos de biolixiviação na presença de lignina após 7 dias.

Os frascos contendo MPNi suplementados

com bagaço-de-laranja e lignina apresentaram extração máxima de Ni de 71,5% (41,5 mg Ni²⁺) e 77,1% (44,7 mg Ni²⁺), respectivamente, os quais foram muito próximos aos obtidos para os frascos controle (76,0%, 44,1 mg Ni²⁺), nos quais não houve adição de nenhum insumo. Os frascos inoculados na presença de bagaço-de-laranja e lignina, assim como os frascos não suplementados, apresentaram valores de porcentagem de extração de Ni maiores que os controles abióticos (~45%, 9 mg Ni²⁺) após 25 dias de processo. Os resultados obtidos demonstraram a ação da bactéria quimiotrófica *A. ferrooxidans* LR sobre a solubilização do metal de interesse independente da suplementação realizada.

GIESE e VAZ (2015) relataram a ação da bactéria *A. ferrooxidans* LR na biolixiviação desta mesma amostra de MPNi. Nas condições estudadas, a extração máxima de Ni foi igual a 56%, correspondendo a 33 mg Ni²⁺ solubilizado. Para outro minério, composto por Ni (0,3%), Mg (21%) e Fe (7%); a quantidade de níquel extraída em 21 dias foi igual a 70%, sob ação de bactérias pertencentes aos gêneros *Acidithiobacillus*, *Leptospirillum* e *Acidiphilium* (CAMERON et al., 2013).

LI et al. (2014) utilizaram um consórcio de micro-organismos termófilos para extrair Ni e Cu de um minério de baixo teor composto por pirrotita, calcopirita, pentlandita e enxofre. Cerca de 80,4% de Ni e 68,2% de Cu foram solubilizados em 16 dias de processo, sendo que os teores aumentaram para 84% e 81%, respectivamente, quando o aminoácido L-cisteína foi adicionado ao meio.

Avaliação da adição de fertilizante e sulfato férrico na biolixiviação do MPNi

A bactéria *A. ferrooxidans* LR é utilizada na dissolução de sulfetos metálicos por promover a geração de íons férrico, principais agentes oxidantes responsáveis pela extração dos metais de base das amostras minerais de interesse. O uso de sulfato férrico (Fe₂(SO₄)₃) na dissolução de minérios tem sido extensivamente discutido, especialmente para a

recuperação de cobre. Neste caso específico, a adição deste insumo é realizada por o mesmo ser um agente oxidante e também por ser responsável pela passivação da calcopirita (CÓRDOBA et al., 2008; KLAUBER, 2008).

No presente trabalho, buscou-se avaliar a adição de sulfato férrico aos ensaios de biolixiviação do MPNi concomitantemente com a avaliação do uso de fertilizante como fonte de nutrientes para a bactéria *A. ferrooxidans* LR. Alguns elementos nutricionais são essenciais para o crescimento e atividade microbiana, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, etc. e são comumente supridos pelo preparo de meios sintéticos específicos em escala de laboratório (TUOVINEN e KELLY, 1973). Porém, uma vez que o uso destes meios em larga escala não é economicamente viável faz-se necessário avaliar o uso de suplementos minerais de menor custo, como é o caso dos fertilizantes.

Para tanto, foi utilizado um planejamento fatorial 2² onde os resultados observados nos ensaios realizados em todas as quatro possíveis combinações dos níveis escolhidos estão apresentados na Tabela 1. Apesar de usarem um número pequeno de experimentos, esses planejamentos podem indicar a importância das variáveis escolhidas na resposta experimental (MARINHO; CASTRO, 2005).

A análise de variância (Tabela 3) indicou que a variável x₁ (sulfato férrico) apresentou maior influência na extração de Ni que a interação x₁x₂ e a variável x₂ (fertilizante). Esta análise sugere que o uso de menores concentrações de íons férricos poderão promover melhores rendimentos de extração de metal de interesse na biolixiviação de MPNi.

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) para a extração de níquel nos ensaios de biolixiviação.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio
x ₁	0,5329	1	0,5329
x ₂	277,5556	1	277,5556
x ₁ . x ₂	75,5161	1	75,5161
Erro	0,0000	0	
Total	353,6046	3	

Também se observou que as duas concentrações avaliadas para o fertilizante promoveram resultados muito próximos quanto a solubilização de Ni, sugerindo que menores doses de fertilizante podem ser utilizadas como suplemento de elementos essenciais para atividade microbiana na biolixiviação diminuindo o custo do processo operacional. Muitos fatores nutricionais essenciais encontram-se disponíveis no próprio minério, como o magnésio; porém, fontes de nitrogênio e potássio são geralmente adicionadas na biolixiviação, principalmente nas formas de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2HPO_4 e H_3PO_4 (BRIERLEY, 1997).

O uso de fertilizantes como fontes alternativas de nitrogênio e potássio na biolixiviação de minério de cobre foi descrita por SARCHESHMEHPOUR (2009), onde se observou que a quantidade de cálcio, magnésio e enxofre presente na amostra mineral foi suficiente para o crescimento microbiano, porém foi necessário a adição de uma fonte externa de nitrogênio, fósforo e potássio. Para tanto foi escolhido o uso de um fertilizante comercial que demonstrou ser eficaz e economicamente mais viável que o meio de cultivo 9K, meio este comumente utilizado em ensaios de biolixiviação.

Através da análise do gráfico de superfície (Figura 1), pode-se perceber a influência mais predominante de cada fator em cada resposta, onde a tendência de aumento da porcentagem de extração de Ni é aumentar com o aumento da concentração de fertilizante e diminuição da concentração de sulfato férrico utilizados.

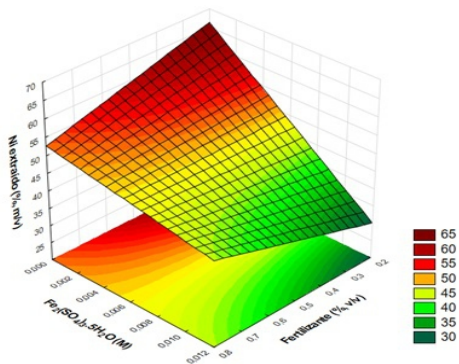


Figura 1 – Gráfico de superfície de resposta para a extração de níquel após 25 dias de biolixiviação.

O crescimento e a atividade dos micro-organismos oxidantes de ferro, como a *A. ferrooxidans* LR, são influenciados pela concentração de íons ferrosos (Fe^{2+}) e férricos (Fe^{3+}) em solução. A presença de baixas concentrações de íons férricos aumenta a capacidade de absorção de oxigênio por estas bactérias, porém altas concentrações tendem a inibir a oxidação do Fe^{2+} (DAS, AYYAPPAN e CHAUDHURY, 1999). SANTOS et al. (2006) observaram que a adição de íons Fe^{2+} também não influenciou a lixiviação microbiana de níquel a partir de um concentrado de pentlandita.

A adição tanto de Fe^{3+} quanto de Fe^{2+} inibiram a extração de cobre a partir de concentrados de flotação contendo calcopirita, pirita, covelita, calcocita, minerais não-metálicos e óxidos de cobre por um consórcio de *Acidithiobacillus caldus*, *Sulfobacillus* e *Thermosulfidooxidans* (AHMADI, 2012). Em outro estudo, HOWARD e CRUNDWELL (1999) observaram que o aumento da concentração de Fe^{3+} de 0,05 para 0,50 M diminuíram as taxas de solubilização da calcopirita por *Sulfolobus metallicus*.

CONCLUSÃO

No presente trabalho, buscou-se avaliar os efeitos da adição de insumos e resíduos agrícolas como fertilizante, bagaço de laranja e lignina, além do sulfato férrico, na capacidade de biolixiviação de níquel a partir de minério primário com o uso da bactéria acidófila e quimiotrófica *A. ferrooxidans* LR em experimentos conduzidos em frascos agitados. A adição de resíduos agroindustriais nas concentrações avaliadas não promoveu um aumento no rendimento de extração do metal em relação ao controle, porém estes insumos podem futuramente serem avaliados em maiores concentrações tanto como fonte de nutrientes quanto como auxiliares na percolação da lixívia durante o processo.

O planejamento fatorial aplicado ao processo de biolixiviação do minério primário indicou a possibilidade de se utilizar baixas concentrações de

sulfato férrico como agente indutor do processo de biolixiviação. Também ficou demonstrado que o fertilizante pode suprir os elementos essenciais requeridos pela bactéria *A. ferrooxidans* LR durante o processo, podendo o mesmo ser utilizado em larga escala na irrigação das pilhas de biolixiviação e extração de Ni. Este resultado é bastante favorável do ponto de vista econômico e operacional.

AGRADECIMENTOS

À Grace Maria Britto (CETEM) pelo auxílio na execução dos experimentos.

REFERÊNCIAS

AHMADI, A. Influence of ferric and ferrous iron on chemical and bacterial leaching of copper flotation concentrates. **Int. J. NF. Metal.**, Delaware, v. 1, p. 42-48, 2012.

BHP BILLITON S. A. LIMITED (Melborne). Clint Bowker, John Batty, Gary Rorke, Hannes Strauss, Paul Barnard, Chris Andre Du Plessis. **Tank bioleaching process**. WO 2006010170 A1, 8 Jul. 2005, 26 Jan. 2006.

BRIERLEY, C. L. Mining biotechnology: research to commercial development and beyond. In: RAWLING, D. E. (Ed.). **Biomining: Theory, Microbes and Industrial Processes**. Berlin: Springer-Verlag, 1997, p. 3-17.

CAMERON, R. A. et al. Bioleaching of six nickel sulphide ores with differing mineralogies in stirred-tank reactors at 30 °C. **Minerals Eng.**, Amsterdam, v. 49, p. 172-183, 2013.

CÓRDOBA, E. M. et al. Leaching of chalcopyrite with ferric ion. Part I: General aspects. **Hydrometallurgy**, Amsterdam, v. 93, p. 81-87, 2008.

DAS, T.; AYYAPPAN, S.; CHAUDHURY, G. R. Factors affecting bioleaching kinetics of sulfide ores using acidophilic micro-organisms. **BioMetals**, New York, v. 12, p. 1-10, 1999.

BHP BILLITON S. A. LIMITED (Melborne). Chris Andre Du Plessis, Sanet H. de Kock. **Heap bioleaching process**. US20080178706, 31 Jul. 2006, 31 jul. 2008.

HOWARD, D.; CRUNDWELL, F. K. A kinetic study of the leaching of chalcopyrite with *Sulfolobus metallicus*. In: AMILS, R.; BALLESTER, A. (Org.). **Biohydrometallurgy and the Environment toward the Mining of the 21st Century**. Amsterdam: Elsevier Science, 1999. p. 209-217.

FINK, A. **Fertilizantes y fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos**. 1. ed. Barcelona: Editorial Reverté S.A, 1988.

FRANÇA, S. C. A.; COUTO, H. J. B.; BORGES, R. S. Estudo do aproveitamento de minério de níquel de baixo teor. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 25, 2013, Goiânia. **Anais...**, 2013. p. 505 - 512. Disponível em: http://searchentmme.yang.art.br/download/2013/tratamento_de_min%C3%89rios_mineral_processing/2475%20-%20FRAN%C3%87A,%20S.C.A.-%20ESTUDO%20DO%20APROVEITAMENTO%20DE%20MIN%C3%89RIO%20DE%20N%C3%8DQUEL%20DE%20BAIXO%20TEOR.pdf. Acesso em: 9 nov. 2016.

FRANCISCO JR., W. E.; BEVILAQUA, D.; GARCIA JR. O. Estudo da dissolução oxidativa microbiológica de uma complexa amostra mineral contendo pirita (FeS_2), Pirrotita (Fe_{1-x}S) e Molibdenita (MoS_2). **Quím. Nova**, São Paulo, v. 30, p. 1095-1099, 2007.

GIAVENO, M. A. et al. Physiologic versatility and growth flexibility as the main characteristics of a novel thermoacidophilic *Acidianus* strain isolated from Copahue geothermal area in Argentina. **Microb. Ecol.**, New York, v. 65, p. 336-346, 2013.

GIESE, E. C.; DEKKER, R. F. H.; BARBOSA, A. M. Orange bagasse as substrate for the production of pectinase and laccase by *Botryosphaeria rhodina*

MAMB-05 in submerged and solid state fermentation. **BioResources**, Raleigh, v. 3, p. 335-345, 2008.

GIESE, E. C. et al. Enzymatic saccharification of acid-alkali pretreated sugarcane bagasse using commercial enzyme preparations. **J. Chem. Technol. Biotechnol.**, New Jersey, v. 88, p. 1266-1272, 2013.

GIESE, E. C.; VAZ, P. M. Bioleaching of primary nickel ore using *Acidithiobacillus ferrooxidans* LR cells immobilized in glass beads. **Orbital Electr. J. Chem.**, Campo Grande, v. 7, p. 191-195, 2015.

GIESE, E. C. Biolixiviação: uma avaliação das inovações tecnológicas na biomineração de minerais sulfetados no período de 1991 a 2015. **Tecnol. Metal. Mat. Min.**, São Paulo, 2017.

KLAUBER, C. A. A critical review of the surface chemistry of acidic ferric sulphate dissolution of chalcopyrite with regards to hindered dissolution. **Int. J. Min. Process.**, Amsterdam, v. 86, p. 1-17, 2008.

JX NIPPON MINING & METALS CORPORATION (Tóquio). Takenari Kuwazawa, Akira Miura, Atsuko Abe. **Method for leaching out copper**. WO2013021438, 05 Ago. 2011, 14 Fev. 2013.

LI, S. et al. Bioleaching of a low-grade nickel–copper sulfide by mixture of four thermophiles. **Biores. Technol.**, Amsterdam, v. 153, p. 300-306, 2014.

MARINHO, M. R. M.; CASTRO, W. B. Planejamento fatorial: uma ferramenta poderosa para os pesquisadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 23, 2005, Campina Grande, **Anais...**, 2005. Disponível em: <http://198.136.59.239/~abengeorg/CobengeAnteriores/2005/artigos/PB-5-61001198468-1118313321435.pdf>. Acesso em: 13 Jun. 2017.

MARTINS, E. S.; SILVA, D.; DA SILVA, R.; GOMES, E. Solid state production of thermostable pectinases from thermophilic *Thermoascus aurantiacus*. **Process Biochem.**, Amsterdam, v. 37, p. 949-954, 2002.

MONTANHER, S. F.; OLIVEIRA, E. A.; ROLLEMBERG, M. C. Utilization of agroresidues in the metal ions removal from aqueous solutions. In: LEWINSKY, A. A. (Ed). **Hazardous materials and wastewater: treatment, removal and analysis**. Nova York: Nova Science Publishers, 2007, p. 51-78.

OLIVEIRA, D. M. **Potencialidade do tensoativo biológico (ramnolipídio) comercial na biolixiviação de minério primário de cobre**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

POLITZER, K.; CALDAS, A. Lixiviação de minérios lateríticos de níquel. **Rev. Quím. Ind.**, Niterói, v. 580, p. 13-18, 1980.

SANTOS, L. R. G.; BARBOSA, A. F.; SOUZA, A. D.; LEÃO, V. A. Bioleaching of a complex nickel–iron concentrate by mesophile bacteria. **Minerals Eng.**, Amsterdam, v. 19, p. 1251-1258, 2006.

SARCHESHMEHPOUR, Z. Possibility of using chemical fertilizers instead of 9K medium in bioleaching process of low-grade sulfide copper ores. [Hydrometallurgy](#), Amsterdam, v. 96, p. 264-267, 2009.

QUIBORAX S.A. (Santiago). Carlos Schuffer Ameller. **Use of oxygenated or polyoxygenated inorganic weak acids, or derivatives, residues and waste thereof, in order to increase the recovery of copper and/or the concentration of copper in processes for the leaching or bioleaching of copper minerals**. WO2014100910, 27 Dez. 2013, 03 Jul. 2014.

SUN, N.; RODRIGUEZ, H.; RAHMAN, M.; ROGERS, R. D. Where are ionic liquid strategies most suited in the pursuit of chemicals and energy from lignocellulosic biomass? **Chem. Com.**, London, v. 47, p. 1405-1421, 2011.

TUOVINEN, O. H.; KELLY, D. P. Studies on the growth of *Thiobacillus ferrooxidans*: I. Use of membrane

filters and ferrous iron agar to determine viable numbers, and comparison with $^{14}\text{CO}_2$ -fixation and iron oxidation as measures of growth. **Arch. Microbiol.**, New York, v. 88, p. 285-298, 1973.

WATLING, H. R. The bioleaching of nickel–copper sulfides. **Hydrometallurgy**, Amsterdam, v. 91, n. 1-4,

p. 70-88, 2008.

WONG, J. W-C.; TYAGI, R. D.; PANDEY, A. **Current developments in biotechnology and bioengineering: solid waste management**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2016.

Application of strong basic anion exchange resins for pre-concentration, fractionation and recovery of noble metals

Emprego de resinas trocadoras de ânions fortemente básicas para pré-concentração, fracionamento e recuperação de metais nobres

¹Roberta Santos Marinho, ¹Cristiano Nunes da Silva, ^{1*}Júlio Carlos Afonso,
²José Waldemar S. D. da Cunha, ²Valdir Gante, ²Cláudio Augusto Vianna, ²José Luiz Mantovano

¹Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro – Brasil.

*julio@iq.ufrj.br

²Departamento de Química e Materiais Nucleares, Instituto de Engenharia Nuclear

Rio de Janeiro – Brasil

Submetido em 12/11/2016; Versão revisada em 17/07/2017; Aceito em 31/07/2017

Abstract

Acidic aqueous solutions of platinum group metals and gold chlorocomplexes ($5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$) were adsorbed on strong basic anion exchange resins (Cl⁻ form). After saturation of the resins desorption was tested using only strong inorganic acids (HCl, HClO₄, H₂SO₄, HNO₃). HCl was not effective whatever its concentration. The other acids desorbed the noble metals in a very narrow concentration range ($6.5\text{-}7.5 \text{ mol L}^{-1}$) in the order HNO₃ ≈ HClO₄ >> H₂SO₄. The best desorption conditions were found when their aqueous solutions presented the highest electrical conductivity. Desorption rate increased in the order: Rh(III) ≈ Ir(III) < Os(III) ≈ Ru(III) < Pd(II) ≈ Pt(IV) < Au(III). The method described in this work is useful for preconcentration, separation and recovery of small amounts of noble metals present in real samples.

Keywords: precious metals; anion exchange resin; metals adsorption and desorption.

Resumo

Soluções aquosas de cloro-complexos de metais do grupo da platina e ouro ($5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$) foram adsorvidas em resinas trocadoras de ânions fortemente básicas (forma Cl⁻). Após a saturação das resinas a dessorção foi testada empregando ácidos inorgânicos fortes (HCl, HClO₄, H₂SO₄, HNO₃). HCl não foi efetivo independentemente de sua concentração. Os demais ácidos dessorveram os metais nobres em uma faixa muito estreita de concentração ($6.5\text{-}7.5 \text{ mol L}^{-1}$) na ordem HNO₃ ≈ HClO₄ >> H₂SO₄. As melhores condições de dessorção foram encontradas quando suas soluções aquosas tinham o máximo de condutividade elétrica. A ordem de dessorção aumentou na ordem Rh(III) ≈ Ir(III) < Os(III) ≈ Ru(III) < Pd(II) ≈ Pt(IV) < Au(III). O método descrito neste trabalho é útil para pré-concentrar, separar e recuperar pequenas quantidades de metais nobres em amostras reais.

Palavras-chave: metais preciosos; resinas de troca aniônica; adsorção e dessorção de metais.

INTRODUCTION

Gold and platinum-group metals (PGM) are widely used in many fields such as catalysts, electrical and electronic industries, corrosion resistant materials and jewelry (PENG et al, 2009). However, the demand for such metals has not been balanced by supply due to limited resources (WOLOWICZ and HUBICKI, 2009a). The cost of production from naturally occurring supplies is very high (SHAMS et al, 2004). As most of their rich natural deposits are getting exhausted, the production of gold and PGM from secondary sources (spent catalysts, electronic scrap etc.) has become an important issue (MULAK et al, 2005; KONONOVA et al, 2010). For instance, recovery of PGM from spent catalysts (including automotive ones) is an attractive way to lower the catalyst cost (MULAK et al, 2005) and is nowadays a viable and cost effective alternative (SHAMS et al, 2004).

Pyro and hydrometallurgical processes have been investigated during recent decades for recovering precious and strategic metals from wastes (spent catalysts, electronic devices etc.) (WOLOWICZ and HUBICKI, 2009a). In hydrometallurgical routes, the waste is generally subjected to strong acidic oxidative leaching (particularly aqua regia). The ionic state of PGM and gold in chloride solutions depends on medium acidity, concentration of chloride ions and temperature (HUBICKI and WÓJCIK, 2006a). For instance, hexachloroplatinate ions (PtCl_6^{2-}) predominate in strong acidic solutions ($\text{HCl} \geq 3 \text{ mol L}^{-1}$). Under reduction of the free acidity (increase in pH value) aquation and hydrolysis take place. Aquachloro- and aquahydroxo-complexes of Pt(II) and Pt(IV) are formed (KONONOVA et al, 2010; HUBICKI and WÓJCIK, 2006a). Binuclear complexes can also be present in these systems, and this fact should be taken into account for a study of PGM recovery from these solutions (KONONOVA et al, 2010; HUBICKI et al, 2007).

Besides solvent extraction (SHEN et al, 2010a; MARINHO et al, 2010), sorbents, including ion exchange and chelating resins, may be an alternative to recover noble metals from aqueous solutions. Ion exchange has been recognized as a powerful tool for selective recovery of small amounts of PGM ions from solutions containing high amounts of the so called base metals, particularly aluminum (WOLOWICZ and HUBICKI, 2009a; HUBICKI and WÓJCIK, 2006a; MYASOEDOVA et al, 1985; HUBICKI et al, 2008). This method is quick and offers separation of noble metal ions from variety of other ions (MYASIEDIVA et al, 1985; AL-BAZI and CHOW, 1984). Strongly basic anion exchange resins of styrene and acrylic structures, particularly those containing nitrogen-heterocycle groups (HUBICKI and WÓJCIK, 2006a), have found wide application in the recovery and concentration processes of PGM metal ions. These resins display high selectivity towards noble metal ions (SHEN et al, 2010a,b). Platinum and palladium are by far the most employed in these studies (PENG et al, 2009; SHAMS et al, 2004; WOLOWICZ and HUBICKI, 2009; KONONOVA et al, 2010; HUBICKI and WÓJCIK, 2006a; HUBICKI et al, 2007; SHEN et al, 2010a,b; PARODI et al, 2008; GAITA and AL-BAZI, 1995; SHAMS and GOODARZI, 2006; HUBICKI and WÓJCIK, 2006b; KONONOVA et al, 2011; WOLOWICZ and HUBICKI, 2009b, 2011). Rhodium has also received many attention in recent years (GAITA and AL-BAZI, 1995; KONONOVA et al, 2011). Some of these studies employ spent automotive (SHEN et al, 2010a,b; GAITA and AL-BAZI, 1995) or refinery catalysts (SHAMS et al, 2004; SHAMS and GOODARZI, 2006); the others have employed model solutions of PGM.

Adsorption of PGM is not a difficult step since high selectivity and high adsorption rates are commonly reported. The ion exchange resins used in removal of PGM ions have usually large ion exchange capacities, which allow to concentrate such metals (SHEN et al, 2010b). The desorption step (thus allowing reuse of the resin) is the key to the

implementation of the ion exchange system. Several media have been tested for the recovery of the metals loaded on the sorbent. Many acids at different concentrations (PARODI et al, 2008; KONONOVA et al, 2011) have been employed but the behavior is very dependent on the experimental conditions employed (SUN and LEE, 2011). Some studies employ complexing agents (thiourea - KONONOVA et al, 2010, 2011; PARODI et al, 2008; SUN and LEE, 2011), aqueous ammonia - GAITA and Al-BAZI, 1995) or reductants such as thiosulfate (MARINHO et al, 2011). On the other hand some studies show that the noble metal keeps adsorbed (SHAMS e GOODARZI, 2006; PENG et al, 2009). In these circumstances the final decision is to calcine the resin (SHAMS et al, 2005; SHEN et al, 2010; SHAMS and GOODARZI, 2006) leaving the noble metal as an ash residue.

As a conclusion, desorption of noble metals from sorbents requires further studies to be better understood. This work presents a study on noble metals adsorption and desorption from ion exchange resins. The aim is to try to desorb these elements without the aid of complexing agents and reductants or calcining the resin.

EXPERIMENTAL

Metals source

Synthetic solutions were prepared by dissolving the appropriate amount of PtCl_4 , RhCl_3 , RuCl_3 , OsCl_3 , IrCl_4 , PdCl_2 and AuCl_3 (Aldrich, 98%) in suprapure HCl (free acidity 3 mol L^{-1}). Concentration of the noble metal was adjusted to $5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

Anion exchange resins

Two strongly basic anion exchange resins (type-I) were employed in metals adsorption from their solutions: Amberlite IRA 420 (Carlo Erba) and Amberjet 4200 Cl (Rohm & Hass). The main properties of these resins are presented in Table 1.

Metals adsorption and desorption

The dynamic method was applied to this study. Glass columns (diameter $d = 10 \text{ mm}$) were packed with a slurry of the resin until the settled resin bed attained the established height ($L = 10 \text{ cm}$). Therefore, L/d ratio was 10 in all experiments. The resins were previously treated with 3 mol L^{-1} HCl for 2 h. The solution was passed through the columns (2 mL min^{-1}) at $25 \text{ }^\circ\text{C}$. The eluate was collected for metal analysis. The capacity of the resins to retain the noble metal was estimated from a breakthrough study.

Table 1
Anion exchange resins characteristics

Description	Amberjet 4200 Cl	Amberlite IRA 420
Matrix	Styrene-divinylbenzene	Styrene-divinylbenzene
Functional group	Quaternary ammonium	Quaternary ammonium
Structure	Macroporous	Macroporous
Ionic form	Cl	Cl
Apparent density	670 g L^{-1}	650 g L^{-1}
Exchange capacity	1.3 eq L^{-1}	1.3 eq L^{-1}
Grain size	0.60-0.80 mm	0.125-0.177 mm
Operating pH range	0-14	0-14
Moisture retention capacity (%)	49-55	50-55

Metals desorption from the resins was tested using the following acidic solutions HCl ($1-12 \text{ mol L}^{-1}$); HNO_3 ($1-16 \text{ mol L}^{-1}$); H_2SO_4 ($1-10 \text{ mol L}^{-1}$); HClO_4 ($1-14 \text{ mol L}^{-1}$). Flow rate was fixed at 1 mL min^{-1} and experiments were run at $25 \text{ }^\circ\text{C}$. The eluate was collected for metal analysis. All experiments described in this section were run in triplicate and data obtained were within $\pm 5\%$.

In a separate experiment, equal volumes of the noble metal solutions were combined and the resulting solution (element concentration $7.14 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$, free acidity 3 mol L^{-1}) was passed through the resins under the same experimental conditions described earlier. Metals desorption was performed using the same procedure described before.

Analytical methods

Metal concentrations in the aqueous phases were determined by atomic absorption spectrometry (Perkin Elmer AAS 3300). The following wavelengths

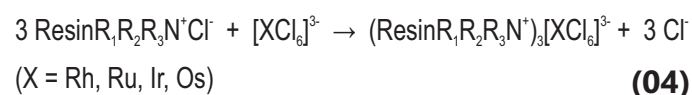
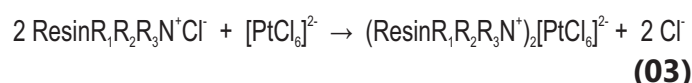
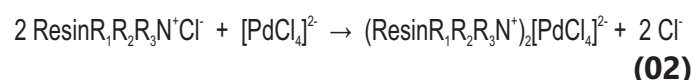
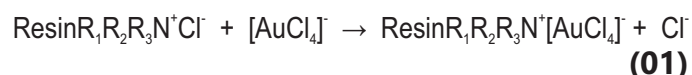
were employed: platinum, 214.423 nm; palladium, 340.458 nm; rhodium, 343.489 nm; osmium, 396.20 nm; iridium, 224.68 nm; ruthenium, 240.272 nm; gold, 242.795 nm. The detection limit was 0.5 mg L⁻¹ for all metals. Acidity was determined by potentiometry using an Ag/AgCl reference electrode (Orion 2A13-JG).

RESULTS AND DISCUSSION

Capacity of resins for metals uptake

Table 2 presents the individual metal uptakes for the resins used in this work. Figures 1 and 2 present the breakthrough curves for Rh, Pd and Ir on Amberlite IRA 420 resin and for Os, Pd and Au on Amberjet 4200 Cl resin, respectively. Data for Pt has been published elsewhere (MARINHO et al, 2011). Both resins presented the same behavior for all metals. Metal uptake decreased in the order Au > Pt > Pd > Os > Ir > Rh > Rh.

The adsorption of noble metal chlorocomplexes can be described in terms of the following reactions:



Taking into account the metals uptake in both resins multiplied by 2 (Pt, Pd) or 3 (Rh, Ru, Ir, Os) the final result (1.095-1.210 mmol g⁻¹ - Amberlite IRA 420 or 1.230-1.330 mmol g⁻¹ - Amberjet 4200 Cl) is comparable to Au uptake for these resins (Table 2). Under our experimental conditions the adsorption mechanism of noble metal chlorocomplexes appears to be the same.

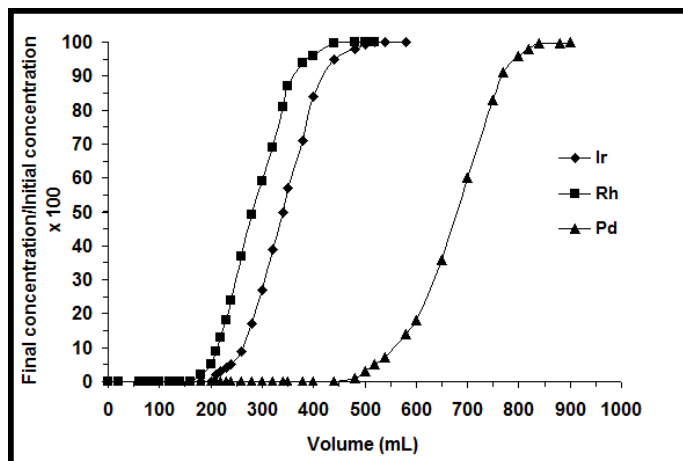


Figure 1: Breakthrough curves for Rh, Ir and Pd (1 x 10⁻³ mol L⁻¹ in HCl 3 mol L⁻¹) on Amberlite IRA 420 resin

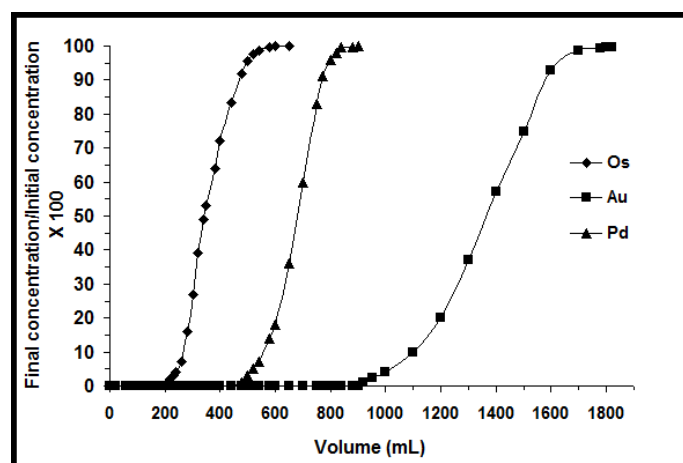


Figure 2: Breakthrough curves for Os, Pd and Au (1 x 10⁻³ mol L⁻¹ in HCl 3 mol L⁻¹) on Amberjet 4200 Cl resin

Table 2

Individual noble metals uptake (mmol g⁻¹) of the anion-exchange resins tested in this work

Metal (1 x 10 ⁻³ mol L ⁻¹)	Amberjet 4200 Cl	Amberlite IRA 420
Ru	0.420	0.375
Rh	0.410	0.365
Pd	0.650	0,565
Os	0.440	0,390
Ir	0.430	0.380
Pt	0.660	0.585
Au	1.350	1.220

When the solution containing all PGM and gold was passed through the resins, metal uptake (Figure 3, Table 3) of the trivalent elements (Rh, Ru, Ir, Os) was drastically reduced (86-93%). This phenomenon was less pronounced (70-80%) for Au, Pd and Pt. However if we take into account again the adsorption stoichiometry of the chlorocomplexes (reactions 1 to 4), the total uptake is comparable to data for gold alone (Table 2), thus indicating the general mechanism is the same for both individual and combined solutions of noble metal chlorocomplexes. The metal uptake decreased in the order Au > Pt > Pd >> Os ≈ Ir > Ru ≈ Rh. This is the same order found in the experiments using the elements alone (Table 2), and corresponds to the adsorption decreasing order $[AuCl_4]^- > [PtCl_6]^{2-} > [PdCl_4]^{2-} >> [XCl_6]^{3-}$ (X = Ru, Rh, Os, Ir). This result is determined by the charge to size ratio or the charge density of the species (BERNARDIS et al, 2005; ELS et al, 2000).

Table 3

Noble metals uptake ($mmol\ g^{-1}$) of the anion-exchange after passing a solution containing all elements

Metal ($7.14 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1}$)	Amberjet 4200 Cl	Amberlite IRA 420
Ru	0.030	0.025
Rh	0.025	0.020
Pd	0.125	0.105
Os	0.060	0.050
Ir	0.055	0.045
Pt	0.155	0.120
Au	0.370	0.350

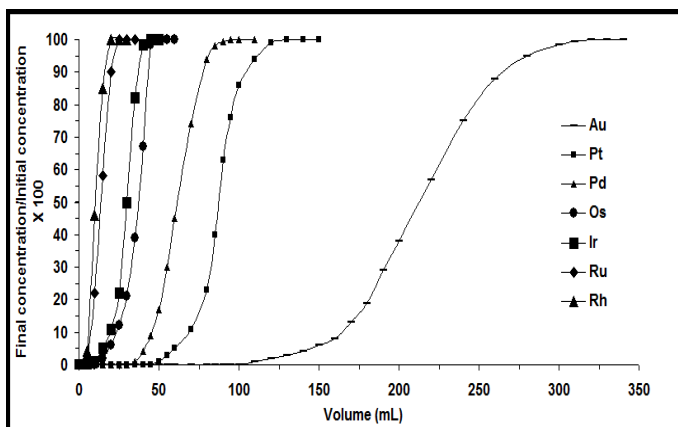


Figure 3: Breakthrough curves for PGM and Au ($7.14 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1}$ in $HCl\ 3\ mol\ L^{-1}$) on Amberlite IRA 420 resin.

Metals desorption

Literature data indicate when sorption is performed at HCl concentration up to $2\ mol\ L^{-1}$ under high sorption capacity resins it is expected that acidic solutions are not appropriate for the desorption of metals from these resins (PARODI et al, 2008). HCl was ineffective for metals desorption whatever its concentration ($1-12\ mol\ L^{-1}$). However, elution with the other acids gave a very unique result (Tables 4 and 5, Figure 4). Metals desorption was effective only in a very narrow acid concentration range, between 6.5 and $7.5\ mol\ L^{-1}$, for HNO_3 and $HClO_4$. The results for both acids are comparable (Tables 4 and 5). Metal desorption surpassed 99.5% for both resins. The best concentration of H_2SO_4 was around $6.0\ mol\ L^{-1}$, (free acidity $6.6\ mol\ L^{-1}$) but it desorbed very low amounts of the metals ($< 20\%$). The amount of acid required to desorb the noble metal was not very different for each element for a given acid but followed the trend $Rh \sim Ru < Ir \sim Os < Pd \sim Pt < Au$.

Table 4

Volume (mL) of HNO_3 necessary to desorb ($> 99.5\%$) noble metals from strong anion exchange resins

Metal	Resin	$HNO_3\ (mol\ L^{-1})$						
		6.2	6.5	6.8	7.0	7.2	7.5	7.8
Ru	Amberlite IRA 420	>1000	615	510	495	500	550	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	720	605	590	595	670	>1000
Rh	Amberlite IRA 420	>1000	600	500	485	490	540	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	710	600	580	590	660	>1000
Pd	Amberlite IRA 420	>1000	675	560	535	550	620	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	790	665	630	655	735	>1000
Os	Amberlite IRA 420	>1000	645	535	520	530	590	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	750	645	620	635	710	>1000
Ir	Amberlite IRA 420	>1000	630	525	515	520	580	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	740	615	605	625	690	>1000
Pt	Amberlite IRA 420	>1000	695	570	545	565	635	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	810	675	630	660	745	>1000
Au	Amberlite IRA 420	>1000	720	595	560	585	660	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	835	700	660	690	785	>1000

Table 5

Volume (mL) of HClO₄ necessary to desorb (>99.5%) noble metals from strong anion exchange resins

Metal	Resin	HClO ₄ (mol L ⁻¹)						
		6.2	6.5	6.8	7.0	7.2	7.5	7.8
Ru	Amberlite IRA 420	>1000	630	520	500	505	560	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	735	610	595	600	685	>1000
Rh	Amberlite IRA 420	>1000	620	500	490	495	555	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	725	595	590	595	670	>1000
Pd	Amberlite IRA 420	>1000	695	565	545	560	640	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	810	660	635	670	755	>1000
Os	Amberlite IRA 420	>1000	665	545	520	530	590	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	780	645	625	635	715	>1000
Ir	Amberlite IRA 420	>1000	655	535	525	530	585	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	765	620	620	635	700	>1000
Pt	Amberlite IRA 420	>1000	700	580	550	560	645	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	820	680	635	665	760	>1000
Au	Amberlite IRA 420	>1000	725	600	570	595	670	>1000
	Amberjet 4200 Cl	>1000	845	710	665	700	800	>1000

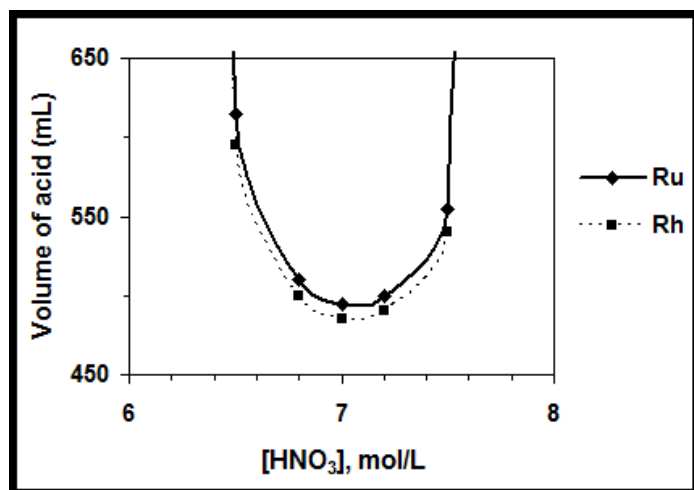


Figure 4(a-c): Desorption of noble metals from Amberlite IRA 420 resin using HNO₃.

The best desorption conditions were obtained when the aqueous solutions presented the highest electrical conductivity (BRICKWEDDE, 1949; VELEY and MANLEY, 1901; DARLING, 1964), thus meaning the maximum concentration of ionic species: HClO₄, ~35% (~7.1 mol L⁻¹); H₂SO₄, 32% (~6.0 mol L⁻¹); HNO₃,

33% (~7.2 mol L⁻¹). These concentrations correspond approximately to 50% of the concentration of the commercial product (14.8 and 15 mol L⁻¹, respectively for HClO₄ and HNO₃), or one third (H₂SO₄, 18.4 mol L⁻¹).

Reduction of the acid concentration does not remove the protonation of strong bases significantly (as in the case of the sites of the anion exchange resins used in this work). Therefore, the recovery of complex anions is achieved by introducing large quantities of competing anions (BERNARDIS et al, 2005; ZAGORODNI, 2006). If this mechanism only takes place with the solutions presenting the highest electrical conductivity (i.e. maximum ionic strength), the adsorption step of PGM and gold chlorocomplexes on strong basic anion exchange resins is very strong, thus justifying the alternatives (calcination, chemical reduction) used to recover them from these sources (KONONOVA et al, 2011; SUN et al, 2012; BERNARDIS et al, 2005; ELS et al, 2000).

This explanation does not justify why sulphuric acid is a much poorer desorbent than nitric or perchloric acid. These latter are very poor complexing agents and present strong oxidizing properties. However, the resins were not oxidized during desorption. H₂SO₄ can form complexes with PGM (especially in the 3+ oxidation state) but are less stable (lower K_{st}) than the chlorocomplexes (GREENWOOD and EARNSHAW, 2010). Therefore, it appears that the removal of gold and PGM from the resins is likely to occur via disintegration of their chlorocomplexes, which is more feasible in a non-complexing medium. Addition of some drops of 0.5 mol L⁻¹ AgNO₃ produced a white precipitate (AgCl, AgClO₄ is soluble in water) (LURIE, 1978), thus confirming decomposition of desorbed chlorocomplexes.

In the case of the resins containing all metals, the desorption order found was: Rh, Ru, Ir, Os, Pd, Pt and Au (Figures 5 and 6) for both HNO₃ and HClO₄. This profile resembles the one found in Figure 3.

From data in the literature on the stability of chlorocomplexes (GREENWOOD and EARNSHAW, 2010; IUPAC, 2012), the more stable the complex, the more difficult to desorb it. This feature allows a separation of the seven elements under study into four groups: Rh + Ru, Ir + Os, Pd + Pt and Au. Fractionation of the noble metals via conventional methods (precipitation, liquid-liquid extraction etc.) is not an easy task due to their chemical resemblance.

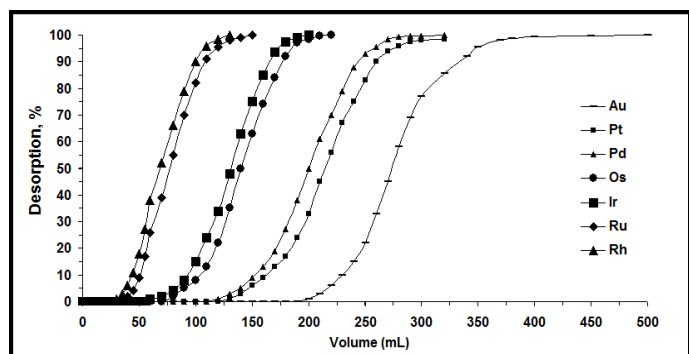


Figure 5: Desorption of all metals from Amberlite IRA 420 resin using 7 mol L⁻¹ HNO₃.

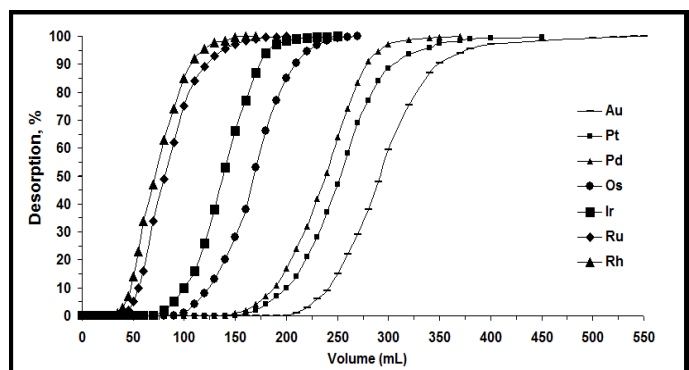


Figure 6: Desorption of all metals from Amberjet 4200 Cl resin using 7 mol L⁻¹ HClO₄.

The resins darkened during desorption but recovered their original aspect after washing with 3 mol L⁻¹ HCl. Even working under such high acidity range (6.5-7.5 mol L⁻¹) and in the presence of an oxidizing acid, the resins did not present any significant degradation until four absorption-desorption cycles.

The high volumes of HNO₃ and HClO₄ required to desorb the noble metals from strong basic anion exchange resins makes the method described in this

research impracticable in an industrial viewpoint. However, it seems useful for pre-concentration, fractionation and recovery of small amounts of such elements (as chlorocomplexes) present in a sample. Under the severe conditions employed for desorption, the vast majority of the other elements would have already been desorbed (BERNARDIS et al, 2005; MYASOEDOVA et al, 1985).

CONCLUSIONS

Strong basic anion exchange resins strongly adsorbed noble metals from acidic (HCl) solutions basically via an anion exchange mechanism. Effective desorption was only possible when strong non-complexing inorganic acids (HNO₃, HClO₄) were employed in the very narrow concentration range 6.5-7.5 mol L⁻¹. This phenomenon occurs when the electrical conductivity of the acidic solution is the highest. Metals desorption followed the order Rh, Ru, Ir, Os, Pd, Pt and Au. The stability of metal chlorocomplexes plays a role on the desorption step under our experimental conditions.

Further studies are necessary to better understand the correlation between the physico-chemical properties of HNO₃ and HClO₄ solutions and their ability to remove noble metals adsorbed onto strong basic anion exchange resins. However, despite the severity of desorption conditions, the resins can be reused and the method described in this research may be useful for pre-concentration, fractionation and recovery of small amounts of such elements (as chlorocomplexes) present in a sample.

ACKNOWLEDGMENTS

R. S. Marinho acknowledges CAPES and Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) for a M.Sc. fellowship. The authors acknowledge ANP and CNPq for financial support. We are grateful to Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN) for X-ray diffraction analysis.

REFERENCES

- AL-BAZI, S. J.; Chow, A.; Platinum metals solution chemistry and separation methods (ion exchange and solvent extraction). **Talanta**, Amsterdam, v. 31, p. 815-836, 1984.
- BERNARDIS, F. L.; Grant, R. A.; Sherrington, D. C.; A review of methods of separation of the platinum-group metals through their choro-complexes. **Reactive and Functional Polymers**, Amsterdam, v. 65, p. 205-217, 2005.
- BRICKWEDDE, L. H.; Properties of aqueous solutions of perchloric acid. **Journal of Research of the National Bureau of Standards**, New York, v. 42, p. 309-329, 1949.
- CHOI, Kwang-Soon; Lee, Chang-Heon; Park, Yeong-Jae; Joe, Kih-Soo; Kim, Won-Ho; Separation of gold, palladium and platinum in chromite by anion exchange chromatography for inductively coupled plasma atomic emission spectrometric analysis. **Bulletin of the Korean Chemical Society**, Seoul, v. 22, p. 801-806, 2001.
- DARLING, H. E.; Conductivity of sulfuric acid solutions. **Journal of Chemical and Engineering Data**, Washington, v. 9, p. 421-426, 1964.
- ELS, E. R.; Lorenzen, L.; Aldrich, C.; The adsorption of precious metals and base metals on a quaternary ammonium group ion exchange resin. **Minerals Engineering**, Amsterdam, v. 13, p. 401-414, 2000.
- GAITA, R.; Al-Bazi, S.; An ion exchange method for selective separation of palladium, platinum and rhodium from solutions obtained by leaching automotive catalytic converters. **Talanta**, Amsterdam, v. 42, p. 249-255, 1995.
- GREENWOOD, N. N.; Earnshaw, A.; **Chemistry of the Elements**, 2nd ed. London: Elsevier, 2010.
- HUBICKI, Z.; Wójcik, G.; Studies of removal of platinum(IV) ion microquantities from the model solutions of aluminum, copper, iron, nickel and zinc chloride macroquantities on the anion exchanger Duolite S37. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 131, p. 770-775, 2006a.
- HUBICKI, Z.; Wójcik, G.; Studies of removal of platinum(IV) ion microquantities from the model chloride solutions on the ion exchangers of the functional quaternary ammonium groups. **Desalination**, Amsterdam, v. 197, p. 82-93, 2006b.
- HUBICKI, Z.; Leszczynska, M.; Lodyga, B.; Lodyga, A.; Recovery of palladium(II) from chloride and chloride-nitrate solutions using ion exchange resins with S-donor atoms. **Desalination**, Amsterdam, v. 207, p. 80-86, 2007.
- HUBICKI, Z.; Wołowicz, A.; Leszczynska, M.; Studies of removal of palladium(II) ions from chloride solutions on weakly and strongly basic anion exchangers. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 159, p. 280-286, 2008. **IUPAC Stability Constant Database**, Version 4.07/4.05. Paris: International Union of Pure and Applied Chemistry, 2010.
- KONONOVA, O. N.; Leyman, T. A.; Melnikov, A. M.; Kashirin, D. M.; Tselukovskaya, M. M.; Ion exchange recovery of platinum from chloride solution. **Hydrometallurgy**, Amsterdam, v. 100, p. 161-167, 2010.
- KONONOVA, O. N.; Melnikov, A. M.; Borisova, T. V.; Krylov, A. S.; Simultaneous ion exchange recovery of platinum and rhodium from chloride solutions. **Hydrometallurgy**, Amsterdam, v. 105, p. 341-349, 2011.
- LURIE, J.; **Handbook of Analytical Chemistry**. Moscow: Mir, 1978.
- MARINHO, R. S.; Afonso, J. C.; Cunha, J. W. S. D.; Recovery of platinum from spent catalysts by liquid-liquid extraction in chloride medium. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 184, p. 717-723, 2010.
- MARINHO, R. S.; Silva, C. N.; Afonso, J. C.; Cunha, J. W. S. D.; Recovery of platinum, tin and indium from spent catalysts in chloride medium using strong basic anion exchange resins. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 192, p. 1155-1160, 2011.
- MULAK, W.; Miazga, B.; Szymczycha, A.; Kinetics of nickel leaching from spent catalyst in sulphuric acid

solution. **International Journal of Mineral Processing**, Amsterdam, v. 77, p. 231-236, 2005.

MYASOEDOVA, G.V.; Antokolskaya, I. I. Savvin, S. B.; New chelating sorbents for noble metals. **Talanta**, Amsterdam, v. 32, p. 1105-1112, 1985

PARODI, A.; Vincent, T.; Pilsniak, M.; Trochimczuk, A. W.; Guibal, E.; Palladium and platinum binding on an imidazol containing resin. **Hydrometallurgy**, Amsterdam, v. 92, p. 1-10, 2008.

PENG, L.; Guang-feng, L.; Da-lin, C.; Shao-yi, C.; Ning, T; Adsorption properties of Ag(I), Au(III), Pd(II) and Pt(IV) ions on commercial 717 anion exchange resins. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, Beijing, v. 19, p. 1509-1513, 2009.

SHAMS, K.; Beiggy, M. R.; Shirazi, A. G.; Platinum recovery from a spent industrial dehydrogenation catalyst using cyanide leaching followed by ion exchange. **Applied Catalysis A** Amsterdam, v. 258, p. 227-234, 2004.

SHAMS, K.; Goodarzi, F.; Improved and selective platinum recovery from spent γ -alumina supported catalysts using pretreated anionic ion exchange resin. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 131, p. 229-237, 2006.

SHEN, S.; Pan, T.; Liu, X.; Yuan, L.; Wang, J.; Zhang, Y.; Wang, J.; Guo, Z.; Adsorption of Rh(III) complexes from chloride solutions obtained by leaching chlorinated spent automotive catalysts on ion exchange resin Diaion WA211. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 179, 104-112, 2010a.

SHEN, S.; Pan, T.; Liu, X.; Yuan, L.; Zhang, Y.; Wang, J.; Guo, Z.; Adsorption of Pd(II) complexes from chloride solutions obtained by leaching chlorinated

spent automotive catalysts on ion exchange resin Diaion WA211. **Journal of Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 345, p. 12-18, 2010b.

SUN, P. P.; Lee, M. S.; Separation of Pt from hydrochloric acid leaching solution of spent catalysts by solvent extraction and ion exchange. **Hydrometallurgy**, Amsterdam, v. 110, p. 91-98, 2011.

SUN, P. P.; Lee, J. Y.; Lee, M. S.; Separation of platinum(IV) and rhodium(III) from acidic chloride solution by ion exchange with anion resins. **Hydrometallurgy**, Amsterdam, v. 113-114, p. 200-204, 2012.

VELEY, V. H.; Manley, J. J.; Some physical properties of nitric acid solutions. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 69, p. 86-119, 1901.

WOŁOWICZ, A.; Hubicki, Z.; Palladium complexes adsorption from the chloride solutions with macrocomponent addition using strongly basic anion exchange resins. **Hydrometallurgy**, Amsterdam, v. 98, p. 206-212, 2009a.

WOLOWICZ, A.; Hubicki, Z.; Sorption of palladium(II) complexes onto the styrene-divinylbenzene anion exchange resins. **Chemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 52, p. 72-79, 2009b.

WOLOWICZ, A.; Hubicki, Z.; Comparison of strongly basic anion exchange resins applicability for the removal of palladium(II) from acidic solutions. **Chemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 171, p. 206-215, 2011.

ZAGORODNI, A. A.; **Ion Exchange Materials: Properties and Applications**. Amsterdam: Elsevier, 2006.

Degradação redutiva, fenton e foto fenton no tratamento de efluente de condicionador capilar e filtro solar

Reductive degradation, fenton and photo-fenton in the treatment of hair conditioner and sunscreen

Pryscilla Martins de Andrade ¹, Weberson de Oliveira Morais¹,
Carlos Rafael Dufrayer¹, Núbia Natália de Brito ^{1*}

*Laboratório de Tratamento de Águas Residuárias, Instituto de Química,
Universidade Federal de Goiás – Goiânia - GO, Brasil.*

** nubiabrito@ufg.br*

Submetido em 28/04/2017; Versão revisada em 21/08/2017; Aceito em 24/08/2017

Resumo

Neste trabalho estudou-se o tratamento de efluente simulado em laboratório, da linha de produção de condicionador capilar e filtro solar. Integraram-se as tecnologias de tratamento: degradação via redução com ferro zero seguida de reação de Fenton, e como polimento final coagulação/floculação, para o tratamento do efluente simulado da linha de condicionador capilar. Para o efluente simulado de filtro solar foi estudada a remoção de fenóis totais via foto-Fenton. Alcançaram-se ao final dos tratamentos, referente ao efluente de condicionador capilar, reduções de 55,54 % para Demanda Química de Oxigênio, e remoção de turbidez em 46,27 %, tempo de tratamento 240 min. Para o efluente de filtro solar foi possível observar 74,10 % de remoção de fenóis totais, principal parâmetro monitorado, cuja concentração inicial era de 0,710 mg L⁻¹ e concentração pós foto-Fenton de 0,184 mg L⁻¹ tempo de tratamento 60 min. As integrações dessas tecnologias se mostraram importantes na remoção dos valores de alguns parâmetros de controle ambiental de uma matriz recalcitrante da indústria cosmética.

Palavras Chave: Tratamento de efluentes, Cosméticos, Fenton

Abstract

In this work, we have studied the treatment of the simulated effluent in the laboratory of the production line of capillary conditioner and sunscreen. The proposal was the integration of treatment technologies: degradation via zero iron reduction followed by Fenton reaction and as the final coagulation/flocculation polishing. For the simulated sunscreen effluent, the removal of total phenols based on the photo-Fenton was studied. Referring to the effluent of capillary conditioner, at the end of the treatments were achieved: reductions of 55.54% for Chemical Oxygen Demand, and removal of turbidity in 46.27%, treatment time 240 minutes. Referring to the sunscreen effluent, it was possible to observe: 74.10% of removal of total phenols, the main monitored parameter, whose initial concentration was 0.710 mg L⁻¹ and post photo-Fenton concentration of 0.184 mg L⁻¹, treatment time 60 minutes. The integrations of these technologies proved to be important in the removal of the values of some parameters of environmental control of a recalcitrant matrix of the cosmetic industry.

Keywords: Treatment, Cosmetic, Fenton.

INTRODUÇÃO

A produção industrial de cosméticos não é apenas uma atividade voltada aos interesses da beleza e da vaidade humana. Hoje a importância do cosmético se estende também à área da saúde, uma vez que eles são considerados agentes de proteção corporal, capilar e dermatológico. Como toda atividade industrial, a cosmética gera uma grande quantidade de resíduos, que uma vez em contato com a água, acabam por gerar efluentes com elevada carga orgânica, em termos de demanda química de oxigênio (DQO), com pouca biodegradabilidade, bem como níveis elevados de sólidos em suspensão e óleos e graxas (BAUTISTA et al., 2008; BOGACKI, MARCINOWSKI e NAUMCZIK, 2015; MONSALVO et al., 2014; ANDRADE e BRITO, 2016).

Como alternativa para o tratamento desse tipo de efluente o processo via degradação redutiva e reação de Fenton devidamente otimizados podem apresentar-se como tecnologias interessantes para o tratamento de efluentes cosméticos simulados da linha de produção de condicionadores capilares.

A degradação redutiva utilizando o Fe^0 é um agente redutor relativamente forte frente a uma série de substâncias, tais como íons hidrogênio, carbonatos, sulfatos, nitratos e oxigênio. Assim, a corrosão do ferro zero é um processo eletroquímico no qual a oxidação do Fe^0 a Fe^{2+} é a semi-reação anódica. Sendo que a reação catódica associada varia de acordo com a reatividade das espéciesceptoras de elétrons presentes no meio (PEREIRA e FREIRE, 2005; FU, DIONYSIOU e LIU, 2014).

Para o tratamento do efluente simulado da linha de produção de condicionadores capilares pós-degradação redutiva com Fe^0 a reação de Fenton, um dos Processos Oxidativos Avançados (POA), pode ser utilizada a fim de diminuir a carga orgânica do efluente, visto que, os mesmos possuem potencial de mineralização dos poluentes que se baseiam em reações de degradação que envolve a geração de

espécies altamente oxidantes, tais como o radical hidroxila ($\cdot OH$) (CAMPOS e BRITO, 2014).

Com relação ao efluente simulado da linha de produção de filtro solar, segundo Gohary, Tawfik e Mahmoud (2010) são caracterizados do ponto de vista ambiental com alta concentração de compostos orgânicos de difícil biodegradação, presença de detergentes (surfactantes aniônicos) e óleos e graxas.

É importante ressaltar que a preparação do mesmo envolve uma gama de estruturas aromáticas e grupos hidrofóbicos capazes de atenuar a transmissão de fótons de energia solar que alcançam a superfície da terra e conseqüentemente o corpo humano, no entanto, pesquisas investigam que os reagentes químicos que compõem um filtro solar podem sofrer no meio fototransformação liberando compostos intermediários com potencial tóxico para a biota aquática (MORAIS e BRITO, 2016).

Tais compostos são os principais constituintes do efluente da indústria de cosmético e que levam a formação de espuma impedindo a aeração do meio e a transferência de substratos solúveis para micro-organismos que possivelmente iriam realizar a degradação da matéria orgânica o que conseqüentemente reduzirá a taxa de conversão do substrato (MORAIS e BRITO, 2016).

Recentemente a Environmental Protection Agency declarou que filtros solares podem ser considerados contaminantes emergentes e bioacumulativos porque são encontrados em vários ecossistemas aquáticos, além de apresentarem propriedades estrogênicas e podem se comportar como um desregulador endócrino (JI et al., 2013).

Segundo Ferrero et al. (2012); tratamentos biológicos convencionais isoladamente não conseguem degradar efetivamente efluentes contendo filtros solares. Sendo necessário o estudo de processos de tratamento que reduzam o impacto ambiental dos efluentes da produção de filtro solar, sendo a tecnologia de tratamento foto Fenton uma das opções dentre os inúmeros POA.

No processo foto-Fenton, íons Fe^{+2} catalisam a decomposição do peróxido de hidrogênio formando o radical hidroxila ($\cdot OH$), poderoso agente oxidante. Neste processo os íons Fe^{+2} sofrem oxidação a íons Fe^{+3} que podem ser reduzidos a Fe^{+2} , com a utilização da radiação ultravioleta (UV) ou visível com a posterior liberação de mais 1 mol de radical hidroxila (DEL CAMPO et al., 2014).

Sendo assim este trabalho propôs a integração de tecnologias de tratamento iniciando com a degradação redutiva utilizando como fonte alternativa e de baixo custo o ferro metálico, com posterior aplicação de um processo oxidativo avançado via reação de Fenton e finalizando com um polimento final via coagulação/floculação para o tratamento de efluente simulado da linha de produção de condicionadores capilares. Realizou-se também o tratamento de efluente simulado da linha de produção de filtros solares com o foco na remoção de fenóis totais utilizando para isto a tecnologia de tratamento via Foto Fenton.

MATERIAIS E MÉTODOS

Efluente simulado da linha de produção de condicionadores capilares

O condicionador capilar simulado foi manipulado com os seguintes componentes, seguidos com suas respectivas funções e porcentagens, que estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1

Componentes com suas respectivas funções e porcentagens usados na simulação do efluente de condicionador capilar.

Componente	Função	Porcentagem (%)
Água Desmineralizada	Veículo	93,14
EDTA Dissódico	Sequestrante/Quelante	0,2
Glicerina	Umectante	1,0
Quaternário de Amônio	Antiestático	0,87
Álcool Estearílico	Tensoativo/Surfactante	3,47
Extrato de Quinoa	Condicionante	0,17
Extrato de logurte	Condicionante	0,17
Corante Amarelo	Corante/ Pigmento	0,1
Ácido Hialurônico	Ajuste de pH /Corretor de pH	0,03
Óleo Mineral	Condicionante	0,33
Isotiazolinona	Conservante	0,05
Poliquatérnio7	Hidratante	0,3
Fragrância	Corretor de Odor	0,17

A solução do efluente simulado da linha de produção de condicionadores capilares foi preparada com água de torneira em pH 6,78 natural da solução e à temperatura ambiente ($25^{\circ}C$), com uma composição a 2,0% de condicionador. Para a correção de pH da solução, foi utilizado soluções de hidróxido de sódio $3,0 \text{ mol L}^{-1}$ e ácido sulfúrico a $3,0 \text{ mol L}^{-1}$.

Procedimento experimental para o tratamento via degradação redutiva integrada à reação de Fenton e coagulação/floculação.

No processo redutivo foi utilizado como fonte de ferro metálico, palha de aço fina, média e grossa (nº 0, 1 e 2, respectivamente) da marca Assolan®. No processo oxidativo avançado, foi utilizado peróxido de hidrogênio 10% m/v padronizado por titulação permanganométrica.

Os ensaios de degradação redutiva/oxidativa foram realizados em reator de bancada (figura 1), apresentando volume de 2,0 L. A agitação do processo foi mantida contínua por meio da recirculação da solução em estudo através de uma bomba hidráulica (Invensys Ba 1115-02U 220 V 60 Hz 34 W), sob vazão constante de $108,0 \text{ mL min}^{-1}$.

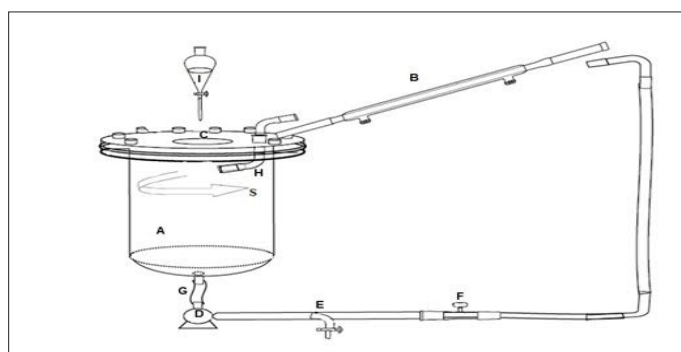


Figura 1 - Esquema genérico do reator de bancada utilizado

A: Câmara de reação; B: Condensador para conexão com a cúpula do reator; C: Entrada para palha de aço; D: Bomba hidráulica para recirculação; E: Torneira para coleta de amostras; F: Regulador de vazão da recirculação; G: Saída de efluente para recirculação; H: Entrada de efluente; I: Funil para controle de entrada de H_2O_2 ; S: Sentido de movimento do efluente dentro do reator.

O procedimento de tratamento da solução do efluente em estudo foi realizado da seguinte forma: 60 minutos de recirculação redutiva com ferro

metálico, posteriormente foi retirada a palha de aço do sistema e experimentou-se 60 minutos de recirculação oxidativa com peróxido de hidrogênio 10% m/v, em seguida foi realizado uma correção de pH para 8,0 em 60 minutos de recirculação e 60 minutos de repouso para o monitoramento da sedimentação dos possíveis flocos formados na etapa de coagulação/floculação. Apresentando um tempo total de tratamento de 240 minutos.

O resíduo final, subproduto das tecnologias de tratamento em estudo, constituiu-se do lodo inerente aos tratamentos químicos. O lodo gerado foi devidamente acondicionado no laboratório de tratamento de águas residuárias (Labtar) para posterior encaminhamento a incineração.

A otimização do tratamento do efluente em estudo foi realizada inicialmente com o tratamento via redução com ferro metálico, e posteriormente o tratamento via reação de Fenton, para dar início aos estudos utilizou-se planejamentos fatoriais. Os valores das variáveis adotados partiu-se dos dados experimentados por Malheiros et al. (2015) e Moraes e Brito, (2015).

Efluente simulado da linha de produção de filtros solares

O efluente simulado de filtro solar foi preparado utilizando amostras de filtro solar adquiridas em uma indústria de cosméticos da região metropolitana de Goiânia-GO. No procedimento de simulação foram utilizadas alíquotas com massa conhecida de filtro solar puro para um volume específico de água de abastecimento público. O parâmetro utilizado como referência para caracterização da solução preparada foi à turbidez, a qual apresentou valor de 4966 NTU, valor este que foi o mais próximo possível do efluente real, já caracterizado previamente.

O filtro solar, de acordo com informações cedidas pela indústria de cosmético, apresenta em sua composição principalmente: óleo mineral e álcool de lanolina (como base), metil-parabeno (éster fenólico), propil parabeno (éster fenólico),

benzofenona 3 (difênil metanona), álcool cetosteárico etoxilado, palmitato de cetila, BHT (di-terc-butil metil fenol), dióxido de titânio, trietanolamina, estearato de octila, salicilato de octila, propilenoglicol, ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), imidazolidinil-uréia, dentre outros. Os compostos apresentam cadeias longas com grupos de átomos que dificultam processos biológicos de tratamento de efluentes, como é o caso dos fenóis totais.

Reator Fotocatalítico-Foto Fenton

Os ensaios de degradação fotocatalítica foram realizados no reator apresentado na figura 1 acoplado agora uma fonte de radiação policromática na faixa do UV-Vis, assegurada por uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão, de 250 W de potência (Osram HQL 250 W). A lâmpada era suportada por um tubo de borossilicato, o qual era mergulhado no reator permitindo a irradiação (na faixa do visível) do seu interior de forma uniforme.

A agitação do processo foi mantida contínua por meio da recirculação do efluente a ser tratado através de uma bomba hidráulica (Invensys Bav 1115-02U 220 V 60 Hz 34W). O sistema de refrigeração consistia em um condensador espiral, o qual permitia manter a temperatura no interior do reator entre 25-70 °C.

O tratamento via reação foto-Fenton foi realizado apenas no efluente simulado da linha de produção de filtro solar, após o mesmo ser tratado via processo Fenton, na tentativa de uma remoção maior na concentração de fenóis totais. Para isto as condições experimentais foram pH= 3,17, concentração remanescente de Fe^{2+} 0,27 mg L⁻¹, concentração remanescente de H₂O₂ 0,17 mg L⁻¹ em condições controladas de vazão de recirculação do efluente a ser tratado (variação da vazão 1000; 1200; 1500 mL.min⁻¹) e temperatura (variação da temperatura 35°C; 45°C; 55°C), com tempo total de 60 minutos de tratamento dentro do reator.

Parâmetros analíticos

Na avaliação da eficiência dos tratamentos em estudo foram empregados os seguintes parâmetros: pH, cor verdadeira (absorvância), turbidez, condutividade, ferro total solúvel, peróxido de hidrogênio residual, matéria orgânica (Demanda Química de Oxigênio-DQO) curva padrão de concentração de condicionador capilar e fenóis totais.

As determinações dos valores de pH, coloração verdadeira, turbidez, condutividade, fenóis totais e Demanda Química de Oxigênio foram realizadas conforme Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition, (APHA, 2012).

A análise de ferro total foi realizada pelo método da ortofenantrolina segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 13934, 1997).

O peróxido de hidrogênio residual foi baseado na reação entre peróxido de hidrogênio e o íon vanadato (VO_3^-) em meio ácido. A reação leva à formação de íon peroxovanádio (VO_2^{3+}) de coloração avermelhada que absorve fortemente em 446 nm (Oliveira et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tratamento de efluente simulado da linha de produção de condicionador capilar por degradação redutiva, reação e Fenton e coagulação/floculação.

Inicialmente, foi realizada uma varredura espectral de 200 a 800 nm do efluente a ser estudado, para obter o máximo de absorção em um determinado comprimento de onda. Através desta varredura, foi possível observar picos nos comprimentos de onda em torno de 250 nm e 400 nm, segundo Boroski et al. (2009), em torno de 254 nm correspondem a regiões alifáticas, em 284 nm é relatado grupos aromáticos, por exemplo, fenóis, em 310 nm correspondem a anéis aromáticos conjugados.

Ainda, de acordo com Mandal et al. (2010),

elevadas absorções em comprimentos de ondas próximos a 350-400nm indicam uma elevada concentração de matéria orgânica no efluente. Portanto a diminuição da intensidade de absorção no comprimento de onda de 350-400nm pode indicar uma degradação eficiente nos compostos orgânicos em solução.

Diante do exposto foi obtido na região do visível o pico máximo de absorção no comprimento de onda de 400 nm, sendo este escolhido para o monitoramento das análises de cor, e posteriormente, na construção da curva padrão de concentração de condicionador capilar.

Para obter as eficiências de cada etapa, foi necessário realizar uma caracterização do efluente simulado "bruto", referente a parâmetros ambientais, para assim, compará-los ao final de cada tratamento (Tabela 2).

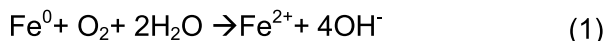
Tabela 2
Caracterização do efluente simulado "bruto"- Condicionador capilar

Parâmetros	Efluente simulado "Bruto"
pH	6,78
Cor 400 nm	0,073
Turbidez	188 NTU
Condutividade	91,70 $\mu\text{S cm}^{-1}$
DQO mg $\text{O}_2 \text{ L}^{-1}$	5.743,35
Fenóis totais	1,503 mg L^{-1}

No tratamento via degradação redutiva a reação ocorre pelo ferro metálico no estado de oxidação zero, (Fe^0) que libera 2 elétrons e é levado a íon ferroso, de estado de oxidação +2, (Fe^{2+}); essa reação possui um potencial padrão de redução igual a -0,440 V. Este valor sugere que o Fe^0 é um agente redutor relativamente forte se comparado a outras substâncias tais como, íons hidrogênio, carbonatos, sulfatos, nitratos e muitos outros compostos.

Dessa forma, a corrosão do ferro zero é um processo eletroquímico no qual a oxidação do ferro metálico ao íon ferroso é a semi-reação anódica. A semi-reação catódica, sob condições aeróbias, envolve o O_2 como acceptor de elétrons.

Neste caso, a reação com ferro produzirá Fe^{2+} e OH^- (equação 1) (PEREIRA e FREIRE, 2005; FU, DIONYSIOU e LIU, 2014).



Conforme o que foi proposto, o tratamento via redução com ferro metálico, utilizando como uma fonte alternativa e de baixo custo a palha de aço, foi otimizado a partir de um planejamento fatorial 2^3 , onde as variáveis foram o pH da solução (3,0 e 7,0), a massa de ferro (1,0 e 3,0 gramas) e o tipo de palha de aço (nº 1 e 2), com um tempo de tratamento de 60 minutos.

Para a construção do planejamento fatorial, foi necessário estudos da literatura de tratamentos redutivos e oxidativos, de diversas matrizes, para que se pudesse chegar a valores para as variáveis a serem testadas. O trabalho mais relevante utilizado para montar o planejamento fatorial foi o de Malheiros e colaboradores (2015), com tratamento de corantes têxteis por processo degradativo redutivo, reação de Fenton, coagulação/floculação e filtração lenta.

Foi monitorada nesta etapa a remoção de cor no comprimento de onda de 400 nm e acompanhou-se o pH da solução ao final do tratamento via degradação redutiva. Como pode ser visto na tabela 3.

De acordo com a tabela 3, pode-se observar que os sinais positivos para a remoção de cor, indicam ganho de cor, isto pode ocorrer devido ao excesso de ferro metálico que pode gerar excesso do íon ferroso e férrico, estes por sua vez, formam oxihidróxidos férricos solúveis sendo possivelmente a causa do aumento da absorvância observados no comprimento de onda de 400 nm conforme equação 1 (CAMPOS e BRITO, 2014).

O melhor resultado obtido foi no experimento 4 com as seguintes condições: valor de pH 7,0, massa de ferro 3,0 gramas e número 1,0 da palha de aço, alcançando 33,00% de remoção de cor em um tempo de tratamento de 60 minutos. Posteriormente visando alcançar melhores resultados, foi proposto um planejamento fatorial 3^3 com 27 experimentos, sendo as variáveis: pH (3,0; 5,0 e 7,0), massa da palha de aço (1,0; 3,0 e 6,0 gramas) e número da palha de aço (0, 1 e 2).

Através deste planejamento fatorial, foi possível observar uma remoção de cor similar para os experimentos 16 e 18, ambas em torno de 35,00%. Para a escolha do melhor experimento, foi realizada uma caracterização para ambos experimentos, comparando-os por outros parâmetros, com o efluente simulado "bruto"; sendo observados os parâmetros de cor, turbidez, DQO, ferro total solúvel e acompanhou-se o pH da solução ao final do tratamento via degradação redutiva com Fe^0 .

Os níveis dos experimentos 16 e 18 e a tabela 4 com a caracterização dos experimentos seguem abaixo:

Experimento 16 número da palha 1,0, pH inicial 7,0 e massa da palha de 3,0 gramas.

Experimento 18 número da palha 1,0, pH inicial 7,0 e massa da palha de 6,0 gramas.

O efeito positivo do aumento da massa de ferro era esperado, principalmente, em razão da maior disponibilidade de sítios reativos. Através dos dados obtidos, foi escolhido o experimento 18, com remoções de turbidez de quase 24%, cor em torno de 37% e DQO próxima a 34%, gerando ao meio

Tabela 3

Planejamento fatorial 2^3 . Degradação redutiva. Tempo de tratamento 60 minutos.

Variável	Nível (-)			Nível (+)	
MPa / g	1,0			3,0	
pH	3,0			7,0	
Nº da palha de aço	1,0			2,0	
Experimento	Degradação redutiva: 60 minutos				
	Níveis			% Redução de cor (400nm)	pH final
1	-	-	-	+ 14,93%	4,32
2	+	-	-	- 21,43%	6,22
3	-	+	-	- 6,49%	7,24
4	+	+	-	- 33,00%	7,43
5	-	-	+	+ 13,64%	5,59
6	+	-	+	+ 18,83%	6,22
7	-	+	+	+ 5,19%	7,47
8	+	+	+	- 7,79%	7,28

aproximadamente 2,5 mg L⁻¹ de Fe²⁺. Assim, foi otimizado com o número da palha de aço 1,0 o pH inicial da solução em 7,0 e a massa da palha de aço de 6,0 gramas.

Tabela 4

Caracterização do efluente simulado bruto e pós-redução em duas condições: Experimento 16 e experimento 18.

Parâmetros	Efluente simulado "bruto"	Experimento 16- pós-redução	Experimento 18- pós-redução
pH final	6,78	7,43	6,82
Ferro total	----	0,77 mg L ⁻¹	2,47 mg L ⁻¹
Turbidez (remoção%)	188 NTU	189 NTU (+ 0,53%)	143 NTU (-23,94%)
Cor (400nm) (remoção%)	0,073	0,049 (-33,00%)	0,044 (-39,73%)
DQO (mgO ₂ L ⁻¹) (remoção%)	5.743,35	4.938,90 (- 14,00%)	3.767,40 (-34,40%)

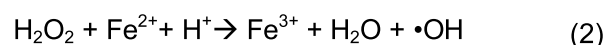
Nas condições experimentais, no processo redutivo não foi possível obter níveis de eficiência satisfatórios visto que o processo redutivo se apresenta mais eficiente em meio ácido, pois em pH básico ocorre à formação de óxidos e hidróxidos de ferro, que formam uma camada na superfície de ferro metálico, o que reduz a sua reatividade. Por sua vez, pode ocorrer também a adsorção de compostos que contém grupos funcionais doadores de elétrons, como oxigênio, nitrogênio ou enxofre, em superfícies minerais que contenham metais (CAVALLOTI, et al., 2009).

Portanto, pode-se sugerir a adsorção do composto de partida, ou da sua forma reduzida, na superfície ativa do ferro metálico. A matriz em estudo contém compostos com grupos funcionais doadores de elétrons, portanto a hipótese de adsorção na superfície metálica não pode ser descartada.

O fato do processo redutivo, gerar íons ferrosos (Fe²⁺) no meio, sugere que a tecnologia de tratamento via reação de Fenton possa ser aplicada, aproveitando o ferro remanescente da tecnologia anterior (degradação redutiva). A reação de Fenton se apresenta muito promissora no que diz respeito à

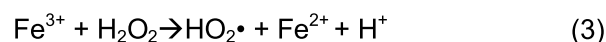
oxidação da matéria orgânica, e por utilizar Fe²⁺ e peróxido de hidrogênio, esta foi integrada e estudada neste trabalho.

Na reação de Fenton o íon ferroso, gerado a partir do processo via redução de ferro metálico, reage com o H₂O₂ que gera o radical ·OH que possui um alto poder oxidativo, o que o torna interessante para o tratamento de efluentes. O processo leva à geração de radical hidroxila, na proporção de 1:1, com o peróxido de hidrogênio, do meio, isto pode ser observado na equação 2.



Os íons ferrosos podem atuar como catalisadores para decomposição do peróxido de hidrogênio (H₂O₂), em meio ácido, gerando radical hidroxila, extremamente reativo, capaz de oxidar a matéria orgânica presente em efluentes de forma efetiva e em um pequeno tempo, na ordem de minutos (NOGUEIRA et al., 2007).

Na segunda reação do ciclo catalítico de Fenton, ocorre um decaimento do pH do meio ao final do processo, pois, o Fe³⁺ reage com o peróxido de hidrogênio, e forma outro radical, de menor potencial redox, o hidroperoxila (1,42 V) (equação 3) (NOGUEIRA et al., 2007).



Para a otimização desse processo, foi necessário um reajuste de pH em torno de 3,0 visto que, a reação de Fenton só ocorre em meio ácido, já que em pH básico, os íons hidroxilas capturam o ferro do meio, e precipitam em forma de hidróxidos. Para este estudo, não foi acrescentado ferro ao meio, tendo como objetivo o aproveitamento do Fe²⁺, gerado anteriormente pelo processo de degradação redutiva.

A otimização desse processo, foi realizada em três níveis de volume de peróxido de hidrogênio (10,0%), a tabela 5 apresenta os dados obtidos experimentalmente.

Tabela 5

Variação de volume de peróxido de hidrogênio.
Tempo de tratamento 60 minutos, pH inicial 3,0.

Variável	Efluente pós-redução	Pós-Fenton	Pós-Fenton	Pós-Fenton
		Nível (-)	Nível (0)	Nível (+)
H ₂ O ₂ (mL)	---	2,0	5,0	8,0
pH final	6,82	3,23	3,36	3,59
Ferro total (mg L ⁻¹)	2,47	0,77	1,46	1,59
Turbidez final (NTU) (remoção%)	143	112 (-21,68%)	102 (-28,67%)	100 (-30,07%)
Cor 400 nm (remoção%)	0,044	0,022 (-52,17%)	0,025 (-43,18%)	0,026 (-43,48%)
DQO (mg O ₂ L ⁻¹) (remoção %)	3.767,40	3145,65 (-16,50%)	2880,45 (-23,54%)	3662,10 (-2,79%)

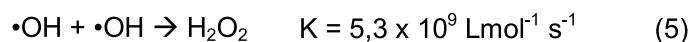
A concentração de H₂O₂ tem um papel importante sobre a eficiência do processo. Se por um lado, o peróxido de hidrogênio age como uma fonte de radicais livres, por outro, pode agir como interceptador de radicais, como mostrado na equação 4:



O aumento na concentração de H₂O₂ não pode ser feito, portanto, além de certos limites, pois o peróxido de hidrogênio reage com o radical hidroxila (2,80 V) gerando o radical hidroperoxila, o qual apresenta um potencial de oxidação inferior (1,42 V), o que pode ser observado para o volume de 8,0 mL de H₂O₂ que foram adicionados ao nível (+), o qual apresentou uma menor remoção de matéria orgânica, cerca de 2,79%, podendo assim, ser explicado pela equação anteriormente citada (BOGACKI, MARCINOWSKI e NAUMCZIK, 2015).

Além de reagir com o peróxido de hidrogênio, como mostra a equação 4, os radicais hidroxilas podem reagir entre si, obtendo como produto o

peróxido de hidrogênio novamente (eq. 5), diminuindo a concentração do radical no meio e diminuindo a eficiência da reação de Fenton (ANDRADE et al., 2015).



Portanto, com base na otimização realizada, com os valores dispostos na tabela 5 o volume “ótimo” para remoção, tanto dos valores de DQO quanto dos valores de absorvância foi quando utilizado o volume de 5,0 mL de peróxido de hidrogênio (nível 0), com remoções de turbidez em torno de 28%, cor em torno de 43% e matéria orgânica (DQO) cerca de 24%.

Para melhorar ainda mais a eficiência do tratamento proposto poderia ter sido aumentada a concentração de Fe²⁺ e H₂O₂, pois sabe-se que a concentração de Fe²⁺ é responsável pelo ciclo catalítico e a concentração de H₂O₂ tem um papel importante sobre a eficiência do processo agindo como um dos precursores para a geração do radical hidroxila (XIANGJUAN e HUI-LONG, 2009).

No tratamento realizado também pode ocorrer à coagulação/floculação, dualidade da tecnologia via reação de Fenton. Os íons ferrosos podem ser oxidados a íons férricos e complexos hidroxil de Fe³⁺ que viabilizarão a coagulação e com isto a remoção de sólidos suspensos que são coagulados, floculados e precipitados (MORAIS e BRITO, 2015).

Esta tecnologia poderia ser integrada ao final do tratamento, como um polimento final, sendo necessária a utilização de um polieletrólito (polímero), como floculante para a obtenção de melhores resultados. Para isso, o pH foi corrigido para 8,0 com recirculação de uma hora e posteriormente, colocado em repouso para sedimentação durante 60 minutos.

Durante o repouso, foi coletado alíquotas de 60 em 60 minutos (até 240 minutos), para realizar uma otimização do tempo e para sedimentação dos possíveis flocos. Os parâmetros monitorados

foram DQO e turbidez que podem ser observados na figura 2.

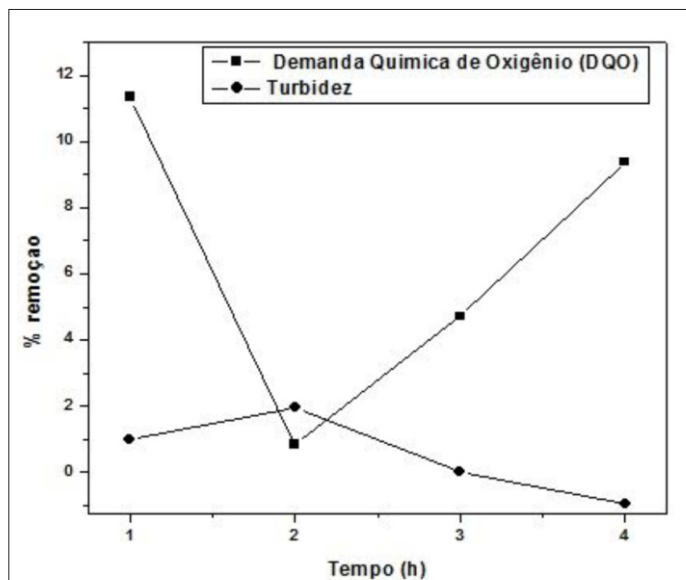


Figura 2: Gráfico de eficiência de remoção.

Foi monitorado também os parâmetros de cor, fenóis totais e condutividade. Não foi obtido remoção de cor durante o tempo de sedimentação (240 minutos), e não houve remoção de fenóis totais, e ainda para a condutividade, não houve aumento significativo para tal. Como pode ser visto pela figura 2, para o tempo de 60 minutos, foi possível observar uma diferença significativa de DQO, apresentando remoção de 11,35%, o qual se apresentou ao final, concentração de ferro total de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo este o tempo fixado para a sedimentação dos flocos.

Objetivando determinar a concentração final do efluente após o tratamento proposto, foi realizada a construção de uma curva padrão (condicionador capilar) de concentração do mesmo. A faixa de concentração utilizada para a construção da curva variou de 0,02 a 0,1 %, em 5 padrões distintos, sendo que as leituras de absorvância foram realizadas num comprimento de onda de 400 nm. Os resultados obtidos foram submetidos ao procedimento de regressão linear em software específico (Origin®), obtendo um coeficiente de correlação R^2 de 0,99686 e coeficientes linear e angular com erros de 0,00126 e 0,01893 respectivamente.

Ao final do tratamento, a concentração de

condicionador capilar encontrada foi de 0,036%, o que implica uma remoção de quase 111 vezes da composição do efluente simulado em laboratório.

E para finalizar, construiu-se um gráfico com a eficiência obtida para os parâmetros monitorados de cor, turbidez e DQO, em cada etapa do tratamento, e as remoções obtidas de forma global, que podem ser observados na figura 3.

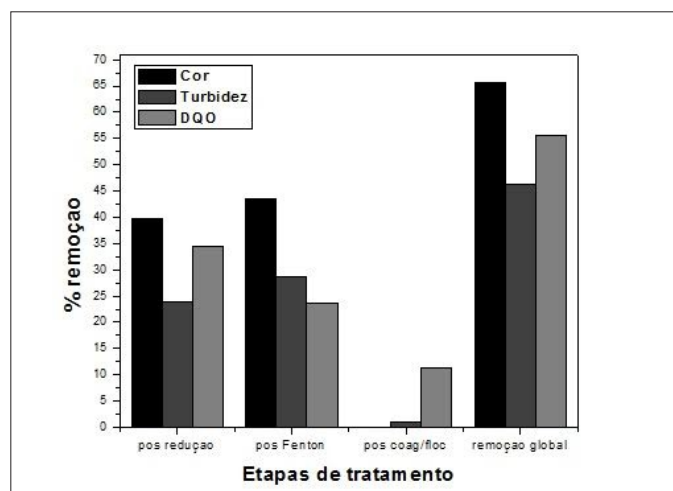


Figura 3: Remoções obtidas durante os tratamentos: Degradação reductiva, Reação de Fenton e Coagulação/floculação. Remoção global.

Portanto para a integração de tecnologias apresentadas neste estudo, alcançou-se as remoções de 49,75% de DQO, 65,75% de Cor e turbidez de 45,74% com um tempo final de tratamento de 240 minutos.

Durante o tratamento, não foi possível observar a remoção de fenóis totais apresentando concentrações final de $1,50 \text{ mg L}^{-1}$. O peróxido de hidrogênio residual alcançou remoção considerável de 97,47% não representando potenciais problemas durante o descarte. A condutividade aumentou de $91,7 \mu\text{S cm}^{-1}$ para $186,2 \mu\text{S cm}^{-1}$ devido a introdução de íons no meio e a possível mineralização da matéria orgânica a íons inorgânicos, os valores citados também não representam graves problema ambientais. Além disso, a concentração de ferro total obtida ao final do tratamento foi de $0,50 \text{ mg.L}^{-1}$, alcançando assim o valor permitido para descarte em mananciais conforme resolução Conama 357/2005 e 430/2011, que é de no máximo 15 mg.L^{-1} .

Em trabalho realizado por Marchetti (2014), alcançaram-se 88,68% de remoção de DQO e 99,89% de turbidez, utilizando um tratamento com sulfato de alumínio e biopolímero no processo de coagulação/floculação, com os parâmetros otimizados em uma mistura de sulfato de alumínio com concentração relativamente alta de 300 mg L⁻¹, coagulante natural Ecofloc 50 MX dosagem de 0,5 mL L⁻¹, para tratamento de efluente líquido de cosméticos.

Já Morais e Brito (2016), obtiveram remoções de 90,75% DQO e 99,61% de turbidez, para um tratamento de efluente simulado da linha de produção de filtro solar, utilizando reação de Fenton, com a concentração de ferro otimizada em 110 mg L⁻¹ e de H₂O₂ em 700 mg L⁻¹, e um valor de pH de 4,5 com um tempo de 226 minutos e 30 segundos.

Nas duas citações acima se utilizou maiores concentrações de coagulantes ou de Fe²⁺ e H₂O₂ aumentando conseqüentemente o tempo de tratamento também, no que se refere apenas à reação de Fenton.

Neste estudo sugere-se para melhorar os níveis de eficiência de remoção dos valores de parâmetros ambientais: Disponibilizar melhor a concentração de Fe²⁺ no meio impulsionando de forma eficiente à reação de Fenton. E ao final do tratamento, com otimização dos valores de pH, concentração de coagulante e polieletrólito conduzir o tratamento para a coagulação/floculação, como polimento final.

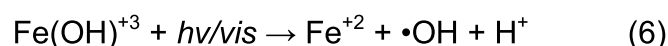
Tratamento do efluente simulado da linha de produção de filtro solar por foto Fenton

O tratamento via reação foto-Fenton foi proposto a fim de verificar a viabilidade de aplicação na degradação de fenóis totais, que pelo processo Fenton não apresentou o rendimento esperado em conformidade com a resolução Conama 430 de 2011.

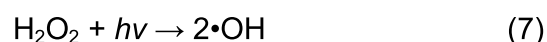
De acordo com Gómez e colaboradores (2012), uma opção para minimizar o efeito inibidor da reação provocado pelo excesso de ferro no sistema é utilizar

o Fe⁺³, produto da oxidação do Fe⁺² durante a catálise de decomposição do peróxido de hidrogênio, para gerar maior concentração de radical hidroxila.

Dessa forma foi aproveitado o residual de ferro total solúvel (0,27 mg L⁻¹) e de H₂O₂ (0,17mg L⁻¹) constituindo uma relação de 1,58:1 de Fe²⁺:H₂O₂ pós Fenton, para posterior aplicação do processo foto-Fenton. Este processo é caracterizado pela utilização da radiação na faixa do visível para regeneração fotolítica de íons Fe⁺² a partir de complexos de Fe⁺³ com a posterior geração de uma maior quantidade de radical hidroxila (equação 6) (DEL CAMPO et al., 2014).



Sob radiação o peróxido de hidrogênio sofre cisão homolítica produzindo de forma direta o radical hidroxila (equação 7) (DEL CAMPOS et al.; 2014).



Para dar início aos estudos foi construído um planejamento fatorial 2², com ponto central, dois níveis e duas variáveis, com vazão controlada em 1000, 1200 e 1500 mL min⁻¹ e a temperatura em 30/35, 40/45 e 50/55°C. De acordo com a tabela 6, os valores de remoção dos parâmetros cor (absorvância), DQO e turbidez se mostraram satisfatórios.

Tabela 6
Planejamento fatorial 2² com ponto central para tratamento via reação Foto-Fenton. Tempo de tratamento 60 minutos e pH inicial 3,17

Variável	Nível (-)	Nível (0)	Nível (+)
Vazão de Recirculação mL min ⁻¹	1000	1200	1500
Temperatura	30/35	40/45	50/55
Ensaio	Vazão	Temperatura	% Remoção Absorvância-DQO - Turbidez
1	-	-	98,80 – 82,90 – 96,50
2	+	+	91,70 – 81,50 – 94,90
3	-	+	93,70 – 84,00 – 96,30
4	+	-	90,00 – 77,40 – 92,50
5	0	0	92,20 – 84,00 – 94,00

As melhores condições de tratamento do efluente tratado por reação foto-Fenton foi quando submetido ao tratamento em reator, com uma vazão de 1000 mL min⁻¹ em temperatura de 30/35°C, sob radiação utilizada na faixa do visível em pH 3,17 (teste 01). Nestas condições o tratamento apresentou uma remoção de 98,80% da absorvância, 82,90% da DQO e 96,50% da turbidez. Apresentando um valor de absorvância final em torno de 0,008, de DQO de 153,00 mg L⁻¹O₂ e de turbidez de 5,14 NTU.

Após o tratamento via foto-Fenton, o efluente tratado apresentou uma concentração de 0,184 mg.L⁻¹ de fenóis totais. A concentração deste se enquadra na resolução Conama 430 de 2011 (0,50 mg.L⁻¹), sendo então o tratamento via reação foto-Fenton uma alternativa de alta eficiência no tratamento de efluentes com fenóis totais em sua composição.

Portanto para redução da concentração de fenóis totais de 0,710 mg L⁻¹ para 0,184 mg L⁻¹ e o devido enquadramento na legislação Conama 430/2011 foi necessário um tempo de 60 minutos de tratamento utilizando a reação de Foto Fenton.

Durante a remediação do efluente em estudo, alíquotas foram retiradas a cada cinco minutos para verificação da absorvância em 400 nm (máximo comprimento de onda absorção-varredura do comprimento de onda), e os resultados desta análise estão dispostos no gráfico da figura 04.

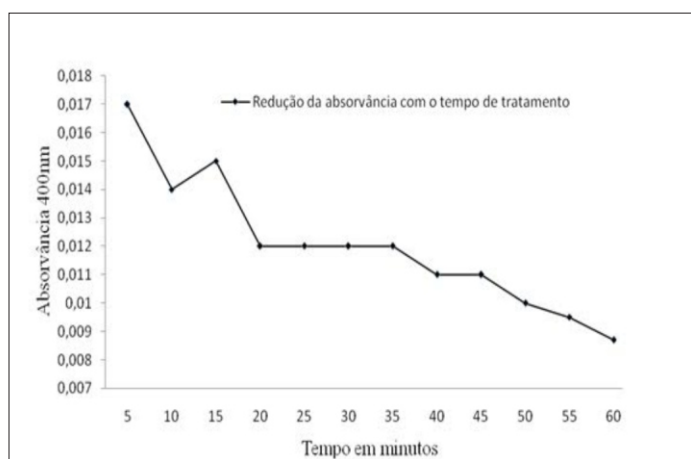


Figura 04: Estudo da remoção da absorvância em função do tempo de tratamento por foto-Fenton com vazão de 1000 mL min⁻¹ em temperatura de 30/35°C, sob radiação utilizada na faixa do visível em pH 3,17.

A análise do gráfico revelou uma diminuição na absorvância ao longo do tratamento. Nas duas primeiras leituras, de 05 a 10 minutos a absorvância sofreu uma diminuição e no tempo 15 minutos foi observado um pico maior que o tempo de 10 minutos. Este pico pode indicar a formação de alguma substância que posteriormente sofre degradação com o tratamento.

De acordo com a figura 04 a absorvância diminui até 20 minutos e se mantém constante até o tempo de 35 minutos, comprovando o tempo necessário para degradação dos compostos intermediários formados. Após o tempo de 35 minutos a absorvância diminuiu significativamente chegando ao valor de 0,008 no tempo de 60 minutos. Sendo assim o tratamento via reagente de Fenton para o efluente simulado de filtro solar, atenderam as expectativas acerca da eficiência do tratamento principalmente para o parâmetro em estudo: fenóis totais.

CONCLUSÃO

Para o tratamento via degradação reductiva, reação de Fenton e coagulação/floculação do efluente simulado da linha de produção de condicionadores capilares as principais remoções encontradas foram 55,54% de DQO, com 65,75% de Cor e turbidez de 46,27%, com os níveis otimizados para degradação reductiva de massa de 6,0 gramas de palha de aço, número 1 e pH 7,0, para a reação de Fenton, um volume de peróxido de hidrogênio de 5,0 mL e posteriormente com o ajuste de pH conduzindo o processo para coagulação/floculação. O tempo total de tratamento foi de 240 minutos.

A integração das tecnologias foi importante para a matriz poluente em estudo, no entanto, a fim de melhorar a remediação e alcançar melhores parâmetros para descarte sugere-se que ocorra uma adição de ferro no meio, já que a lã de aço otimizada não liberou o ferro necessário para seguir com a

reação de Fenton, lembrando que este, é responsável pelo ciclo catalítico da reação.

Para o tratamento de efluente simulado da linha de produção de filtros solares o objetivo principal foi o enquadramento do valor de fenóis totais na legislação federal vigente foi possível observar a elevada capacidade na degradação de contaminantes orgânicos que o mecanismo do tratamento via reação de Foto Fenton pode proporcionar, visto que, o mesmo envolve a geração de uma maior quantidade de radicais hidroxilas.

Os valores obtidos na remoção de fenóis totais de $0,710 \text{ mgL}^{-1}$ para $0,184 \text{ mgL}^{-1}$ possibilita o descarte conforme resolução Conama 430/2011; conclui-se que a aplicação dessa tecnologia pode ser uma alternativa para a remoção do valor deste parâmetro em efluentes em escala real.

Cabe salientar também a utilização da integração de outras tecnologias de tratamento com o objetivo de alcançar um melhor polimento final de efluentes provenientes da indústria de cosmético, efluentes estes extremamente recalcitrantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ pela bolsa concedida em nível de Iniciação Científica à estudante Priscilla Martins de Andrade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. 2012. **Standard Methods for the Water and Wastewater**. 22 ed. New York: APHA.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Determinação de ferro- Método colorimétrico da ortofenantrolina** ABNT-. NBR 13934. Rio de Janeiro, Agosto de 1997.

ANDRADE, P.M.; CARVALHO, M.A.; MIRANDA, A.S.; MARQUES, H.R.; CAMPOS, S.R.; BRITO, N.N. Remediation of textile dyes mixtures using TiO_2/vis -

Photocatalysis and Fenton $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Campinas-SP, v. 9, p.328- 338, 2015.

ANDRADE, P. M.; BRITO, N. N. Degradação Redutiva de Efluente Simulado da Linha de Produção de Condicionadores Capilares. In: **XXXV Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, 2016**, Cartagena-Colômbia. 59 Congreso Internacional: Agua, Saneamiento Ambiente y Energía Renovables. Cartagena-Colômbia: AIDIS-ACODAL, p. 1-4, 2016.

BAUTISTA, P.; MOHEDANO, A. F.; CASAS, J. A.; ZAZO, J.A.; RODRIGUEZ, J. J. An overview of the application of Fenton oxidation to industrial wastewaters treatment. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, New York, v. 83, p. 1323–1338, 2008.

BOGACKI J.; MARCINOWSKI P.; NAUMCZIK J. Cosmetic waste water treatment using coagulation and Fenton process. **Environmental Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 4, p. 36-42, 2015.

BOROSKI, M.; RODRIGUES, A.C.; GARCIA, J.C.; SAMPAIO, L.C.; NOZAKI, J.; HIOKA, N. Combined electrocoagulation and TiO_2 photoassisted treatment applied to wastewater effluents from pharmaceutical and cosmetic industries. **Journal Hazardous Materials**, United States of America, v.162, p. 448-454, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes**, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília, D F . 2 0 1 1 .

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as condições e padrões de**

- lançamento de efluentes, e dá outras.** Brasília, DF. 2005.
- DEL CAMPO, E. M.; ROMERO, R.; ROA, G.; PERALTA-REYES, E.; ESPINO-VALENCIA, J.; NATIVIDAD, R., Photo-Fenton oxidation of phenolic compounds catalyzed by iron-PILC. **Fuel**, Taiywan, v.138, p.149-155, 2014.
- CAMPOS, V. M.; BRITO, N.N. Tratamento de efluente têxtil utilizando coagulação/floculação e Fenton. **Revista de Química Industrial- RQI**, Rio de Janeiro, v. 82, n.743, p. 11-17, 2014.
- CAVALOTTI, L.F.R.; ZAMORA, P.P.; RODRIGUES, M. B.; DE PAIVA, T. C. B. Degradação de espécies nitroaromáticas e remediação de resíduos da indústria de explosivos por processos avançados envolvendo ferro metálico. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 6, p.1504-1508, 2009.
- FERRERO, P.G.; FABREGAT, M.B.; OLIVARES, A.; PIÑA, B.; BLÁNQUEZ, P.; VICENT, T.; CAMINAL, G.; DÍAZ-CRUZ, M.S.; BARCELÓ, D. Photochemical degradation of sunscreen agent 2-phenylbenzimidazole-5-sulfonic acid in different water matrices. **Science of the Total Environment**, Spain, v.427-428, p.355-363, 2012.
- FU, F.; DIONYSIOU, D, D.; LIU, H. The use of zero-valent iron for groundwater remediation and wastewater treatment: A review. **Jornal of Hazardous Materials**, United States of America, v.267, p.194-205, 2014.
- GÓMEZ, E. O.; IBÁÑEZ, F.; MARTÍN, M. M. B.; LÓPEZ, M. I. P.; GARCÍA, B. E.; PÉREZ, J. A. S. Water disinfection using photo-Fenton: Effect of temperature on *Enterococcus faecalis* survival. **Water Research**, Netherlands, v. 46, p. 6154-6162, 2012.
- GOHARY, F.E.; TAWFIK, A.; MAHMOUD, U. Comparative study between chemical coagulation/precipitation (C/P) versus coagulation/dissolved air flotation (C/DAF) for pre-treatment of personal care products (PCPs) wastewater. **Desalination**, Wales, v. 252, p.106-112, 2010.
- JI,Y.; ZHOU, L.; ZHANG, Y.; FERRONATO, C.; BRIGANTE, M.; MAILHOT, G.; YANG, X.; CHOVELON, J.M. Photochemical degradation of sunscreen agent 2- phenylbenzimidazole-5-sulfonic acid in different water matrices. **Water Research**, Netherlands, v. 47, p. 5865-5875, 2013.
- MALHEIROS, F.C; CAMPOS, V.M.; CARVALHO, R. R.; CARVALHO, A.S.R.; NEVES, V.H.N.; BRITO, N. N. Tratamento de corantes têxteis por degradação redutiva, reação de Fenton, coagulação floculação e filtração lenta. **Revista de Química Industrial**, Rio de Janeiro, v. 83, p. 57-68, 2015.
- MANDAL, T.; DASGUPTA, D.; MANDAL, S.; DATTA, S. Treatment of leather industry wastewater by aerobic biological and Fenton oxidation process. **Journal of Hazardous Materials**, Netherlands, v. 180, p. 204–211, 2010.
- MARCHETTI, T. Tratamento de efluente líquido da indústria de cosméticos com sulfato de alumínio e biopolímero. **PUCRS**, Rio Grande do Sul, v.7, p.1-20, 2014.
- MONSALVO, V. M.; LOPEZ, J.; MOHEDANO, A.F.; RODRIGUEZ, J.J. Treatment of cosmetic wastewater by a full- scale membrane bioreactor(MBR). **Environmental Science Pollution Research**, France, v. 21, p.12662-12670, 2014.
- MORAIS, W.O.; BRITO, N. N. Treatment of simulated wastewater by Fenton reaction at a production line of sunscreen. **Oxidation Communications**, Bulgária, v. 38, n. 4A, p. 2261–2272, 2015.
- MORAIS, W.O.; BRITO, N. N. Tratamento de efluente de indústria cosmética via reagente de Fenton. **Revista de Química Industrial**, Rio de Janeiro, v. 84, n.753, p 52-68, 2016.
- NOGUEIRA, R.F.P.; TROVÓ, A.G.; DASILVA, M.R.A.; DA VILLA, R.; OLIVEIRA, M. Fundamentos e aplicações Ambientais dos processos Fenton e foto-Fenton. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p.400-408, 2007.
- OLIVEIRA, M.C.; NOGUEIRA, R.F.P.; NETO, J.A.G.; JARDIM, W.F.; ROHWEDDER, J.J.R. Sistema de injeção em fluxo espectrofotométrico para monitorar

peróxido de hidrogênio em processo de fotodegradação por reação foto-fenton. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.2, p. 188-190, 2001.

PEREIRA, W.S.; E FREIRE, R.S. Ferro zero: Uma nova abordagem para o tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes.

Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 1, 130-136, 2005.

XIANGJUAN, M.A.; HUI-LONG, X. Treatment of water-based printing ink wastewater by Fenton process combined with coagulation. **Journal of Hazardous Materials**, Netherlands, v.162, p.386-390, 2009.

Adsorbent produced by alkaline treatment of coconut coir

Adsorvente produzido por tratamento alcalino de fibra de coco

Danilo Morais Itokagi, *Isabel Matos Fraga, Cláudia Roberta Gonçalves,
João Vanes da Silva Tobias

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Campus Cáceres -Profº Olegário Baldo-Cáceres - MT, Brasil
isabel.fraga@cas.ifmt.edu.br

Submetido em 09/08/2017; Versão revisada em 30/08/2017; Aceito em 31/08/2017

Abstract

The aim of this work was to study the adsorption properties of an adsorbent produced by alkaline treatment of a lignocellulosic waste material. The coconut coir particles treated with different alkaline solutions was subjected to calcium adsorption tests to evaluate which alkaline concentration produced the best adsorbent. According to these experiments the 2.0 mol L⁻¹ NaOH solution produced the best adsorbent material. After finding out the best alkaline treatment, with the adsorbent obtained by this way we performed experiments to get kinetic and adsorption isotherm data. The kinetic study showed that the equilibrium is reached at or below 10 minutes of contact time. The isotherm data presented a good fit to Langmuir model. It was possible to notice the pH influence on the Langmuir curves and parameters. The q_{max} values, which represents the maximum amount of calcium adsorbed in each gram of adsorbent, were 7.94 and 15.20 mg.g⁻¹ for experiments performed at pH 4.0 and 10.0, respectively. For the experiments whereas pH values were not under control, q_{max} was 11.90 mg.g⁻¹, an intermediate result.

Keywords: adsorbent; lignocellulosic material; adsorption isotherm

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades de adsorção de um adsorvente produzido por tratamento alcalino de um resíduo lignocelulósico. As partículas de fibra de coco tratadas com diferentes soluções alcalinas foram submetidas a testes de adsorção de cálcio para avaliar qual a concentração alcalina produzida o melhor adsorvente. De acordo com esses experimentos, a solução de de NaOH 2,0 mol.L⁻¹ produziu o melhor material adsorvente. Depois de definir o melhor tratamento alcalino, com o adsorvente obtido desta forma, realizaram-se experimentos para obter dados de isotermas cinética e de adsorção. O estudo cinético mostrou que o equilíbrio é alcançado em 10 min ou menos de contato. Os dados de isoterma apresentaram um bom ajuste para o modelo de Langmuir. Foi possível notar a influência do pH nas curvas e parâmetros de Langmuir. Os valores de q_{max} , que representam a quantidade máxima de cálcio adsorvido por grama de adsorvente, foi de 7,94 e 15,20 mg.g⁻¹ para experimentos realizados em pH 4,0 e 10,0, respectivamente. Para os experimentos cujo pH não estava sob controle, o valor de q_{max} foi 11,90 mg.g⁻¹, um resultado intermediário.

Palavras-chave: adsorvente; material lignocelulósico; isoterma de adsorção

INTRODUCTION

Hard water is formed as raining and underground water percolates through rocks that contain magnesium and calcium salts. This kind of natural solution presents domestic and industrial problems related to its use. Detergent molecules don't dissolve in waters containing high amount of those metals so that an extra amount of the washing product must be used in order to remove dirt from clothes. Bath soaps behave the same way making the person feel like s/he didn't actually take a shower. In industry, magnesium and calcium salts may precipitate in boilers and pipes making the heat exchanging systems less efficient. Valves that control water flux also may be damaged because of salt deposition. So hardness removal or water softening systems either in industry or in household is required to improve water usage.

The usual methods to soften water are chemical precipitation, which is expensive and generates chemical sludge, and cationic resins, that retain calcium and magnesium through cation exchange processes, and are petroleum based materials (SHREVE and BRINCK, 1997). A simple petroleum-independent approach to remove water hardness agents has been pursued by some researchers and it involves the use of lignocellulosic materials or biopolymers as adsorbents (WERKNEH, ABAY and SENBETA, 2015; KARNITZJR, GURGEL and GIL, 2010; ALTUNDOGAN et al., 2015; CRISPIM, 2009; ROSTAMIAN et al., 2014; FURLAN, FÁVERE and LARANJEIRA, 1996; CHEN and WANG, 2006). Bekri-Abbes, Bayouhd and Beklout (2008), studied calcium and magnesium adsorption onto sulfonated plastic waste, which isn't a renewable material as it comes from petroleum, but presents an environmental benefit which is recycling a material that would go to landfills.

A numerous amount of studies involved the use of chemically modified or raw lignocellulosic waste materials for adsorption of heavy metals (BEKRI-

ABBES, BAYOUDH and BEKLOUT, 2008; MIN et al., 2004; JR KARNITZ et al., 2007; DE SOUSA, 2007; KUMAR, RAO and KAUL, 2000; VÁZQUEZ et al., 2012; YANG and CUI, 2013; DING et al., 2014; ABDOLALI, et al., 2014). The chemical modification of the raw materials aims to introduce or generate ionic groups, mainly carboxylates, which are chelating agents and account for the increase of the cation retention capacity since the raw material is generally a poor adsorbent. However, none of these references found in the literature investigates the calcium adsorption propriety of the coconut coir, which is the mesocarp of the coconut fruit. Furthermore, although some references deal with hardness removal, just a few of them presented kinetic and equilibrium studies for calcium or magnesium adsorption (KARNITZJR, GURGEL and GIL, 2010; CRISPIM, 2009; ROSTAMIAN et al., 2014; FURLAN, FÁVERE and LARANJEIRA, 1996; CHEN and WANG, 2006).

So, herein we studied calcium adsorption onto alkali-treated coconut coir since some authors have reported that base treatment improves retention of cations since it generates negatively charged groups (MIN et al., 2004; KUMAR, RAO and KAUL, 2000; VÁZQUEZ et al., 2012; YANG and CUI, 2013; DING et al., 2014). The residual raw material was collected from coconut water sellers who work in the centre of Cáceres city, which is located in the Mato Grosso State, Brazil. The sellers extract the aqueous liquid from the inner part of the fruit and the rest is discarded. So our work aims two targets which is obtaining an alternative material for hardness removal as well as making a lignocellulosic waste material become a valuable product.

MATERIALS AND METHODS

All solutions were prepared in deionised water. Sodium hydroxide (ACS, 98%, Dinâmica) was the reagent used in the chemical treatment of the coconut coir. Calcium chloride dihydrate (PA-ACS, 99.5%, Synth) was used in the adsorption experiments.

The reagents used in the titrimetric calcium analysis were: EDTA Disodium salt (Vetec PA, 99-101%), methanol (PA, CHEMCO), triethanolamine (PA, 99%, Neon), Eriochrome black T (Vetec), magnesium sulfate heptahydrate (PA, 98-102%, Synth), ammonia (PA, 28-30%, Neon), ammonium chloride (PA-ACS, 99,5%, Synth), hydrochloric acid (37%, Vetec) and calcium carbonate (PA, 99%, Synth).

The following instruments and materials were used: grinder (Moinho Tipo Willey, Tecnal, TE-650), orbital shaker (Tecnal, TE-650), magnetic stirrer, magnet bar, 0.45 µm cellulose acetate filter, 50 and 500 mL becker, 100 and 500 mL volumetric flasks, 125 and 250 mL erlenmeyer flasks, micro pipette of 10 mL, pH indicator strips; sievers and oven.

COLLECTION, GRIDING AND SEPARATION

The empty coconut fruits were collected from coconut water sellers and brought to the Laboratory of Soil Analysis of the Federal Institute of the Mato Grosso State. The mesocarp was cut off and placed in a oven for 24 hours at 105 °C. Then it was ground to particle size smaller than 3.00 mm. The powdered material was sieved and sorted according to the following particle sizes: <0.106, 0.106-0.250, 0.250-0.50, 0.50-1.00 and >1.00 mm. After the separation, the mass fraction of each particle size portion was determined by dividing the weight of each portion by the sum of all particle size portions. We found out the particle size ranging from 0.106 to 0.50 mm comprised 70% of the particles. So we separated only this fraction to be subjected to the alkaline treatment.

ALKALINE TREATMENT

The particles selected according to the previous subsection were treated with different alkaline solutions. The difference is only related to different NaOH concentrations so that we can evaluate the alkalis concentration effect on the adsorption behavior of the coconut coir adsorbents. The following NaOH solutions were prepared: 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 and 5.0 mol.L⁻¹. Six grams of particles with sizes ranging

from 0.106 to 0.50 mm was weighed in a plastic bottle followed by the addition of 200 mL of NaOH solution. This mixture was kept in contact for 14 hours. After this period of time, we filtered and washed it about 12 times or until the pH ranged from 7 to 8 approximately. The filtrates were discarded and the treated particles placed in a oven for 5 hours at 105 °C. The five of adsorbents were produced were named AD01, AD05, AD10, AD20 and AD50, as they were related to the 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 and 5.0 mol.L⁻¹ NaOH treatment solutions, respectively.

FT-IR ANALYSIS

The fourier transformed infrared analysis was performed by a Varian 660 spectrometer with samples placed in KBr disks. The data collection ranged from 400 to 4000 cm⁻¹. The spectrums were recorded in the Institute of Physics of the Federal University of Mato Grosso. The spectrums of the best adsorbent and of the raw coconut coir were recorded.

ADSORPTION TESTS

Each of the adsorbents obtained in the previous subsection was subjected to calcium adsorption tests. These were performed in duplicate. In a 125 mL erlenmeyer flask we weighed 0.60 g of the adsorbent followed by the addition of 40 mL of 200 mg.L⁻¹ initial calcium concentration solution. This mixture was shaken at 150 rpm in an orbital shaker for 90 minutes at room temperature. Then we filtered it through an 0.45- µm- cellulose- acetate filter, collected the filtrate and determined the remaining calcium concentration by titrimetric method with EDTA using black Eriochrome T as indicator. With these results we calculated using equation (1) the calcium removal efficiency of the adsorbent (q), which is the amount of calcium adsorbed in each gram of the adsorbent:

$$q = \frac{(C_i - C_r)40}{0.60} \text{ mg.g}^{-1} \quad \text{Equation(1)}$$

where C_i represents the initial calcium concentration of 200 mg.L^{-1} and C_r represents the remaining calcium concentration (mg.L^{-1}) after the 90 minutes of contact time.

KINETIC STUDY

The best calcium adsorbent according to the previous subsection was subjected to kinetic study. For this, we weighed 0.60 g of the adsorbent in a 125 mL erlenmeyer flask, added 40 mL of 200 mg.L^{-1} calcium concentration solution and placed this mixture in the orbital shaker to stir at 150 rpm for $10, 20, 30, 60$ and 90 minutes at room temperature. As these experiments were performed in duplicate, after each time we collected the two erlenmeyers containing the adsorbent/adsorbate mixtures in order to filter the mixtures and determine the remaining calcium concentration in the filtrates. Then we plotted the remaining calcium concentration (mg.L^{-1}) against time.

ADSORPTION ISOTHERMS

The aim of this subsection was determining the isotherms under different pH conditions and adjusting the Langmuir isotherm model to the experimental data, as it provides the parameter q_{max} (mg.g^{-1}) which is the maximum amount of adsorbate that might be adsorbed onto each gram of adsorbent and this parameter value might be compared to others presented by the literature. According to the Langmuir isotherm model the remaining calcium concentration C_r (mg.L^{-1}) and the amount of calcium adsorbed per gram of adsorbent q (mg.g^{-1}) in the equilibrium state are related to each other by equation (2) and (3), where equation (3) is the linearized form of equation (2):

$$q = \frac{q_{\text{max}}K C_r}{1 + K C_r} \quad \text{Equation(2)}$$

$$\frac{C_r}{q} = \frac{1}{q_{\text{max}}K} + \frac{1}{q_{\text{max}}} C_r \quad \text{Equation(3)}$$

K is other Langmuir parameters and is related to the free energy of adsorption.

Three batches of five mixtures of adsorbent and calcium solutions were used to construct the isotherms under different pH conditions. For each mixture we weighed 1.20 g of the adsorbent in a 250-mL beaker, added 80 mL of calcium solution (the same proportion as $0.60 \text{ g}/40 \text{ mL}$, the same used in the Alkaline Treatment section) and a magnet bar, and placed this mixture in magnetic stirrer. The calcium concentrations ranged from 100 to 1200 mg.L^{-1} for each batch. Using a $\text{HCl } 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ or a $\text{NaOH } 0.10 \text{ mol.L}^{-1}$ solution and a pHmeter we kept the mixture's pH values at 4.00 or 10.00 , respectively, during 10 minutes of contact and stirring time (the kinetic study showed that the equilibrium might be achieved at 10 or less minutes). For one of batches, the isotherm experiments followed the same procedure mentioned above, but without controlling the pH. Afterwards, the mixtures were filtered, the remaining calcium concentration was determined as before and the q values were calculated using equations (4) and (5).

$$q = \frac{(C_i - C_r F_d) 80}{1.2} \quad \text{mg.g}^{-1} \quad \text{Equation(4)}$$

$$F_d = \frac{V_{\text{final}}}{80} \quad \text{Equation(5)}$$

C_i and C_r were already defined. The F_d represents the dilution factor due to the spent volumes of HCl or NaOH solutions used to control the pH during the adsorption experiment. V_f is the sum of 80 mL plus the spent volume of acid or basic solution to control the pH. We plug the C_r and q values for each isotherm batch into equation (3) in order to plot the data in the linearized form and find out the q_{max} and K parameters. After this we plotted the Langmuir isotherms according to equation (3).

RESULTS AND DISCUSSION

ALKALINE TREATMENT

As reported by Min et al., (2004), the base treatment of lignocellulosic materials makes the saponification reaction happen and so ester groups are converted to carboxylates which improves cation retentions. As we can see in Table 1, the adsorbent AD20, produced using a 2.0-mol.L⁻¹NaOH solution, presented the higher calcium removal efficiency. So this adsorbent was selected to further studies involving kinetic and adsorption isotherm experiments.

Table 1
Adsorbents produced by base treatment and their calcium removal efficiency.

Adsorbent	Calcium removal efficiency (mg.g ⁻¹)
AD01	5.33
AD05	5.61
AD10	6.17
AD20	6.45
AD50	5.75

FTIR ANALYSIS

The Infrared spectrums of the raw coconut coir particles and the adsorbent produced using 2.0 mol.L⁻¹ NaOH solution are presented in Figure 2. The IR interpretations were performed according to Silverstein, Webster and Kiemle (2006). The absorption band at 3407 cm⁻¹ are due to O-H stretching vibrations and as we can clearly notice this band is smaller in the treated material because the alkaline solution deprotonated the hydroxyl groups. The band around 2900 cm⁻¹ is attributed to C-H vibrations of CH, CH₂ and CH₃ groups and it looks unchanged in the adsorbent spectrum. The absorption band at 1735 cm⁻¹ which is due to C=O

stretching vibrations of ester groups were greatly reduced as the alkali makes the saponification reaction take place breaking ester bonds and generating carboxylates. The array of absorption bands below 1500 cm⁻¹ is called *fingerprint* region, where the band's attribution are difficult to accomplish. However, as we are dealing with a lignocellulosic material which contains lots of linkages between carbons and oxygen atoms, the band at 1050 cm⁻¹ is attributed to C-O vibrations and at 1157 cm⁻¹ is related to C-O-C assymetric vibrations. As we can see the adsorbent produced by alkaline treatment had those absorption bands reduced significantly due to probably the cleavage of ester and ether bonds. The peaks at 1608, 1511 and 1444 cm⁻¹ may be attributed to stretchings of aromatic rings and also were reduced by the alkaline treatment. The band at 2364 cm⁻¹ is related to carbon dioxide. In general alkali treated lignocellulosic materials present high cation removal efficiency because of the deprotonation of OH and COOH groups and of the cleavage of ester and ether bonds generating in their surface R-O⁻ and R-COO⁻ anions which interacts strongly with calcium cations. All these spectrum's changes were observed in Figure 1.

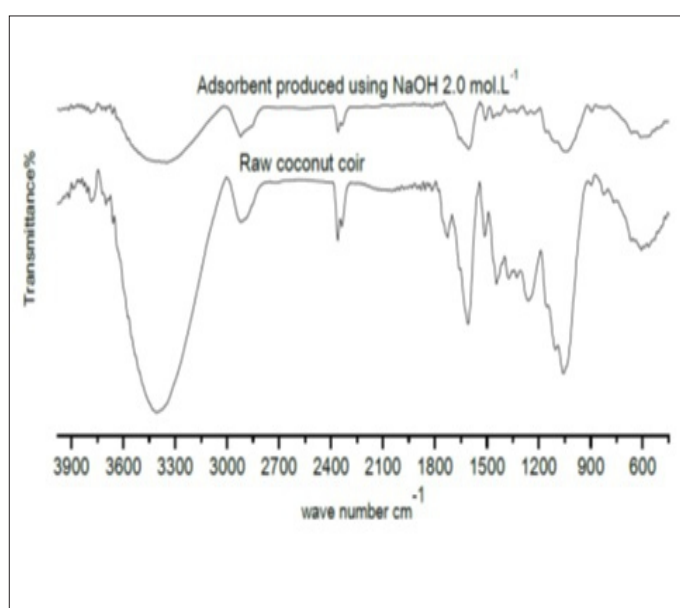


Figure 1. Infrared spectrums of coconut coir particles and the adsorbent produce by alkaline treatment (NaOH 2.0 mol.L⁻¹) of the raw lignocellulosic material.

KINETIC STUDY

The Figure 2 shows a fast metal adsorption trend, and this kinetic behaviour was also found by some authors in the literature (KARNITZJR, GURGEL and GIL, 2010; CRISPIM, 2009; JR KARNITZ et al., 2007; DE SOUSA, 2007).

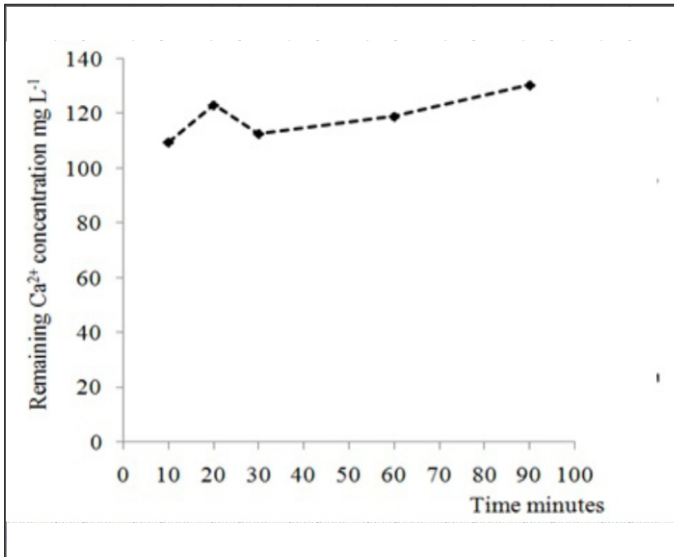


Figure 2. Remaining calcium concentration (mg.L⁻¹) against time (minutes)

The kinetic data indicates that the equilibrium is reached at 10 or less minutes of contact time as the remaining calcium concentration seems not to change along with time after the initial point of 10 minutes. The slight differences in calcium concentration may be related to adsorbent's heterogeneities. The fast calcium adsorption is an advantage point of this adsorbent since if a batch system was employed, like in a tank reactor, to remove hardness agents it would take only a few minutes to accomplish it and by this way the water flow would be faster, improving the system capacity.

ADSORPTION ISOTHERMS

In order to get the graphs presented in Figure3 we plugged the Cr and q experimental values into equation (3) and adjusted an linear curve for each batch of five points. We can notice the Langmuir model showed a good fit to the data as the R² values were 0.986, 0.950 and 0.998 for the experiments

performed at pH 4.00, without pH control and at pH 10.00, respectively.

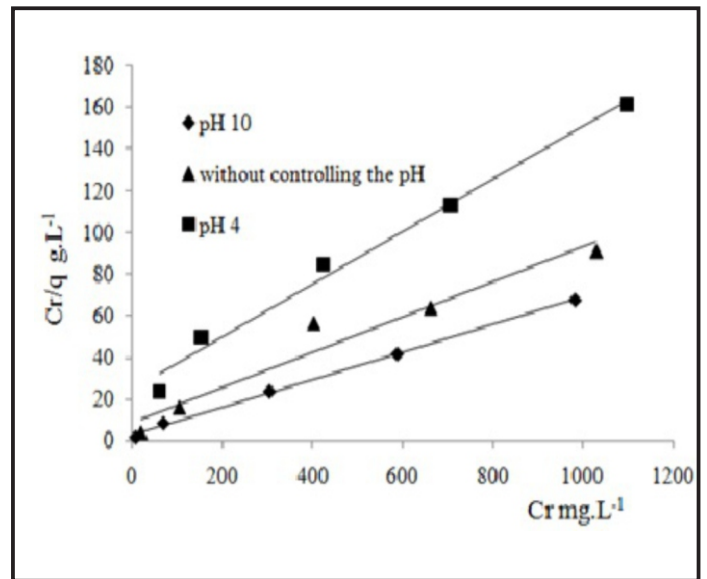


Figure 3. Cr is the remaining or equilibrium calcium concentration (mg.L⁻¹) and q is the amount of calcium ion adsorbed in each gram of the adsorbent (mg.g⁻¹) in the equilibrium state. Cr/q and Cr are terms of the linearized Langmuir isotherm equation (3)

From the linear coefficients and the slopes of the linear curves in Figure3, we calculated the q_{max} and K Langmuir parameters. As expected and presented by table 2, in the alkaline fixed medium the calcium adsorption was greater than in lower pH values, because besides deprotonation of amino and hydroxyl groups, carboxylate and phenolate anions are formed favoring interaction with calcium cations. In lower pH the protonation and the competition between H⁺ and Ca²⁺ makes the latter cation adsorb less onto the adsorbent. That's the reason the q_{max} and K values showed a increasing trend as the pH increase.

Table 2
Langmuir model parameters

Experimental condition	q_{max} (mg.g ⁻¹)	K (L.mg ⁻¹)	R ²
pH fixed at 4.00	7.94	0.005	0.986
without pH control	11.90	0.010	0.950
pH fixed at 10.00	15.2	0.027	0.998

The Figure 4 represents the three modeled Langmuir isotherms obtained from experiments performed in different pH conditions. It is clear at the graphs the effect of pH on calcium adsorption. At lower initial calcium concentrations the q values at equilibrium is low and as the the concentration increases the q values also increases until the curves become flat which means the adsorbent is saturated with calcium ions.

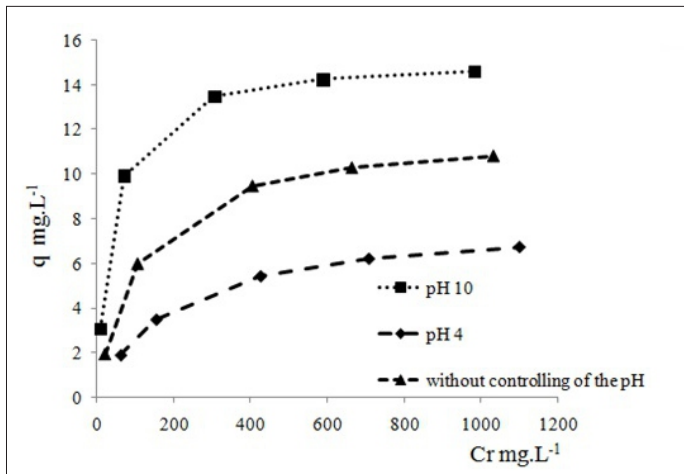


Figure 4. The Langmuir model curves obtained by the experimentally determined q_{max} and K parameters

Table 3 presents the better adsorption results found in the literature. As we can see, the q_{max} value at this work was lower than the ones encountered by other authors.

In spite of presenting a good fit to the Langmuir model, the adsorbent obtained from coconut coir presented the lowest Langmuir parameter q_{max} . However, all those studies that aimed to produce good calcium adsorbents involved more complex procedures and greater variety of reagents (KARNITZJR, GURGEL and GIL, 2010; CRISPIM, 2009; ROSTAMIAN et al., 2014; FURLAN, FÁVERE and LARANJEIRA, 1996; CHEN and WANG, 2006). Whereas some of them attached chelating groups to the materials (KARNITZJR, GURGEL and GIL, 2010; FURLAN, FÁVERE and LARANJEIRA, 1996; CHEN and WANG, 2006). For example, the first material in table 3 was produced using water vapor, hydrochloric acid and elevated temperature. The second was

produced using dimethylformamide, a more expensive reagent, and EDTA. The third involves graft copolymerization of chitin bipolymer with acrylic acid. Besides these reagents, the copolymerization method used ceric ammonium nitrate and was performed at 60 °C. In this work, NaOH 2.0 mol L⁻¹ solution was used, at room temperature, in a simpler treatment.

Table 3

Comparison between the best q_{max} Langmuir parameters found in the literature.

Adsorbent	Experimental Conditions	q_{max} mg.g ⁻¹	Authors
Activated carbon produced from coconut endocarp and treated with HCl 0,5 mol.L ⁻¹	0,10g of adsorbent 100 mL of calcium solution concentration range 80 - 800 mg.L ⁻¹ pH = 7; 30 minutes stirring time	47.60	Crispim, 20095
Sugar cane bagasse treated with EDTA	50 mg of the adsorbent 50 mL of calcium solution concentration range 30-75 mg.L ⁻¹ pH = 10; 10-minute contact time	54.1	Karnitz Jr. O., Gurgel, L. V. A., Gil, L. F., 20093
Chitin biopolymer grafted with acrylic acid	0,10g of adsorbent 50 mL of calcium solution concentration range 10 - 132 mg.L ⁻¹ 60-minute stirring time	20.00	Furlan, L., Fávere, V. T., Laranjeira, M. C. M., 19967
Steam-water activated carbons produced from canola stalk and rice husk	0,2g of the adsorbent 25 mL of calcium solution concentration range 30 - 500 mg.L ⁻¹ 6 h of agitation time, without pH control	51.79 and 15.14, respectively	Rostamian et al.6
Oxidized carboximethyl starch and cross-linked carboximethyl starch	Approximately 1.0 g of adsorbent 100 mL of calcium solution concentration range: not clearly shown pH 8,00, 30-minute shaking time at 20°C	49.5 and 22.0, respectively	Chen, Y. and Wang, G., 20068
Alkaline treated coconut coir	0,60 g of adsorbent 40 mL of calcium solution concentration range 100 - 1200 mg.L ⁻¹ pH = 10; 30-minute agitation time	15.0	present work

CONCLUSIONS

The best calcium adsorbent was produced by the 2.0 mol.L⁻¹NaOH-treatment solution (AD20). The kinetic study showed that the equilibrium is reached at or before 10 minutes of contact time. In the equilibrium study, the Langmuir model showed a good fit to the experimental data as the R² values were greater than 0.90. The q_{max} Langmuir parameters increased

as the solution pH increased as we expected, because in alkaline medium the deprotonation of amino and hydroxyl groups together with the formation of carboxylate and phenolate anions improve calcium retention onto the lignocellulosic material. In lower pH, otherwise, the protonations of the amino and hydroxyl groups and of the carboxylate and phenolate anions, together with competition between H^+ and Ca^{2+} for adsorption sites make calcium interaction with the adsorbent less strong. The q_{max} values were lower than the results in literature, however, the experimental procedure to produce the adsorbent herein is simpler and less expensive.

REFERENCES

ABDOLALI, A. et al. Typical lignocellulosic wastes and by-products for biosorption process in water and wastewater treatment: A critical review. **Bioresource Technology**, v.160, p.57-66, May. 2014.

ALTUNDOGAN, H. S. et al. Hardness removal from Waters by using citric acidmodified pine cone. **Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers**, Taiwan, v. 58, p.1-7, January. 2015.

BEKRI-ABBES; BAYOUDH, S.; BEKLOUT, M. 2008. The removal of hardness of water using sulfonated waste plastic. **Desalination**, v. 222, p. 81-86, March. 2008.

CHEN, Y.; WANG, G. Adsorption properties of oxidized carboxymethyl starch and cross-linked carboxymethyl starch for calcium ion. **Colloids and Surfaces**. v. 289, n. 1-3, p.75-83, 2006.

CRISPIM, S. C. L. 2009. **Remoção de cálcio (II) em solução aquosa por meio de carvões ativado submetidos a tratamentos superficiais**. 2009. 136 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Faculdade de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

DE SOUSA, F. W. **Adsorção de metais tóxicos em efluente aquoso usando pó da casca de coco verde tratado**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

DING, Z. et al. Sorption and cosorption of lead (II) and methylene blue on chemically modified biomass. **Bioresource Technology**, v.167, p. 569-573, Sep. 2014.

FURLAN, L.; FÁVERE, V. T.; LARANJEIRA, L. C. M. Adsorption of calcium ions by graft copolymer of acrylic acid on biopolymer chitin. **Polymer**, v.37, n. 5, p.843-846, 1996.

JR KARNITZ, O. et al. Adsorption of heavy metal ion from aqueous single metal solution by chemically modified sugarcane bagasse. **Bioresource Technology**, v. 98, p.1291-1297, 2007.

KARNITZ JR, O.; GURGEL, L. V. A.; GIL, L. F. Removal of Ca (II) and Mg (II) from aqueous single metal solutions by mercerized cellulose and mercerized sugarcane bagasse grafted with EDTA dianhydride (EDTAD). **Carbohydrate Polymers**, v.79, p.184-191, 2010.

KUMAR, A.; RAO, N. N.; KAUL, S. N. Alkali-treated straw and insoluble straw xanthate as low cost adsorbents for heavy metal removal–preparation, characterization and application. **Bioresource Technology**, v.71, n.2, p.133-142, January. 2000.

MIN, S. H. et al. Improvement of cadmium ion removal by base treatment of juniper fiber. **Water Research**, v.38, n.2, p.1289-1295, March. 2004.

ROSTAMIAN, R.; et al. Removal of Calcium and Magnesium by Activated Carbons Produced from Agricultural Wastes. **Advances in Environmental Biology**, v. 8, n.12, p.202-208, Jul. 2014.

SHREVE, R. N.; BRINCK JR, J. **A. Indústrias de Processos Químicos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 1997.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Identificação Espectrofotométrica de Compostos Orgânicos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editoras Ltda, 2006.

VÁZQUEZ, G.; MOSQUERA, O.; FREIRE, M. S.; ANTORRENA, G.; GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, J. 2012.

Alkaline pre-treatment of waste chestnut shell from a food industry to enhance cadmium, copper, lead and zinc ions removal. **Chemical Engineering Journal**, v.184, p.147-155, March. 2012.

WERKNEH, A. A.; ABAY, A. K.; SENBETA, A. M. Removal of Water Hardness Causing Constituents Using Alkali Modified Sugarcane Bagasse and Coffee

Husk at Jigjiga City, Ethiopia: A Comparative Study. **International Journal of Environmental Monitoring and Analysis**, v.3, n.1, p.7-16, February. 2015.

YANG, X.; CUI, X. Adsorption characteristics of Pb(II) on alkali treated tea residue. **Water Resources and Industry**, v.3, p.1-10, September. 2013.

NOVAS NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS À REVISTA DE QUÍMICA INDUSTRIAL

(aprovadas pelo Conselho Editorial em 14 de setembro de 2014)

A Revista de Química Industrial (RQI) publica artigos técnico-científicos relacionados à área industrial e à pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I), inclusive o desenvolvimento de técnicas analíticas. Também publica resenhas de livros e outros tópicos das áreas de engenharia química e da química industrial.

Serão aceitos estudos de caso quando contribuírem para aumentar o entendimento acerca de aspectos como riscos à saúde, impactos ambientais, ecoeficiência, emprego de novos materiais etc.

São também bem-vindos artigos versando sobre Educação e História da Química que estabeleçam um elo com a área industrial.

INSTRUÇÕES GERAIS

a) A submissão de um artigo à RQI implica que ele não foi previamente publicado, salvo na forma de resumo ou parte de um trabalho acadêmico (monografia, dissertação, tese), não está sendo submetido simultaneamente a outra revista e não será submetido futuramente, caso aceito para publicação na RQI. Subentende-se que o autor responsável pela submissão tem o consentimento dos demais coautores e das respectivas instituições a que pertençam. Os autores ficam desde já cientes de que todos os direitos autorais do artigo submetido pertencerão à Associação Brasileira de Química, caso o mesmo seja aceito para publicação.

b) Os artigos poderão ser escritos em Português ou Inglês. No caso de artigos em língua inglesa, o texto que não possuir qualidade mínima apropriada a uma publicação em periódico será devolvido aos autores.

c) Todos os artigos devem ser digitados em fonte Arial corpo 11, espaçamento 1,5 entre linhas, margens 2,5 cm e alinhamento justificado. O arquivo deve estar em um dos formatos .doc, .docx ou .rtf e não pode conter qualquer tipo de marcação.

d) A primeira página deverá conter na parte superior o título do artigo (em português e inglês), os nomes completos dos autores e suas respectivas instituições de vínculo (nome e endereço completo, incluindo cidade, estado e país). O autor responsável pelo artigo deve incluir um e-mail de contato. A seguir, deverá constar o resumo, limitado a 150 palavras, três palavras-chave (separadas por vírgulas) e a tradução de ambos para a língua inglesa (abstract, keywords). O resumo deve citar sucintamente o propósito do artigo, os resultados mais relevantes e as conclusões principais.

e) Os artigos submetidos devem enquadrar-se em uma das categorias abaixo:

Artigo completo: refere-se a estudos completos e inéditos. Deve ser estruturado de acordo com a ordem: Introdução - Materiais e métodos - Resultados e discussão – Conclusões – Agradecimentos - Referências.

Comunicação: também se refere a estudo inédito, mas com uma quantidade reduzida de dados experimentais que, contudo, possuem impacto significativo para justificar uma publicação.

Nota técnica: seção destinada à divulgação de métodos analíticos, técnicas laboratoriais ou industriais e aparelhagens desenvolvidas pelos autores do artigo. Deve seguir a mesma estrutura apresentada para os artigos completos.

Revisão: serve à divulgação do estado da arte de uma determinada área da química pertinente ao escopo da RQI.

Opinião: pesquisadores e profissionais renomados de uma determinada área da química abrangida pela RQI podem, a exclusivo convite do Editor, ser convidados a redigir um artigo versando sobre pontos específicos de suas áreas, tais como: política industrial, perspectivas econômicas, mercado de trabalho, investimentos em P&D&I etc.

Para a preparação de seu artigo, a íntegra das normas de submissão pode ser consultada acessando

<http://www.abq.org.br/rqi/instrucoes-para-submissao-de-artigos-tecnicos-cientificos.html>.



SINDIQUIM/RS

**Conduzindo o desenvolvimento da
Indústria Química do Rio Grande do Sul**

Atualmente nossas indústrias estão comprometidas com a sustentabilidade do planeta através da Química Verde que provém da natureza e de onde surge a química para o nosso cotidiano.



SINDICATO DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Avenida Assis Brasil, 8787 – Sistema FIERGS/CIERGS

Fone: (51) 3347-8758 – Fax: (51) 3331-5200 – CEP 91140-001 – Porto Alegre – RS

e-mail: sindiquim-rs@sindiquim.org.br – site: www.sindiquim.org.br