

Química Verde

Uma Mudança Sistemica da Química

Adélio A. S. C. Machado

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal

amachado@fc.up.pt

RESUMO

A Química Verde é uma nova postura de investigação laboratorial e implementação industrial da Química com o objetivo global de conseguir que esta suporte eficazmente o Desenvolvimento Sustentável. Este artigo tem dois objetivos: primeiro, refletir sobre as relações entre a Química Verde e o Desenvolvimento Sustentável; segundo, discutir o enquadramento de reformatação da Química para a Química Verde, evidenciando que envolve mudanças de paradigmas de atuação, quer na própria Química quer no invólucro socioambiental em que a sua prática industrial ocorre.

QUÍMICA VERDE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A Indústria Química é atualmente um sistema muito complexo, envolvendo o fabrico de cerca de 100.000 compostos variados por meio de cerca de 3.000 processos de fabrico, e sua formulação em cerca de 6.000.000 de produtos químicos, disponibilizados a outras indústrias, a serviços e ao público. Este sistema tem uma conexão forte com o Desenvolvimento Sustentável estabelecida através de todos os 3P (Povo/Planeta/Prosperidade) que estão na base deste. Uma análise sumária das relações da Indústria Química sucessivamente com cada um dos 3P mostra a importância fulcral que a Química Verde assume para a prossecução do Desenvolvimento Sustentável.

Povo (no sentido de qualidade de vida)

Os produtos químicos são essenciais para suportar a qualidade de vida dos habitantes dos países desenvolvidos; a falta de acesso a eles nos países em desenvolvimento (a chamada *pobreza química*, umas das componentes mais importantes da *pobreza tecnológica* – a outra é a *pobreza energética*) determina muitas das carências das

respetivas populações – por exemplo, a falta de remédios para curar doenças, ou de fertilizantes para aumentar a produtividade agrícola e proporcionar alimentação adequada. Como um dos objetivos do Desenvolvimento Sustentável é eliminar as desigualdades entre os países desenvolvidos e os outros, impõe-se um aumento da produção de produtos químicos – mas o aumento requerido será agravado pelo crescimento acentuado da população mundial esperado nas próximas décadas, até a população estabilizar (previsivelmente ao nível dos nove mil milhões em meados do século, ocorrendo o aumento predominantemente nos países menos desenvolvidos). Assim, o Desenvolvimento Sustentável exigirá o crescimento da Indústria Química.

Planeta (no sentido de preservação do ambiente)

Uma parte apreciável dos produtos químicos e dos respetivos processos de preparação industrial presentemente em utilização na tecnosfera foram inventados antes da emersão do ambientalismo, nos anos sessenta do século passado – sem se ter plena consciência que poderiam causar efeitos deletérios na ecosfera.

Nas décadas seguintes, verificou-se que o seu fabrico e utilização estavam a provocar numerosos problemas ecológicos: poluição variada e contaminação global, malefícios na saúde humana da biosfera, produção de grande quantidade de resíduos, incluindo tóxicos, que têm de ser depositos no ambiente, consumo brutal de energia fóssil, de variados minerais e de outros recursos naturais, etc. Muitos dos efeitos nocivos decorrentes da poluição e dispersão de substâncias sintéticas na ecosfera ainda não foram completamente caracterizados (outros nem terão ainda sido reconhecidos).

Quanto à remediação de tais efeitos, os esforços realizados nas últimas décadas têm minorado alguns dos problemas de maior extensão e severidade, a nível local e/ou regional, mas frequentemente não têm proporcionado a sua completa resolução, essencial para o **D e s e n v o l v i m e n t o S u s t e n t á v e l**.

Esta situação exige uma intensa revisão da Química Industrial, quanto à natureza quer dos compostos fabricados, que têm de passar a ser inócuos (idealmente!) para a saúde humana e ecológica, quer dos processos montados para a sua manufatura, que têm de deixar de usar compostos perigosos, de ser poluentes e passar a ser menos vorazes de recursos naturais, nomeadamente de energia. Assim, o Desenvolvimento Sustentável exigirá fortes mudanças na Indústria Química – que serão facilitadas por uma reformatação da respetiva base científica, a Química.

Prosperidade (no sentido de desenvolvimento económico)

Nos países avançados, os produtos químicos representam ca. 4% do PIB. Globalmente há uma forte correlação entre o PIB/habitante (uma medida da qualidade de vida) e a quantidade de produtos químicos fabricados (expressa em Valor/habitante). Dada esta associação mútua entre a prosperidade económica e a dimensão da Indústria Química, o aumento de tamanho desta para satisfazer o

aumento de procura de produtos químicos requerido pelo Desenvolvimento Sustentável (ver acima) contribuirá para o crescimento económico (desenvolvimento industrial, emprego, etc.), nomeadamente nos países em desenvolvimento.

Assim, há um ciclo de retroação positiva entre a Indústria Química e o Desenvolvimento Sustentável.

Química Verde

Em suma, para ser possível o cumprimento do Desenvolvimento Sustentável, a Indústria Química terá de crescer, mas também de mudar quanto aos efeitos ambientais perniciosos que provoca, daí a necessidade imperiosa da Química Verde – uma Química inovada, que permita suportar sustentadamente uma população humana crescente e com melhor qualidade média de vida, mas com benignidade embutida para a compatibilizar com a conservação da ecosfera.

A compatibilização envolve variadas facetas, sendo particularmente importantes as que proporcionem diminuição do uso de materiais não renováveis (incluindo energia fóssil) que a Indústria Química mobiliza a partir da ecosfera para obter matérias-primas, e/ou da produção de resíduos industriais e de fim de vida dos produtos que inevitavelmente nela têm de ser depositos. Só assim a Química poderá proporcionar ao Desenvolvimento Sustentável o suporte imprescindível para a implementação deste.

REFORMATAÇÃO DA QUÍMICA PARA A QUÍMICA VERDE – AS MUDANÇAS DE PARADIGMAS

A mudança de um sistema tão complexo como é a Indústria Química para um sistema inovado do tipo requerido pelo Desenvolvimento Sustentável é naturalmente difícil e, embora só possa ser feito pouco e pouco, por via incremental, pode ser fortemente estimulado por duas mudanças de paradigmas, uma referente à Química Laboratorial ou Académica, que consiste na sua reformulação

A CADEIA DE VERDURA DA QUÍMICA

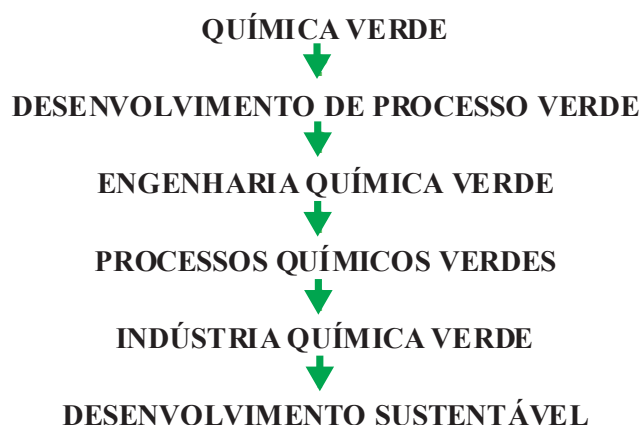


Figura 1 – A Cadeia de Verdura da Química

para a Química Verde, a outra referente ao modo como a sociedade pratica a regulamentação ambiental de controlo de aceitação de lançamento/deposição de substâncias químicas no Ambiente. Esta segunda mudança no invólucro socioambiental da Química (e não só), embora mais ligada à Química Industrial, constitui uma força motriz importante para a reformatação global da Química.

A complexidade da prossecução da Química Verde.

O desenvolvimento e consolidação da Química Verde pode ser explicitado em termos dos chamados 4R (Reações / Resíduos / Recursos naturais / Reagentes), passando globalmente pela invenção de novas *Reações* químicas, que permitam eliminar o uso de substâncias tóxicas, maximizar a *economia atómica* (incorporação dos átomos dos reagentes no produto da reação) e minimizar o uso de solventes e substâncias auxiliares; bem como diminuir a quantidade de *Resíduos* produzidos (por exemplo, eliminando *derivatizações*) e gastar menos *Recursos* naturais não renováveis (energia, matérias-primas, etc.).

A inovação de reações pressiona

naturalmente a inovação em *Reagentes* (a palavra é aqui usada em sentido lato), quer quanto à sua natureza, por exemplo, com vista a privilegiar o uso de reagentes renováveis, quer quanto à sua função, por exemplo, a necessidade de desenvolver novos catalisadores que permitam substituir reações estequiométricas por reações catalíticas. Frequentemente, as reações do primeiro tipo produzem resíduos em quantidades elevadas, muitas vezes tóxicos, pelo que é importante a inovação dirigida a novas sínteses catalíticas que promovam a formação dos produtos por vias mais *diretas e simples*.

Embora esta lista de linhas simultâneas a perseguir na prossecução da Química Verde não seja exaustiva, mostra que esta tarefa envolve uma enorme complexidade. Desde sempre que a Indústria Química tem perseguido objetivos destes tipos de forma individual/incremental, mas a Química Verde visa o seu cumprimento integrado de forma holística – o que implica uma mudança de estilo na visão da Química pelos Químicos Laboratoriais/Académicos, incluindo a construção e utilização de *métricas de verdura*, essenciais para aferir e comprovar os progressos alcançados na aquisição de *verdura química* (um conceito de

enorme complexidade, ainda mal definido) e, mais globalmente, no trajeto para o Desenvolvimento Sustentável.

Química Verde e Pensamento Sistémico

A mudança de postura requerida aos Químicos Laboratoriais/Académicos para implementação da Química Verde consiste numa transição de paradigma mental, do reducionista para o sistémico, essencial para visualizarem simultaneamente e conjugadamente as diversas facetas das reações químicas e da sua implementação industrial (estequiometria, cinética/catálise, termodinâmica/energética, operações unitárias, economia, etc.). A mentalidade sistémica é essencial para os químicos poderem inventar vias de *síntese verde*, que possam ser eficazmente transpostas para a escala industrial pelos Químicos Industriais de Processo e Engenheiros Químicos, por meio de *desenvolvimento de processo verde*, permitindo a praticar de *engenharia química verde* numa Indústria Química constituída por *processos químicos verdes*.

A mudança significa inverter os efeitos da crescente especialização da Química Laboratorial ao longo do século XX, em que esta se separou progressivamente da Química Industrial: a divisão conduziu a uma Química Laboratorial reducionista, em contraste com a Química Industrial a jusante da destilação do petróleo, desenvolvida de raiz em sistemas de fabrico industrial nos anos trinta e quarenta do século passado, que se manteve naturalmente sistémica. A aquisição da postura reducionista pelos Químicos Laboratoriais, que acompanhou a sua especialização crescente e a compartimentação da Química Académica (por exemplo, os especialistas de termodinâmica química ignoram frequentemente a cinética química e vice-versa), concretizou-se em pleno em meados do século XX, criando um fosso entre os Químicos e os Engenheiros Químicos. Apesar de a Engenharia Química também ter sofrido uma especialização

crescente, a postura destes últimos manteve-se naturalmente sistémica (ou não tivessem de lidar com os *sistemas industriais* que implementam os processos químicos).

Química Sistémica e Desenvolvimento Sustentável

Embora uma mudança de mentalidade exija sempre a transposição de barreiras difíceis, só a adoção de uma postura sistémica pelos Químicos Laboratoriais permitirá uma prática de Química Sistémica, essencial para concretizar a Química Verde. Na realidade, uma Química Sistémica permitirá a optimização conjunta dos três fatores essenciais dos sistemas, *matéria*, *energia* e *informação*, para aumento simultâneo das respetivas *produtividades*. Mais precisamente, permitirá perseguir os seguintes objetivos: usar menos matéria (*desmaterialização*), menos energia (*desenergização*, ou *abaixamento da intensidade energética*, presentemente muito elevada – a Indústria Química, por razões históricas, é tradicionalmente muito voraz de energia, que gasta liberalmente quer nos reatores quer nos equipamentos de separação e purificação a jusante destes) e menos informação (*desinformacização*, conseguida por *simplificação* das vias de sínteses, que suportará a dos processos industriais) – objetivos estes que são, afinal, os da Química Verde. Com estes aumentos de produtividades, a Química Verde contribuirá melhor para o desejado **D e s e n v o l v i m e n t o S u s t e n t á v e l**.

Em suma, a adoção do pensamento sistémico pelos Químicos Laboratoriais facilitará o percurso da *cadeia de verdura* da Química (ver a Figura 1) como pilar do Desenvolvimento Sustentável.

Invólucro socioambiental

O desenvolvimento da Química Verde será pressionado pela nova postura socioambiental,

presentemente em emersão, quanto ao controlo e resolução eficaz dos problemas ambientais decorrentes da poluição e produção de resíduos, mais precisamente, a substituição do *paradigma do risco*, de natureza reativa e que apresenta variadas limitações, pelo *paradigma ecológico* ou *da sustentabilidade*, de natureza proativa – que visa não deixar criar problemas ambientais por meio da adoção voluntariosa de design que embuta benignidade/segurança de raiz nos produtos químicos e respetivos processos preparativos.

O paradigma do risco substituiu o clássico *paradigma da diluição*, vigente antes do ambientalismo, quando se acreditava que, por exemplo, as chaminés de grande altura permitiam um amplo espalhamento dos poluentes no ar e a sua dispersão na natureza a níveis de concentração tão baixos que eram assimilados pela ecosfera – a substituição mostra que também no campo da proteção ambiental são possíveis mudanças de **p a r a d i g m a s**.

O paradigma do risco assenta na avaliação dos riscos das substâncias químicas para a saúde humana e da biosfera, mas tem fragilidades intrínsecas que implicam que, embora tenha permitido progressos no combate à poluição (vencer batalhas!), não permite resolver completamente os problemas (ganhar a guerra!) – por exemplo, a capacidade assimilativa da natureza para muitas das substâncias sintética é limitada, as incertezas nas avaliações de risco são frequentemente elevadas devido à incompletude de dados toxicológicos e de exposição às substâncias, os sistemas ecológicos são complexos pelo que a sua **c o m p r e e n s ã o é l i m i t a d a , e t c .**

O paradigma ecológico, baseado em novos “princípios” (precaução, inversão do ónus da prova, descarga nula/produção limpa), procura assegurar que os compostos químicos e processos de fabrico sejam concebidos de raiz e testados antecipadamente para garantir proativamente que

os seus impactos ambientais sejam inócuos.

Assim, envolve uma atitude científica (substituição da ignorância pelo conhecimento resultante de um cabal estudo prévio) e pode resolver melhor os problemas ambientais que o paradigma do risco não conseguiu – no entanto, as barreiras à sua implementação societal são fortes e variadas

Uma primeira tentativa ampla da sua utilização é a nova legislação europeia sobre os produtos químicos, o REACH (sigla de **R**egistration, **E**valuation and **A**uthorization of **C**hemicals), presentemente na fase inicial de registo das substâncias, a implementar ao longo da presente década – a lentidão mostra as dificuldades de lidar com o problema global dos produtos químicos.

CONCLUSÕES

A reinvenção da Química que é a Química Verde exige investigação *transformativa*, num quadro *sistémico*, que incorpore e suporte as mudanças de paradigmas em jogo, em vez da investigação *incremental* mais típica do *reducionismo*.

Embora as mudanças de paradigmas sejam sempre difíceis e pressagiem um desenvolvimento lento da Química Verde, este é premente – porque esta é uma componente essencial do Desenvolvimento Sustentável, ele próprio uma mudança de paradigma da civilização!

Artigos do autor sobre a génese e filosofia da Química Verde, bem como sobre métricas de verdura, podem ser encontrados em:

http://educa.fc.up.pt/links_cat.php?categoria=qu%EDmica+verde&subcategoria=bibliografia+-+artigos

Artigos sobre Química Analítica Verde (Línguas eletrónicas), podem ser encontrados em:

http://educa.fc.up.pt/links_cat.php?categoria=qu%EDmica+anal%EDtica+verde&subcategoria=l%EDnguas+eletr%F3nicas

Efeitos no solo do gesso produzido em diferentes reações químicas da solução de ácido sulfúrico reciclada com carbonato de cálcio residual e óxido de cálcio

Alexandre Sylvio Vieira da Costa¹; Adolf Heinrich Horn²; Guilherme Kangussu Donagemma³;
José Carlos Polidoro³; Rodrigo Pimenta Giacomini⁴; Almir dos Santos Trindade⁴

1. Universidade Vale do Rio Doce

2. Universidade Federal de Minas Gerais

3. Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Solos

4. Antares Reciclagem Ltda

e-mail: asylvio@univale.br

Introdução

Desde a era greco-romana o gesso tem sido utilizado como fertilizante (Collings, 1955). No Brasil, os primeiros registros de utilização do gesso agrícola são do Instituto Agrônomo de Campinas no século XIX. Na década de 70, na Embrapa CPA Cerrado verificou-se que no cultivo do milho que recebeu superfosfato simples as plantas resistiram melhor ao veranico quando comparado às plantas que receberam superfosfato triplo. Verificou-se que o sistema radicular das plantas estava mais profundo com a utilização de superfosfato simples. Este fato foi atribuído ao gesso que faz parte da composição deste adubo (Ritchey et al, 1980).

Os solos brasileiros em geral são ácidos, apresentando baixos níveis de cálcio e enxofre. Outro grande problema de nossos solos é a elevada saturação de alumínio trocável nas camadas sub-superficiais, principalmente nas regiões de Cerrado (Malavolta e Kliemann, 1985). Estas condições comprometem o desenvolvimento adequado das raízes das plantas, limitando a absorção de água e nutrientes. Considerando que a saturação de alumínio dos solos acima de 20% prejudica o crescimento das raízes e o desenvolvimento das plantas, verificou-se nas camadas subsuperficiais (20-50 centímetros) dos solos de Cerrado que 70% das áreas encontravam-se com índices superiores a este valor e 86% dos solos com teor de cálcio inferior a $0,4 \text{ cmolc/dm}^3$, valores extremamente reduzidos (Sousa et al., 1996). Em São Paulo, no ano de 1985,

o laboratório de solos Minercal demonstrou que das 9657 amostras de solo analisadas, cerca de 69% apresentavam níveis de enxofre muito baixos ou baixos o que compromete o desenvolvimento e a produtividade das culturas.

A maior concentração de raízes nas camadas superficiais do solo devido à restrição do seu aprofundamento no solo é um sério problema, principalmente em regiões onde a ocorrência de veranicos é freqüente. Estes efeitos se tornam mais severos em solos de textura mais arenosa devido a sua reduzida capacidade de retenção de água. Segundo Sousa et al. (1996), em uma camada de 0 a 50 centímetros de profundidade, o solo com 12% de argila armazena uma lâmina de água disponível de 25,4 mm enquanto um solo com 68% de argila armazena 59,5mm. Com o emprego dos corretivos agrícolas é possível resolver grande parte dos problemas químicos que estes solos apresentam, incluindo a sua acidez. Entretanto, as reações químicas promovidas no solo por este insumo ficam restritas a camada arável do solo, até 20 centímetros de profundidade.

Segundo Paolinelli et al (1987) a penetração do calcário no solo em profundidades superiores a 20 centímetros ocorre somente quando são utilizados doses relativamente pesadas de corretivos ou quando o mesmo é incorporado mecanicamente. Apesar do uso de implementos para incorporação profunda do calcário, o mesmo deve ser bem avaliado devido à dificuldade de operação das

máquinas e do alto custo do sistema operacional.

Diferente dos calcários, o gesso agrícola pode ser usado na melhoria das condições químicas dos solos nas camadas sub-superficiais, regiões onde os calcários não atingem devido a sua reduzida mobilidade. O gesso agrícola, após a sua dissolução no solo, apresenta uma rápida mobilidade pela camada arável, fixando nas camadas mais profundas do solo, favorecendo o desenvolvimento das raízes em profundidade, tornando as plantas mais adaptadas aos veranicos, aumentando a eficiência de uso dos nutrientes aplicados no solo.

Apesar das características favoráveis, o gesso é um sal neutro não apresentando efeitos diretos e práticos na redução da acidez dos solos. Mesmo assim, o gesso foi recomendado e aplicado com esta finalidade no final da década de 70 e início da década

de 80. Contradizendo a citação anterior, Wang et al (1999) citam em seu trabalho que o gesso é capaz de elevar o pH do solo, apesar de ser uma alteração pouco expressiva e dependente do tipo de solo.

Metodologia

O experimento foi conduzido no laboratório de solos da Universidade Vale do Rio Doce – Univale. Foram utilizados copos plásticos de 200 ml para acondicionar os solos. O solo utilizado foi um B textural de baixa fertilidade. O solo coletado foi secado e peneirado em peneira de malha de 0,5 centímetro. Após a preparação, foi retirada uma amostra de solo para determinação da sua fertilidade e composição textural. A análise textural apresentou as seguintes características: 19,68% de areia grossa, 4,05% de areia fina, 52,48% de silte e 23,80% de argila. A análise química do solo encontra-se descrita no Quadro abaixo:

Quadro 1 - Análise química do solo utilizado no experimento

	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O.	C	Prem	S	T	t	V	m
		(mg/dm ³)	(cmolc/dm ³)	(cmolc/dm ³)	(cmolc/dm ³)	(cmolc/dm ³)	(cmolc/dm ³)	(dag Kg)	(%)	(mg/L)	(cmolc/dm ³)	(cmolc/dm ³)	(%)	(%)	(%)
Amostra	5,60	5,20	119,7	0,67	0,56	0,12	2,30	0,54	0,31	18,0	1,54	3,84	1,66	40,10	7,23

Foram utilizados seis preparados de gesso agrícola oriundos da reação da solução de ácido sulfúrico reciclada da Antares Reciclagem com o carbonato de cálcio residual da Cenibra Celulose Nipo Brasileira S.A. e óxido de cálcio. Os tratamentos utilizados Foram: reação da solução de ácido sulfúrico reciclada com carbonato de cálcio até atingir os pHs 7,0; 7,5 e 8,0. No outro tratamento a reação da solução de ácido sulfúrico reciclada ocorreu com o óxido de cálcio para obtenção dos mesmos pHs citados anteriormente.

Os materiais de gesso foram mantidos em suspensão em água na concentração de 12,6g/litro e aplicados no solo nas concentrações pré determinadas. A quantidade utilizada foi equivalente a 25%; 50%; 75% e 100% da recomendação do

calcário, baseado na análise de solo que foi de 2,5 ton/ha de calcário 100% PRNT. Os solos foram irrigados até a obtenção de 80% da capacidade de campo. A irrigação dos solos foi mantida durante 14 dias, período em que o experimento foi conduzido. Os copos foram mantidos em sala de incubação a 30° C, mantendo o solo com, no mínimo, 80% da capacidade de campo.

Após o período de condução do experimento, os copos foram coletados e os solos secados e peneirados, seguido de envio ao laboratório de solos da Univale para determinação química (pH, cálcio, sulfato, alumínio livre e acidez potencial). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. O esquema foi um fatorial 4 x 2 x 3 correspondendo a quatro doses de

gesso aplicado, duas fontes de reação com solução de ácido sulfúrico reciclada (carbonato de cálcio e óxido de cálcio) e três pHs (7,0; 7,5; 8,0), além da testemunha sem aplicação. Foi utilizada a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

No Quadro 2 observa-se o quadrado médio

dos fatores analisados e suas interações. Na avaliação do pH do solo, apenas o resultado da interação entre o tipo de gesso avaliado e suas dosagens não apresentaram diferenças significativas, o mesmo não ocorrendo com os demais fatores avaliados e suas interações.

Nas demais variáveis analisadas (cálcio, saturação de bases, saturação de alumínio e sulfato) o único fator simples que não apresentou significância foi o pH do gesso.

Quadro 2 - Quadrado médio e o grau de significância dos fatores analisados e suas interações

Tratamentos	pH	Cálcio	Saturação de bases	Saturação de alumínio	Sulfato
Gessos	18,993**	5,037**	467,725**	90,559**	25662,140**
Dosagens	1,428**	4,265**	145,354**	16,641**	3478,707*
pH	0,235**	0,072n.s.	12,624n.s.	0,151n.s.	2414,250n.s.
Gesso x dosagens	0,067n.s.	1,270**	16,339n.s.	2,082n.s.	1778,864n.s.
Gesso x pH	0,123**	0,090n.s.	14,981n.s.	0,264n.s.	401,232n.s.
Dosagens x pH	0,095*	0,615n.s.	29,505**	1,318n.s.	320,969n.s.
CV (%)	2,770	38,66	3,57	19,20	58,84

* significativo a 5% de probabilidade - ** significativo a 1% de probabilidade

Os resultados mostram no Gráfico 1 que o gesso oriundo da reação do carbonato de cálcio (CaCO_3) com a solução de ácido sulfúrico reciclada (H_2SO_4) é mais reativo no solo quando comparado ao gesso processado da reação do óxido de cálcio (CaO). Em média, os valores de pH do solo obtidos

com o gesso oriundo da reação do CaCO_3 ficaram acima de 7,0, enquanto o gesso da reação do CaO não foi superior a 6,2. Apesar da diferença dos resultados, ambos os materiais apresentaram valores superiores a testemunha, sem aplicação, indicando o valor corretivo dos materiais. Em relação às quantidades utilizadas, as dosagens foram baseadas no cálculo das doses de corretivo 100% PRNT. Neste caso, verifica-se que a resposta do pH do solo foi gradual em função das dosagens de gesso aplicadas. A aplicação de apenas 25% das necessidades do solo em corretivo na forma do gesso promoveu um aumento significativo no pH em relação a testemunha, atingindo valores em torno de 6,3. As doses de 50% e 75% não apresentaram diferenças estatísticas entre si com os valores de pH variando entre 6,5 e 6,6, diferente do resultado obtido no tratamento com 100% de gesso onde a diferença foi significativa com os valores de pH atingindo 6,9.

Gráfico 1. Efeito dos diferentes tipos de gessos na alteração do pH dos solos

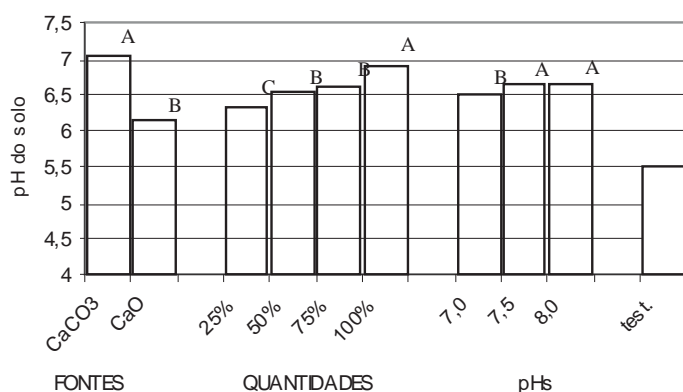
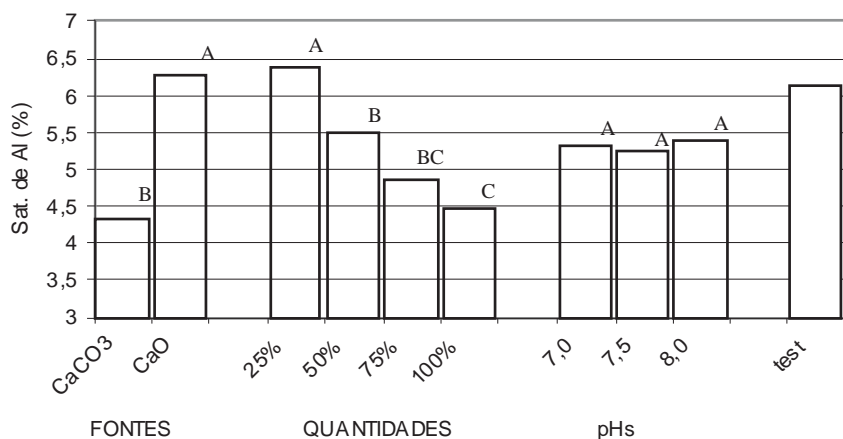


Gráfico 2. Efeito dos diferentes tipos de gessos na saturação de alumínio dos solos



Em relação aos pHs em que os gessos foram preparados, os que estavam com pHs 7,5 e 8,0 não apresentaram diferenças estatísticas entre eles em relação a alteração do pH do solo com valores variando entre 6,6 e 6,7, mas foram estatisticamente superiores ao gesso preparado com pH 7,0 onde as reações no solo elevaram o pH para valores próximos a 6,5, mas um ponto acima do pH do solo no tratamento testemunha.

A saturação de alumínio do solo é um dos principais problemas que as espécies agrícolas enfrentam durante o seu processo de desenvolvimento, pois o alumínio é um dos principais causadores da toxidez das plantas. No Gráfico 2 verifica-se que a testemunha apresentou um baixo valor de saturação de alumínio (6,12%). Apesar disto, o uso do gesso oriundo da reação do CaCO₃ promoveu uma redução significativa de seu valor para 4,3%. Este mesmo desempenho não foi observado com o gesso oriundo do CaO onde os valores foram semelhantes ao solo testemunha. Em relação às quantidades utilizadas, o uso de 25% de gesso em relação à quantidade de corretivo recomendada, não promoveu qualquer alteração no solo em relação à testemunha, mas a partir da dose 50% esta redução mostrou-se evidente com a queda na saturação de alumínio até a dose de 100% da recomendação onde os valores foram de

aproximadamente 4,45%. Esta queda ocorreu principalmente devido ao acréscimo de cálcio e a alteração da saturação de bases dos solos.

Em relação ao nível de pH em que os gessos foram preparados, não foram observados diferenças significativas entre os valores deste tratamento mas inferiores aos valores de saturação de alumínio no solo testemunha.

A saturação de bases é outro fator importante avaliado das

características químicas do solo, fator fundamental no desenvolvimento vegetal. Inicialmente, o solo avaliado apresentou bons resultados com valores acima de 74% (Gráfico 3). Mesmo com estes elevados valores, a aplicação do gesso oriundo da reação do CaCO₃ promoveu efeitos positivos na saturação com valores atingindo 78,5%, significativamente superior ao gesso produzido da reação do CaO que não alterou o seu valor, mantendo-se semelhante ao solo testemunha. Em relação às dosagens aplicadas, a ação do gesso agrícola na alteração da saturação de bases do solo foi observada a partir de 50% da dose de corretivo recomendada, aumentando sucessivamente, até atingir valores superiores a 79%, diferente estatisticamente das demais doses aplicadas no solo.

Gráfico 3. Efeito dos diferentes tipos de gessos na saturação de bases dos solos

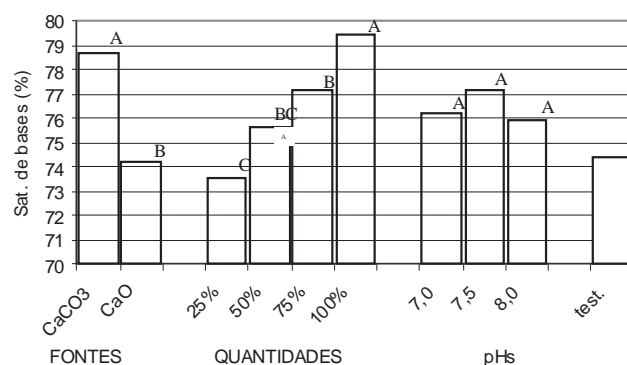
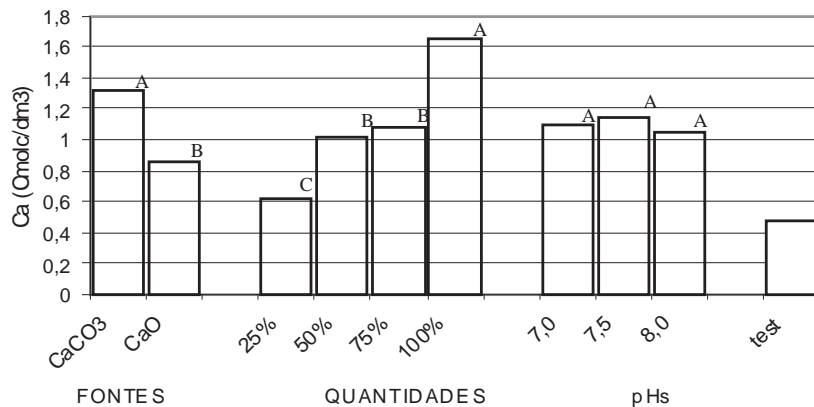


Gráfico 4. Efeito dos diferentes tipos de gessos no nível de cálcio dos solos



Em relação aos diferentes pHs dos gessos, observou-se que não houveram diferenças estatísticas entre eles, mostrando que a alteração da saturação de bases do solo independe do pH inicial do gesso produzido.

No Gráfico 4, observa-se que a quantidade de cálcio disponível no solo, macro elemento essencial no desenvolvimento das plantas e presente no gesso agrícola. Os resultados mostram que ambos os gessos disponibilizaram cálcio no solo para as plantas com valores superiores a testemunha, mas com efeitos diferenciados entre eles. O gesso oriundo da reação do CaCO₃ disponibilizou maior quantidade de cálcio no solo, com valores atingindo 1,3 cmolc/dm³ enquanto o gesso oriundo da reação do CaO disponibilizou cerca de 0,85 cmolc/dm³ de cálcio. Estes resultados podem estar associados à maior quantidade de cálcio presente no gesso preparado com CaCO₃.

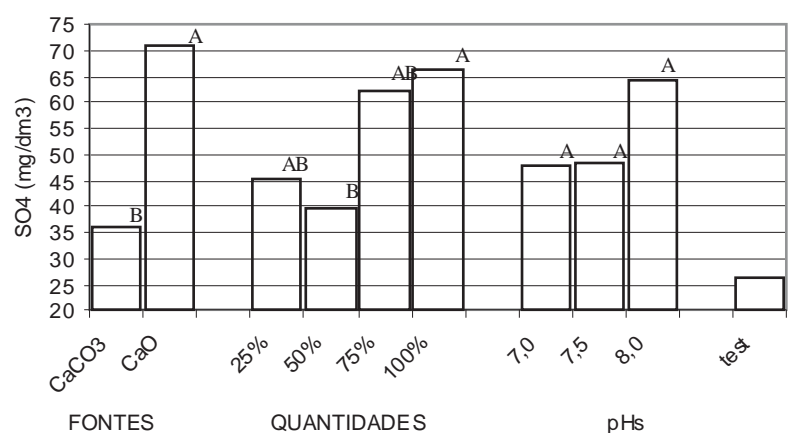
Em relação às quantidades aplicadas, verifica-se que, mesmo nas menores quantidades de gesso utilizadas (25%), o nível de cálcio no solo foi superior a 0,6 cmolc/dm³. Com o aumento da quantidade de gesso aplicado o nível de cálcio disponível elevou-se até atingir valores acima de 1,6 cmolc/dm³ na dosagem de 100% da recomendação do corretivo.

Em relação aos diferentes pHs de

preparação do gesso não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, mas com todos os valores superiores a testemunha. Em relação ao nível de sulfato no solo (Gráfico 5), os resultados mostraram uma maior liberação deste composto no solo como o uso do gesso da reação do CaO, com valores gerais próximos a 70 mg/dm³, enquanto os resultados do gesso proveniente da reação do CaCO₃ ficaram em torno de 35mg/dm³. Estes resultados podem ser explicados pela concentração

de sulfato do gesso da reação do CaO que apresentou valores sete vezes superior ao nível de sulfato do gesso oriundo do CaCO₃. Em relação as quantidades utilizadas, todas as aplicações apresentaram valores superiores a testemunha, mas os aumentos de maior significância foram observados a partir da aplicação de gesso na dose de 75% da recomendação do corretivo onde os valores foram acima de 60 mg/dm³. Em relação aos pHs dos gessos, os tratamentos foram significativamente iguais, mas com maior destaque para os gessos com pH 8,0 onde os valores foram próximos a 65 cmolc/dm³. Todos os tratamentos de pH do gesso apresentaram valores superiores a testemunha.

Gráfico 5. Efeito dos diferentes tipos de gessos no nível de sulfato dos solos



Conclusões

Os resultados obtidos pela ação do gesso na alteração das características químicas dos solos mostraram-se bastante promissores, principalmente do gesso produzido da reação da solução de ácido sulfúrico reciclada da Antares Reciclagem com o carbonato de cálcio residual da Cenibra Celulose Nipo Brasileira S.A. O gesso produzido da reação com o óxido de cálcio apresentou-se menos efetivo. O gesso produzido da reação da solução de ácido sulfúrico reciclado com o carbonato de cálcio apresentou excelente ação corretiva, semelhante aos produtos existentes atualmente no mercado podendo substituí-los parcialmente sem comprometimento das reações químicas do solo.

Referências bibliográficas

COLLINGS, G. H. Comercial fertilizants. 5ª ed. Mc Graw Hill Book Co. 1955.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. Desordens nutricionais do Cerrado. Piracicaba, SP. Potafós, 1985. 136p.

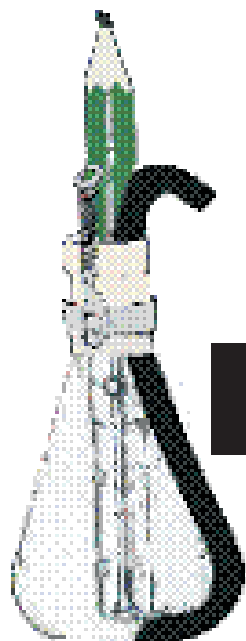
PAOLINELLI, M. T.; OLIVEIRA, P. M. de; SANTOS, P. R. R.; SÁ LEANDRO, V. de P.; MORAES, W. W. de. Aplicação direta do fosfogesso. In: Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. P.197-207. Brasília. Embrapa-DDT, 1986.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol. Agronomy Journal. 72:40-44, 1980.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso do gesso agrícola em solos de Cerrados. Planaltina: Embrapa CPAC. Circular Técnica 32. 1996. 20p.

WANG, H. L.; HEDLEY, M. J.; BOLAN, N. S.; HORNE, D. J. The influence of surface incorporated lime and gypsiferous by products on surface and sub surface soil soil acidity. 1. soil solution chemistry. Australian Journal of soil Research, Melbourne, 37:165-180, 1999.

**Hotel Praiamar Natal
17 a 19 de julho de 2011**



IMPEQUI

9º Simpósio Brasileiro de Educação Química

**Se voce é da área de Educação ou Ensino, não deixe de participar.
Inscrições em condições especiais para Professores.**

Inscrições e informações: www.abq.org.br/simpequi

Prático Processo para a Síntese da *l*-Efedrina e seus Sais

Bruno A. Cotrim¹, Emerson Teixeira da Silva¹, Otávio V. Carvalho², Octavio A. C. Antunes¹

1 - Instituto de Química - UFRJ

2 - Nortec Química

e-mail: emersonts@oi.com.br

Em memória ao professor Octavio Augusto Ceva Antunes, falecido em Junho de 2009

Resumo

Este trabalho descreve um simples processo de duas etapas para a síntese da *l*-efedrina e seus sais, sulfato e cloridrato, em alta pureza e apreciável rendimento, a partir de (-)-*l*-fenil-acetil-carbinol (PAC) bruto oriundo de fermentação. Os métodos correntemente empregados para obter tais compostos são limitados, bem como a otimização de escala. O atual método é um escalonável processo para estes produtos, com possível aplicação industrial.

Introdução

As drogas simpaticomiméticas de ação direta e indireta tem largo emprego terapêutico, incluindo o tratamento da hipotensão, do choque cardio-sistêmico, das arritmias cardíacas, asma, rinite e do congestionamento nasal¹. Tais drogas são bastante numerosas, pertencentes a diversas classes químicas.

Muitas destas são estruturalmente relacionadas às catecolaminas endógenas, como a adrenalina, a noradrenalina e a dopamina, possuindo ação farmacológica agonista seletivas ou não para os receptores α e β adrenérgicos¹. Tais receptores são subdivididos em: α_1 e α_2 ; β_1 e β_2 ¹.

A efedrina é quimicamente análoga à adrenalina, não possuindo o padrão catecólico desta e nem a metila lateral. É um produto natural isolado a partir de várias espécies de plantas do gênero *ephedra*, que foram utilizados por séculos na medicina popular em várias culturas^{2,3}.

Pura efedrina foi primeiramente isolada e cristalizada de uma erva da medicina chinesa,

chamada Ma Huang, em 1887, sendo sua atividade simpaticomimética não reconhecida até 1917³.

Possui propriedades adrenérgicas por induzir a liberação de noradrenalina nos neurônios simpáticos e agonizar receptores α e β , sendo um leve estimulante do SNC. É provável que seu mecanismo de ação descongestionante do trato respiratório se passe pela diminuição da resistência ao fluxo aéreo ao diminuir o volume da mucosa^{1,2}.

A efedrina possui dois carbonos assimétricos podendo existir, assim, em quatro estereoisômeros, sendo dois pares de diastereoisômeros (Figura 1).

A droga original efedrina é uma mistura dos enantiômeros *eritro* (1*R*,2*S*) e (1*S*,2*R*). O par de enantiômeros *treo* é a pseudo-efedrina⁵.

O isômero da efedrina com a configuração (1*R*,2*S*) tem efeito direto nos receptores α e β ao lado de uma ação indireta e o enantiômero (1*S*,2*R*) tem uma ação predominantemente indireta⁶. Destes enantiômeros da efedrina, o primeiro é o mais interessante farmacologicamente e recebe a denominação de *l*-(-)-efedrina.

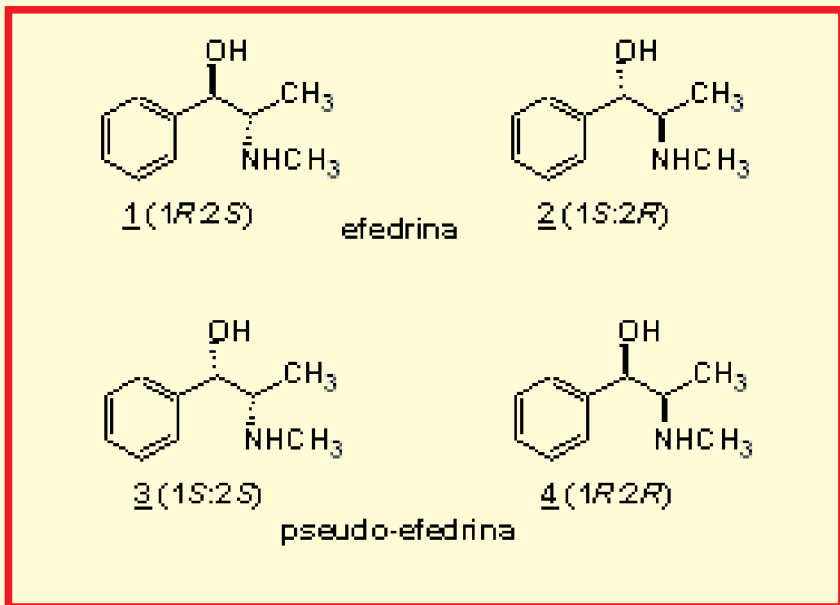


Figura 1: Isômeros da efedrina

Dos enantiômeros da pseudo-efedrina, o (1*S*,2*S*) é o utilizado terapeuticamente e denomina-se *d*-(+)-pseudo-efedrina. Esta tem menos efeitos colaterais a nível do SNC do que a efedrina, e por isto, sua utilização como descongestionante nasal é mais difundida⁶. Tanto a efedrina quanto a pseudo-efedrina são comercializadas em formas de sais, como cloridrato e sulfato, estando enantiomericamente puros. Várias formulações farmacêuticas existem com a presença destes, associados a outros fármacos ou não^{1,2,3}. Encontram-se geralmente na forma líquida (xarope), mas também é disponível em solução parenteral ou em comprimidos^{2,6}.

A obtenção da efedrina e pseudo-efedrina em alta escala por processos extrativos é desvantajoso, uma vez que a concentração destes em quaisquer fontes naturais não é significativa^{3,7}.

Por via totalmente sintética, da mesma forma, é dispendiosa, uma vez que requer o uso de indutores quirais e/ou resoluções adequadas que demandam tempo e uso de certos agentes específicos^{8,9,10}.

Todavia, a sua obtenção a partir de matéria-prima de origem microbiológica, a *l*-fenil-acetil-carbinol ((-)-PAC; Esquema 1), suscitou novas alternativas para sua produção em escala industrial^{11, 12, 13}. Este foi um dos primeiros intermediários quirais obtidos por biotransformação microbiológica, ha 60 anos, aplicado industrialmente¹². Esta reação envolve a biocondensação de benzaldeído com acetil-coenzima A (Esquema 1).

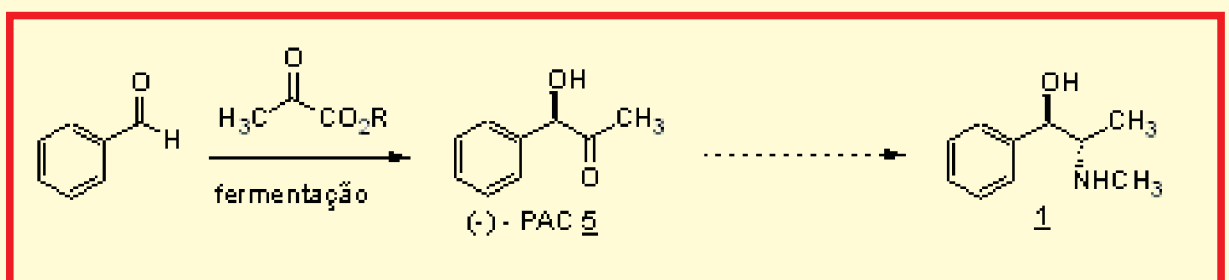
Tal produto natural apresenta-se na forma isomérica ideal, devido a configuração *R* da hidroxila vizinha ao anel fenila neste ser a mesma da *l*-efedrina. Contudo, a purificação do PAC bruto requer técnicas especiais que inevitavelmente encarecem seu uso, tanto a purificação cromatográfica quanto à química^{7,11,12}.

Por outro lado, a utilização do PAC em seu estado bruto requer purificações minuciosas e trabalhosas do produto final¹³.

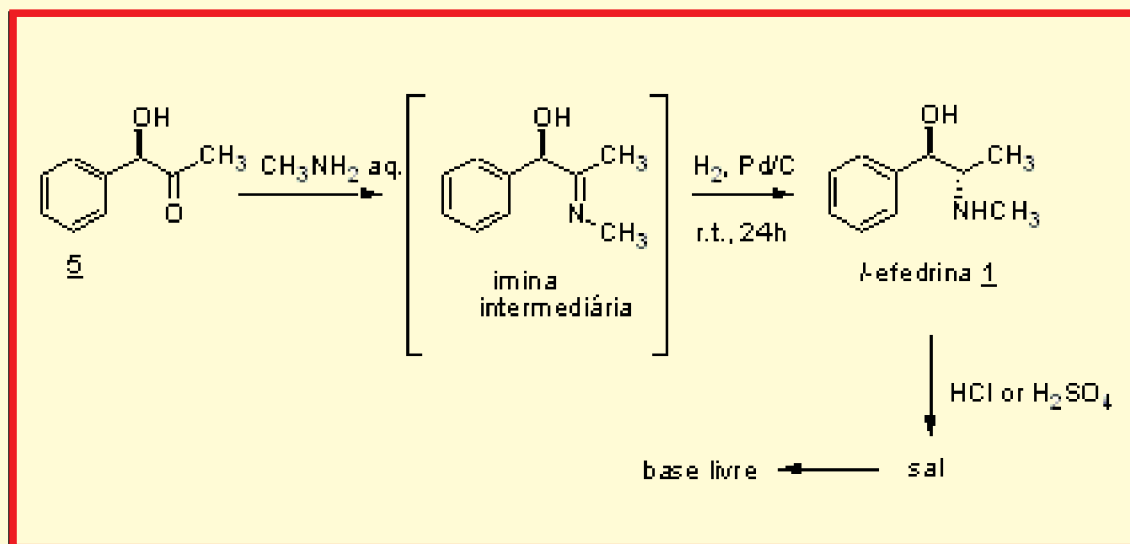
Em um recente trabalho, o uso do PAC bruto para a preparação da metanfetamina, resultou na obtenção deste com várias impurezas¹³.

O uso extensivo de solventes orgânicos nos processos de síntese é outro fator que deve ser considerado na obtenção da efedrina e seus sais^{11d}.

Esquema 1:
Obtenção
do (-)-PAC



Esquema 2:
Processo para a
Síntese da
l*-efedrina **1*



A *d*-pseudo-efedrina, pode ser convenientemente obtida pela epimerização da hidroxila da *l*-efedrina, existindo vários métodos para tal^{14, 15, 16}

Neste trabalho, objetivou-se a obtenção da base livre e os respectivos sais da *l*-efedrina a partir de uma solução comercial contendo o (-)PAC ao lado de outros produtos de fermentação biológica, em duas etapas, sem uso de solventes orgânico e sem etapas trabalhosas de purificação.

Tal intento resultaria em uma possível rota sintética comercial para este importante fármaco.

Resultados e discussões

Os estudos focaram na utilização do (-)-fenil-acetil-carbinol (PAC) em uma mistura, comercialmente disponível, contendo ácido benzóico, benzaldeído, metil-fenil-etanodiol e tolueno. Tal apresentava percentual de 60% de PAC de acordo com análise de CG-MS (Esquema 2).

A solução acima, contendo o PAC, então, foi submetida à reação de aminação redutiva com metilamina aquosa (40%) ao lado de Pd/C 5%, a pressão em torno de 5 atm por 24 horas. Após isolamento, que consistiu na filtração em celite e evaporação prévia do solvente, adicionou-se ao meio HCl concentrado. Houve a precipitação de um produto branco no meio reacional. Tal sólido correspondeu ao cloridrato de *l*-efedrina puro, de

acordo com análise espectrais de RMN ¹H, RMN ¹³C e HPLC quiral. A análise por HPLC quiral evidenciou > 99% de pureza química e > 99% de diastereosseletividade, tomando-se, como padrão, amostra pura e autêntica deste sal (Aldrich). Obteve-se um rendimento químico de 54% a partir da solução de PAC inicial. Para corroborar tais achados, o PAC foi submetido a aminação redutiva com a mesma amina anterior e utilizando, como agente de redução, borohidreto de sódio (NaBH₄) que, sabidamente, forneceria como produto uma mistura diastereoisomérica de *l*-(-)-efedrina e *l*-(-)-pseudo-efedrina. De fato, isto ocorreu e pode-se perceber por HPLC quiral dois sinais distintos, dos quais o de maior proporção teve o mesmo tempo de retenção (4 min.) do padrão de cloridrato de *l*-efedrina autêntico, nas mesmas condições (75:25). Tal sinal se mostrou corresponder àquele do produto de reação de hidrogenação que, no caso, evidenciou >99 % de diastereosseletividade.

Na literatura, o PAC é purificado antes de ser convertido na efedrina e o produto final é de novo purificado¹². A estereosseletividade do nosso procedimento, que usa Pd/C, é ainda maior que o previamente descrito, que empregou o catalisador mais oneroso Pt/C^{11f}.

O cloridrato de *l*-efedrina puro obtido, foi convertido em sua base livre com Sol. de NaOH em diclorometano.

O sulfato de *l*-efedrina foi obtido, similarmente ao cloridrato, substituindo o HCl por H₂SO₄. Todas as análises espectrais destes foram compatíveis.

A *l*-efedrina foi convertida eficientemente na *d*-pseudoefedrina, após devida epimerização, atestando procedimento da literatura¹⁶, em escala de centigramas.

Conclusões

A obtenção dos sais de efedrina a partir do PAC mostrou-se ser eficiente, com elevada pureza e >99% diastereosseletiva, sem requerer purificações excessivas no produto de reação. O rendimento químico foi bom, em torno de 54%. Na escala empregada não foi necessário o uso de solvente no meio reacional. O processo em geral mostrou-se facilmente exeqüível, barato e escalonável a nível industrial.

Materiais e Métodos

Os espectros de ressonância magnética nuclear de hidrogênio e carbono (RMN ¹H e ¹³C) foram obtidos a 200 ou 300 MHz e 50 MHz, respectivamente, em aparelho Bruker DRX - 200, - 300 (IQ - UFRJ), utilizando como referência interna o tetrametilsilano (TMS) ou o hidrogênio residual do solvente deuterado. As áreas dos picos foram obtidas por integração eletrônica e suas multiplicidades descritas como: s - simpleto; d - doubleto; m - multipleto; e sl - sinal largo.

Os espectros na região do infravermelho (IV) foram obtidos por espectrofotômetro Nicolet-Magna 760 (Departamento de Química Inorgânica - IQ - UFRJ), utilizando pastilhas de brometo de potássio (KBr). Os valores para as absorções são referidos em números de ondas, utilizando como unidade o centímetro recíproco (cm⁻¹). A determinação dos pontos de fusão foi realizada em aparelho Quimis 340/23, não corrigidos.

Nas cromatografias de camada fina (c.c.f.),

foram utilizadas cromatofolhas (8 x 1,5 cm) de alumínio de Kieselgel 60 F₂₅₄ com espessura de 0,25 mm (Merck). A visualização das substâncias em c.c.f. foi feita em lâmpada de UV (254-366 nm) ou por imersão em soluções reveladoras de funções químicas.

O equipamento de HPLC empregado era da marca Shimadzu LC-10AS, acoplado a uma coluna quiral Chiralbio column. Cloreto de *l*-efedrina comercial (Aldrich) foi usado como padrão cromatográfico (TR 4,15 min.).

A razão de eluição foi de 5 mL/min. (álcool isopropílico/EtOH 1:1) com detector de UV a 240 nm. Rotação ótica foi analisada em um polarímetro Perkin-Elmer 243B digital.

Síntese do cloridrato de *l*-efedrina (1 HCl) - A solução contendo o (-) PAC **6** (30 mL; 60%; Malladi Drugs & Pharmaceuticals Ltd) foi misturada com uma contendo metilamina em água (24 mL; 40%). Esta foi transferida para um reator de hidrogenação vítreo de 500 mL com 1,5 g de Pd/C 5%. A solução foi previamente agitada e, então, pressurizada a 3 atm com H₂ e esvaziado. Este processo foi repetido mais duas vezes, e novamente pressurizado a 5 atm. A reação ficou sob agitação a 1000 rpm por 24 horas, após o qual filtrou-se o meio reacional sobre celite, sendo o filtrado evaporado a 1/3 do volume inicial. A solução resultante foi resfriada em banho de gelo a 5 °C e tratada com HCl concentrado, gota a gota, até pH 2-3. O precipitado obtido foi filtrado e lavado com acetona gelada. Secou-se sob alto-vácuo (12,5 g; 54% baseado na massa de PAC inicial). p.f.: 214-216 °C; *d* = - 25 (c=5, H₂O); T.R. : 4,13 min (álcool isopropílico/ etanol 1:1); RMN ¹H (200 MHz, D₂O): 1,15 (d, 3H); 2,85 (s, 3H); 3,65 (m, 1H); 5,21 (d, 1H); 7,50 (m, 5H) RMN ¹³C (50 MHz, D₂O): 7,14; 28,18; 57,34; 68,82; 123,51; 125,84; 126,22; 135,87; I.V. (KBr) -cm⁻¹: 3339 (N-H); 3005 (C-H); 1592, 1466, 1404 (C-N); 1209, 1168, 1059 (C-O); 757, 708 (C-H).

Sulfato de l-efedrina - Foi obtido da mesma maneira acima, utilizando-se ácido sulfúrico (14.0 g) em substituição ao HCl, com resfriamento e ajuste do pH a 3. Após o mesmo isolamento anterior, obteve-se o sal sulfato como um sólido branco (14.0 g, 60%) p.f. 240-243 °C (dec.); $d_4^{20} = -30$ (c=1, H₂O); RMN ¹H (200 MHz, CDCl₃): 0,82 (d, 3H); 2,28 (s, 3H); 2,65 (m, 1H); 4,64 (d, 1H); 7,25 (m, 5H); I.V. (KBr) -cm⁻¹: 3277 (N-H); 3010 (C-H); 1589, 1455, 1428 (C-N); 1206, 1037 (C-O); 762, 702 (C-H)

l-efedrina base livre - O cloridrato de l-efedrina (20 g) foi dissolvido em diclorometano (100 mL) e tratado com solução de NaOH a 10% (50 mL), sobre agitação a temperatura ambiente por 30 minutos. As fases foram separadas e a fase orgânica foi concentrada sobre pressão reduzida para fornecer a efedrina base livre como um óleo que posteriormente cristalizou (16 g, 98%). p.f.. 35-38 °C; $d_4^{20} = -43$ (c=5; CHCl₃); RMN ¹H (200 MHz, acetone): 1,17 (d, 3H); 2,83 (s, 3H); 3,65 (m, 1H); 5,18 (d, 1H); 7,48 (m, 5H); I.V. (KBr) -cm⁻¹: 3319 (N-H); 3057 (C-H); 1601, 1439, (C-N); 1156, 1061 (C-O); 791, 703 (C-H)

Referências

- 1- Marvin, A. K.; *Curr. Resp. Med. Rev.* **2008**, 4, 122;
- Fee, J. P. H.; *Pharmacology for Anaesthesiologists* **2005**, 147.
- 2- Rosini, M.; Bolognesi, M. L.; Giardina, D.; Minarini, A.; Tumiatti, V.; Melchiorre, C.; *Curr. Top. Med. Chem.* **2007**, 7, 147.
- 3- Abourashed, E. A.; El-Alfy, A. T.; Khan, I. A.; Walker, L.; *Phytotherapy Res.* **2003**, 17, 703.
- 4- Grue-Sørensen, G.; Spenser, I. D.; *J. Am. Chem. Soc.*, **1993**, 115, 2052.
- 5 - Grue-Sørensen, G.; Spenser, I. D.; *J. Am. Chem. Soc.*; **1998**, 110, 3714.
- 6- Greenway, F. L.; *Obesity Reviews*, **2001**, 2, 199;
- Sousa, J. J.; Sousa, A.; Moura, M. J.; Podczec, F.; Newton, J. M.; *Int. J. Pharmac.* **2002**, 233, 111.
- 7 - Li, L.; Chen, J.; *Zh. Yiyao Gong. Zazhi* **2003**, 34, 202.
- 8- Reddy, G. V.; Rao, G. V.; Sreevani, V.; Iyengar, D. S.; *Tetrahedron Lett.* **2000**, 41, 953; Testa, M. A.; Hajji, C.; Zaballos-Garcya, E.; Garcya-Segovia, A. B.; Sepúlveda-Arques, A.; *Tetrahedron: Asymmetry.* **2001**, 12, 1369.
- 9 - Manske, R. F.; Johnson, T. B.; *J. Am. Chem. Soc.*, **1929**, 51, 1906.
- 10- Manske, R. F.; Johnson, T. B.; *J. Am. Chem. Soc.*, **1929**, 51, 580.
- 11- (a) Neuberg, C.; Hirsch, J.; **1921**, 115, 282; (b) Hildebrandt, G.; Klavehn, W.; **US Patent** 1956950, 1 may 1934; *Chem. Abstr.* **1934**, 28, 34090; (c) Goetz, G.; Iwan, P.; Hauer, P.; Breuer, M.; Pohl, M.; *Biotechnol. Bioeng.*, **2001**, 74, 317; (d) Smallridge, A. J.; Trehella, M. A.; Wilkinson, K. A.; World Patent Application WO03/018531, 6 March 2003; *Chem. Abstr.* **2003**, 138, 205242; (e) Masaya, I.; *Org. Proc. Res. Dev.* **2007**, 11, 495; (f) Astrová, M.; Kurc, L.; Cerveny, L.; *Res. Chem. Intermed.*, **2007**, 33, 663.
- 12- Shukla, V. B.; Madyar, V. R.; Khadilkar, B. M.; Kulkami, P. R.; *J. Chem. Technol. Biotechnol.* **2007**, 77, 137.
- 13- Cox, M.; Klass, G.; Wei, C.; Koo, W. M.; *Forensic Science International* **2009**, 189, 60.
- 14- Welsh, L.; *J. Am. Chem. Soc.*, **1947**, 69, 128.
- 15- Welsh, L.; *J. Am. Chem. Soc.*, **1949**, 71, 3500.
- 16- Dowd, W.; Krauss, R. C.; Freiter, E. R.; US Patent 4,237,304 2 december 1980; *Chem. Abstr.*, **1980**, 94.
- 17- Freudenberg, K.; Schoeffel, E.; Braun, E.; *J. Am. Chem. Soc.* **1932**, 54, 234.



Associação Brasileira de Química



International Year of
CHEMISTRY
2011

Eventos Nacionais

4º Simpósio Nacional de Biocombustíveis - BIOCUM

Rio de Janeiro, 19 e 20 de maio de 2011

Info: www.abq.org.br/cbq

Trabalhos até 27 de março de 2011.

9º Simpósio Brasileiro de Educação Química - SIMPEQUI

Natal, 17 a 19 de julho de 2011

Info: www.abq.org.br/simpequi

Trabalhos até 22 de maio de 2011.

4º Encontro Nacional de Tecnologia Química - ENTEQUI

Rio de Janeiro, 21 a 23 de agosto de 2011

Info: www.abq.org.br/entequi

XVIII Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica

Bento Gonçalves, 28 de agosto a 1 de setembro de 2011

Info: e-mail: sibee18@gmail.com

XXXVII Colloquium Spectroscopicum Internationale

Rio de Janeiro, 28 de agosto a 2 de setembro de 2011

Info: e-mail: csi37@xxxvii.org

Analitica Latin America 2011 - Congresso e Feira Internacional

São Paulo, 20 a 22 de setembro de 2011

Info: www.analicanet.com.br

16 Congresso Brasileiro de Catálise

Campos do Jordão, 2 a 6 de outubro de 2011

Info: e-mail: wagner.carvalho@ufabc.edu.br

12º Congresso Internacional de Tintas - ABRAFATI

São Paulo, 21 a 23 de novembro de 2011

Info: e-mail: fernanda@abrafati.com.br

Eventos Internacionais

American Chemical Society (ACS) Spring 2011 National Meeting & Exposition

Anaheim, USA, 27 a 31 de março de 2011

Info: www.acs.org/meetings

EuCheMS Inorganic Chemistry Conference

Manchester, Reino Unido, 11 a 14 de abril de 2011

Info: www.rsc.org/ConferencesAndEvents

11th UNESCO/IUPAC Workshop and Conference on Functional Polymeric Materials and Composites

Stellenbosch, África do Sul, 26 a 29 de abril de 2011

Info: www.academic.sun.ac.za/unesco/conferences

IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011 (ICAS-2011)

Kyoto, Japão, 22 a 26 de maio de 2011

Info: www.icas2011.com

43rd IUPAC World Chemistry Congress of 2011

46th IUPAC general Assembly

San Juan, Porto Rico, 30 de julho a 7 de agosto de 2011

info: e-mail: ginfante@iupac2011.org

XXXVII Colloquium Spectroscopicum Internationale

Rio de Janeiro, Brasil, 28 de agosto a 2 de Setembro 2011

Info: e-mail: csi37@xxxvii.org

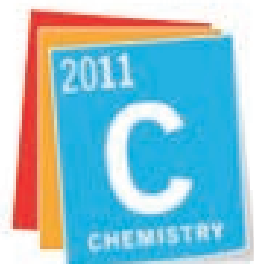
2º Congresso Analítica Latin America

São Paulo, Brasil, 20 a 22 de setembro de 2011

Info: analitica@nm-brasil.com.br



Congresso Brasileiro de Química



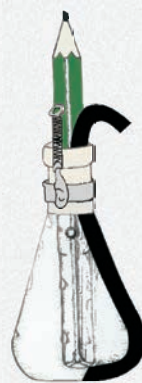
International Year of
CHEMISTRY
2011



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DE QUÍMICA

ENTEQUUI

Encontro Nacional
de Tecnologia Química



SIMPEQUI

Simpósio Brasileiro
de Educação Química

BOCOM

Simpósio Nacional
de Biocombustíveis

Informações:
www.abq.org.br



SINDIQUIM/RS

SINDIQUIM APOIANDO O ANO INTERNACIONAL DA QUÍMICA



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