



**ABEQ** Associação Brasileira  
de Engenharia Química

**Revista Brasileira de  
Engenharia Química**

Volume 31 | Número 2 | 2015 | ISSN 0102-9843



# INOVAÇÃO NA ENGENHARIA QUÍMICA

## PAT

Tecnologia Analítica  
de Processo

## OPERAÇÃO

Do *cockpit* para a  
sala de controle

## QUIMIOMETRIA

Entendendo  
esta ferramenta

# ASSOCIADOS ABEQ

## SÓCIOS COOPERADORES



Braskem



OXITENO  
Evolution by chemistry



Globaltek  
AUTOMAÇÃO, SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE



InterTox®  
UMA EMPRESA DO CONHECIMENTO

## SÓCIOS COLETIVOS



INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA  
MAUÁ



unifeb  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE BARRETOS



Univale  
Universidade do Vale do Paraíba



50 ANOS  
unibh



FEI  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI



INSTITUTO FEDERAL  
SUL-RIO-GRANDENSE



UNAERP  
Universidade do Ribirão Preto



UNIVIÇOSA



CENTRO UNIVERSITÁRIO  
FRANCISCANO

## CONVÊNIOS 2015



Blucher  
57 ANOS



MAUÁ



EdUFSCar



EDITORA  
INTERCIÊNCIA



UNISANTA  
UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA



Bilheteria



livraria  
BIOTEC  
ciência e tecnologia



Protimiza



SBCat



GRUPO  
IFC



IPEA  
INSTITUTO PRÓ  
ENGENHARIA E ARQUITETURA

*Caro leitor,*

Inovação já se tornou parte do dia a dia das empresas, pois é pressuposto para competitividade na indústria. Assim, intensificar o desenvolvimento tecnológico deve estar na agenda do profissional de Engenharia Química. A busca por novos produtos, serviços ou processos é questão de sobrevivência no mercado globalizado em que vivemos. Diversos fatores, como o ambiente econômico, os mercados interno e externo, a busca e a retenção do conhecimento, influenciam na forma como as empresas interagem com a inovação, mantêm e investem em pesquisa e desenvolvimento. Neste número trazemos para você, leitor, alguns *insights* interessantes sobre esse importante tema.

Também nesta edição encontramos um artigo esclarecedor que trata do registro do profissional de Engenharia Química.

Há muitos anos, em 2003, a Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ) foi questionada pelos participantes do Congresso de Engenharia Química sobre os direitos e deveres dos Engenheiros Químicos com relação ao registro no CREA e no CRQ. Na época, as providências tomadas pela ABEQ envolveram reuniões com os Conselhos Regionais e Federais e o envio de ofício aos Presidentes dos Conselhos Federais, a quem caberia a resolução de conflitos entre tais instituições. A situação ficou registrada na *Revista Brasileira de Engenharia Química* (REBEQ), vol. 20, nº 2, de agosto de 2004, e não se chegou a uma conclusão, porque coexistem duas leis conflitantes.

Por isso, conceitos, legislações e resoluções sobre o assunto estão sendo expostos na REBEQ. Em edição passada a revista trouxe as situações legais referentes aos Conselhos de Química; neste número, são consideradas aquelas referentes aos Conselhos de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

Um abraço e boa leitura a todos.

**Maria Cristina Silveira Nascimento, Diretora Presidente da ABEQ**





REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA  
Volume 31 • Número 2 • 2015 • 2º quadrimestre

GESTÃO 2014 - 2016

#### CONSELHO SUPERIOR

Argimiro Resende Secchi, Edson Bouer, Fernando Baratelli Júnior, Flávio Faria de Moraes, Gorete Ribeiro de Macedo, Hely de Andrade Júnior, Marcelo Martins Seckler, Pedro Wongtschowski, Raquel de Lima Camargo Giordano, Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza, Suzana Borschiver

#### DIRETORIA

Maria Cristina Silveira Nascimento - Diretora Presidente  
Galo Antonio Carrillo Le Roux - Diretor Vice-Presidente  
Luiz Carlos Surnin Vieira - Diretor Vice-Presidente  
Ricardo da Silva Seabra - Diretor Vice-Presidente  
Moisés Teles dos Santos - Diretor Secretário  
Paulo Takakura - Diretor Tesoureiro

#### REGIONAIS

##### Bahia

Luciano Sergio Hocevar - Diretor Presidente  
Elaine Christine de Magalhães Cabral Albuquerque - Diretora Vice-Presidente

##### Pará

Pedro Ubiratan Oliveira Sabaa Srur - Diretor Presidente  
Fernando Alberto Sousa Jatene - Diretor Vice-Presidente

##### Pernambuco

Láisse Carvalho de Albuquerque Maranhão - Diretora Presidente  
Maurício Alves Motta Sobrinho - Diretor Vice-Presidente

##### Rio de Janeiro

Ricardo de Andrade Medronho - Diretor Presidente  
Maria Alice Zarur Coelho - Diretora Vice-Presidente

##### Rio Grande do Norte

Ana Lúcia de Medeiros Lula da Mata - Diretora Presidente  
Everaldo Silvino dos Santos - Diretor Vice-Presidente

##### Rio Grande do Sul

Heitor Luiz Rossetti - Diretor Presidente  
Jorge Otávio Trierweiler - Diretor Vice-Presidente

##### São Paulo

Denise Mazzaro Naranjo - Diretora Presidente  
Mariana Rubim Accioli Dori - Diretora Vice-Presidente

#### Diretoria Convidada

Henrique José Brum da Costa - Mário José Montini - Mayra Costa Matsumoto -  
Reinaldo Giudici

#### Secretaria

Supervisora Administrativa: Bernadete Aguilar Perez  
Secretaria: Anderson Rogério da Silva

#### Secretaria Geral ABEQ

Rua Líbero Badaró, 152 - 11º andar - Centro  
01008-903 - São Paulo - SP  
Fone: (11) 3107-8747 - Fax: (11) 3104-4649  
E-mail: abeq@abeq.org.br

REBEQ – REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA

#### Editor Responsável

Henrique José Brum da Costa

#### Capa

istock.com

#### Produção

Zeppelini Editorial / Instituto Filantropia

A Revista Brasileira de Engenharia Química é uma publicação da ABEQ, registrada no INPI sob o número 1.231/0663-032.

De periodicidade quadrimestral a REBEQ tem circulação nacional, distribuída aos associados e profissionais da área de Engenharia Química.

A reprodução de seu conteúdo, total ou parcial, é permitida exclusivamente com menção à fonte.

Os artigos assinados e declarações de entrevistados são de inteira responsabilidade de seus autores.

Tiragem desta edição é de 3.000 exemplares.

## Nesta Edição

### Capa ..... 6

Inovação na Engenharia Química  
Um processo que sempre existiu

### Artigos ..... 12

*Process Analytical Technologies (PAT):*  
Tecnologia Analítica de Processo  
como Novo Horizonte para a Indústria  
Química e suas Ramificações

O Registro profissional do engenheiro  
químico no Sistema CONFEA/CREAs

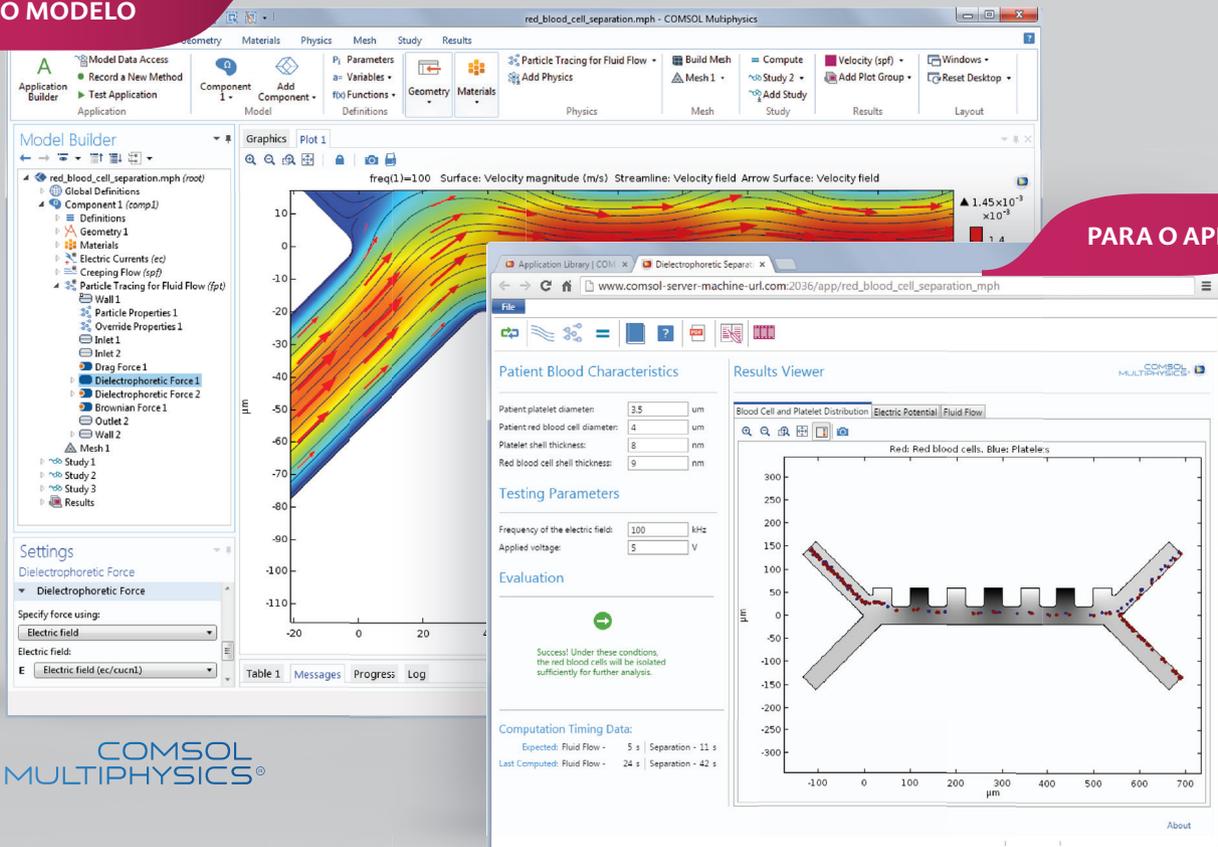
Quimiometria e definição de prazo  
de validade de produtos químicos

Treinamento de Operadores:  
do *cockpit* para a sala de controle

### EQ na Palma da Mão ..... 41

Inovação

DO MODELO



PARA O APP

COMSOL  
MULTIPHYSICS®

COMSOL  
SERVER™

Como você cria o melhor projeto e compartilha seu conhecimento em simulação?

**ATRAVÉS DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PODEROSAS.  
COM APPS DE SIMULAÇÃO QUE PODEM SER FACILMENTE COMPARTILHADOS.**

comsol.com/5.1

## PRODUCT SUITE

- › COMSOL Multiphysics®
- › COMSOL Server™

### ELECTRICAL

- › AC/DC Module
- › RF Module
- › Wave Optics Module
- › Ray Optics Module
- › MEMS Module
- › Plasma Module
- › Semiconductor Module

### MECHANICAL

- › Heat Transfer Module
- › Structural Mechanics Module
- › Nonlinear Structural Materials Module
- › Geomechanics Module
- › Fatigue Module
- › Multibody Dynamics Module
- › Acoustics Module

### FLUID

- › CFD Module
- › Mixer Module
- › Microfluidics Module
- › Subsurface Flow Module
- › Pipe Flow Module
- › Molecular Flow Module

### CHEMICAL

- › Chemical Reaction Engineering Module
- › Batteries & Fuel Cells Module
- › Electrodeposition Module
- › Corrosion Module
- › Electrochemistry Module

### MULTIPURPOSE

- › Optimization Module
- › Material Library
- › Particle Tracing Module

### INTERFACING

- › LiveLink™ for MATLAB®
- › LiveLink™ for Excel®
- › CAD Import Module
- › Design Module
- › ECAD Import Module
- › LiveLink™ for SOLIDWORKS®
- › LiveLink™ for Inventor®
- › LiveLink™ for AutoCAD®
- › LiveLink™ for Revit®
- › LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™
- › LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®
- › LiveLink™ for Solid Edge®
- › File Import for CATIA® V5

Avenida Comendador Franco, 1341, Sala Incubadora, Curitiba, PR, CEP 80215-090 Fone: (41) 3156 9100

# Inovação na Engenharia Química

## Um processo que **sempre existiu**

Por Henrique Brum e Luciano Guimarães



Uma das melhores definições para inovação de que me recordo é a de um comercial veiculado em 2009, por um grande banco brasileiro. Dizia: “Inovar é antecipar...; é antever...; é antenar...; é transformar amanhã em hoje ...; é uma trilha no meio do óbvio...; é um colírio para a vista cansada da mesmice...; é uma janela sempre aberta para o que ninguém viu ainda...; é passar a bola entre as pernas da expectativa. A inovação não avisa que vai chegar, ela chega... e pronto”.

Sempre gostei desses dizeres, pois, irrecorrivelmente, todos mostram o que realmente é a inovação, principalmente em um ambiente saturado de falsos inovadores, de empresas, produtos e processos que apenas cumprem funções já esperadas sem realmente antecipar, antever ou antenar.

A engenharia química nasceu em um ambiente onde as mudanças e as inovações fervilhavam no final do século XIX. Em 1887, quando o Inspetor de Segurança britânico George E. Davis propôs uma nova profissão ligada à indústria química, cujo exercício visava a transferir parâmetros e experiências de um conjunto de informações comuns a processos industriais diversos; ele queria mais do que criar uma nova profissão: queria um novo conceito de engenharia e uma nova maneira de olhar para a indústria química, que deixava de ser apenas um emaranhado de tubulações e reservatórios. Passou a se organizar como um processo, situação que só foi alcançada por Arthur D. Little, em 1915, ao sistematizar

o estudo das operações unitárias. O grande elemento inovador trazido por Little era a visão sistemática de que os processos eram constituídos de etapas, as quais eram iguais em diferentes processos e que poderiam ser analisadas independentes dos mesmos. O conceito desenvolvido por Little se tornou "... uma trilha no meio do óbvio", pois libertou os engenheiros químicos da tediosa e cansativa necessidade de conhecer diferentes processos, passando a estudá-los de forma esquemática e deixando "uma janela sempre aberta para o que ninguém viu ainda".

Mas esta rápida visita aos primórdios da Engenharia Química remete a um dos muitos conceitos que precisam ser entendidos dentro da inovação; a extensão, ou seja, radical ou incremental. Quando a nossa profissão foi concebida, realizou-se uma inovação radical promovida por um empreendedor que contou com a colaboração de inúmeros outros microempreendedores. Quando a profissão se instalou no Brasil, no início do século XX, os gestores da Universidade Presbiteriana Mackenzie, na época (Mackenzie College), partindo da infraestrutura da primeira Escola de Engenharia privada do país, espelhada nos moldes americanos, criaram em 1922 o primeiro curso de engenharia química do Brasil (uma inovação incremental). A iniciativa pública não tardou e, em 1925, a USP mesclou os cursos de Engenharia e Química Industrial, implantando o segundo curso (sendo o primeiro público).

Assim, é possível observar que a profissão sempre teve intimidade com a inovação, e que a busca por ela se encontra dentro e fora das sociedades; que ela surge da necessidade de desenvolver habilidades que permitem adequar a prática da inovação nas ações do dia a dia, ou mesmo de fazer algo novo a cada dia.

## Mas, quem é o agente da inovação?

'Empreendedor' é o termo utilizado para especificar o indivíduo que, de forma inovadora, transforma conhecimentos e bens em novos produtos ou serviços; não precisa ser um empresário. Comumente prefere-se utilizar o termo para designar o fundador de uma empresa ou entidade, aquele que criou o que ainda não existia (Herbert Henry Dow, Friedrich Bayer, Eleuthère Irénée du Pont...). Porém, sendo funcionário de uma organização, um engenheiro químico pode fazer tudo isso. Ao propor uma nova rota de processo, estamos inovando; ao propor novas formas de executar o mesmo processo, estamos inovando; ao obter um novo produto do mesmo processo com novas especificações, estamos inovando; ao realizar o mesmo processo, mas ao agregar serviços que antes não estavam previstos, também estamos inovando. Isso abre espaço para falarmos dos cinco tipos clássicos de inovação:

- Produto – Quando um novo produto é colocado no mercado ou é significativamente melhorado;
- Serviços – Quando se oferece um novo serviço, melhoria ou agregação de um serviço a um produto;
- Processo – Quando se introduz um novo método ou melhoria de produção e de gestão;
- Marketing – Quando há a implementação de um novo método de marketing, com alterações significativas na concepção de um produto, em sua apresentação ou comercialização; e
- Organizacional – Quando há inovações de caráter gerencial voltadas à gestão de pessoas, à redução de custos administrativos, de produção ou de suprimentos, por meio da utilização de métodos organizacionais novos (Shumpeter, 1934).

Mas, diante desses diversos exemplos, como podemos definir inovação? Uma definição bem aceita que serve de parâmetro está no Manual de Oslo, publicado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Segundo a publicação, "inovação é a implementação de um produto ou processo novo ou significativamente melhorado". Também pode ser entendida como um novo método de marketing ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.

Logo, a inovação transcende elementos de tecnologia e processos. Ela abrange a gestão da "inteligência do negócio", tornando o conhecimento um diferencial de competitividade. Sendo assim, se olharmos para trás e visitarmos, por exemplo, a tabela 2.1.3 do Livro "Indústria Química – Riscos e Oportunidades", de Pedro Wongtschowski, cada um dos produtos, processos e companhias inventoras ali citadas tiveram também de inovar em seus modelos de negócio, de forma a tornar aqueles elementos itens vendáveis.

No artigo de Antônio Eugênio Queiroz Rocha Brito, publicado no Informativo CRQ-IV de maio-junho de 2011, o autor afirma: "Inovar é surpreender a concorrência, transformando habilidades e atitudes em soluções para a empresa, para os *stakeholders* (os envolvidos diretamente no processo) e para a sociedade como um todo". Sendo assim, um engenheiro que repensa suas ferramentas e/ou seu processo, permitindo a obtenção de algo novo, está inovando.

## Mas, como perceber e diferenciar?

Uma invenção não necessariamente será uma inovação. A invenção é uma forma de solução para um

## “As indústrias aeronáutica e química estão entre as mais abertas às iniciativas de pesquisa e desenvolvimento no Brasil”



Reptiles by M. C. Escher, 1943

problema via o meio que lhe convier; todavia, a inovação é uma invenção que tem apelo comercialmente relevante para a empresa.

Ainda segundo o artigo de Antônio Eugênio Queiroz Rocha Brito, pode-se dizer que os processos de inovação nas empresas possuem os seguintes objetivos: alinhar as ações de inovação da organização às suas iniciativas estratégicas; motivar e orientar a capacitação do capital intelectual em processo de aprendizagem contínua; estimular a Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I) para aperfeiçoar os processos internos da organização; desenvolver estratégias competitivas que contenham proposições de valor imbatível no mercado e; apoiar os processos de busca para a captação de recursos subsidiados.

“Desta forma, para que as empresas alcancem maior valor no mercado, precisam contar com uma economia baseada no conhecimento, o qual gera inovações criadas pelas pessoas que formam o seu capital intelectual e são

o seu maior patrimônio.” Conforme de Antônio Eugênio Queiroz Rocha Brito.

As indústrias aeronáutica e química estão entre as mais abertas às iniciativas de pesquisa e desenvolvimento no Brasil. Entre elas, podemos destacar os setores de açúcar e álcool, biocombustíveis, pneus, alimentos, bebidas, petróleo e gás.

Várias legislações nas diferentes esferas têm buscado fornecer subsídios para que os projetos com forte caráter inovador possam ser realizados em parceria com centros de pesquisa e instituições de ensino. O marco regulatório brasileiro para estas ações está organizado em torno de três vertentes:

1. Criação de um ambiente apropriado às parcerias estratégicas entre as universidades, institutos tecnológicos (ITs) e empresas;
2. Estímulo à participação de instituições de ciência e tecnologia no processo de inovação da empresa e;
3. Incentivo à inovação para a empresa.

Dentre as legislações mais significativas, não podemos deixar de citar a Lei de Inovação, nº 10.973, de 2 de Dezembro de 2004, que cria ambiente propício às parcerias estratégicas entre o poder público, agências de fomento, empresas nacionais, instituições científicas e tecnológicas e as organizações voltadas para as atividades de P&D&I, ao mesmo tempo em que regula a criação dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) para que atuem como agentes de propriedade intelectual, trabalhando diretamente com os pesquisadores e inventores independentes. Os NITs desempenham papel importante na proteção (patentes), na transferência da invenção e na utilização da infraestrutura de laboratórios das instituições de ensino superior. Outra legislação chave para processo foi a chamada Lei do Bem, nº 11.196, de 21 de novembro de 2005, regulamentada pelo Decreto nº 5.798/2006, que cria a concessão de incentivos fiscais às pessoas jurídicas que realizarem pesquisa e desenvolvimento de inovação tecnológica.

Ambas permitem a captação de recursos não reembolsáveis ou subsidiados para o desenvolvimento de projetos tecnológicos e a distribuição de bolsas de pesquisas (Finep Subvenção/Fundos Setoriais, CNPq, Fapesp, BNDES, Fundos internacionais etc).

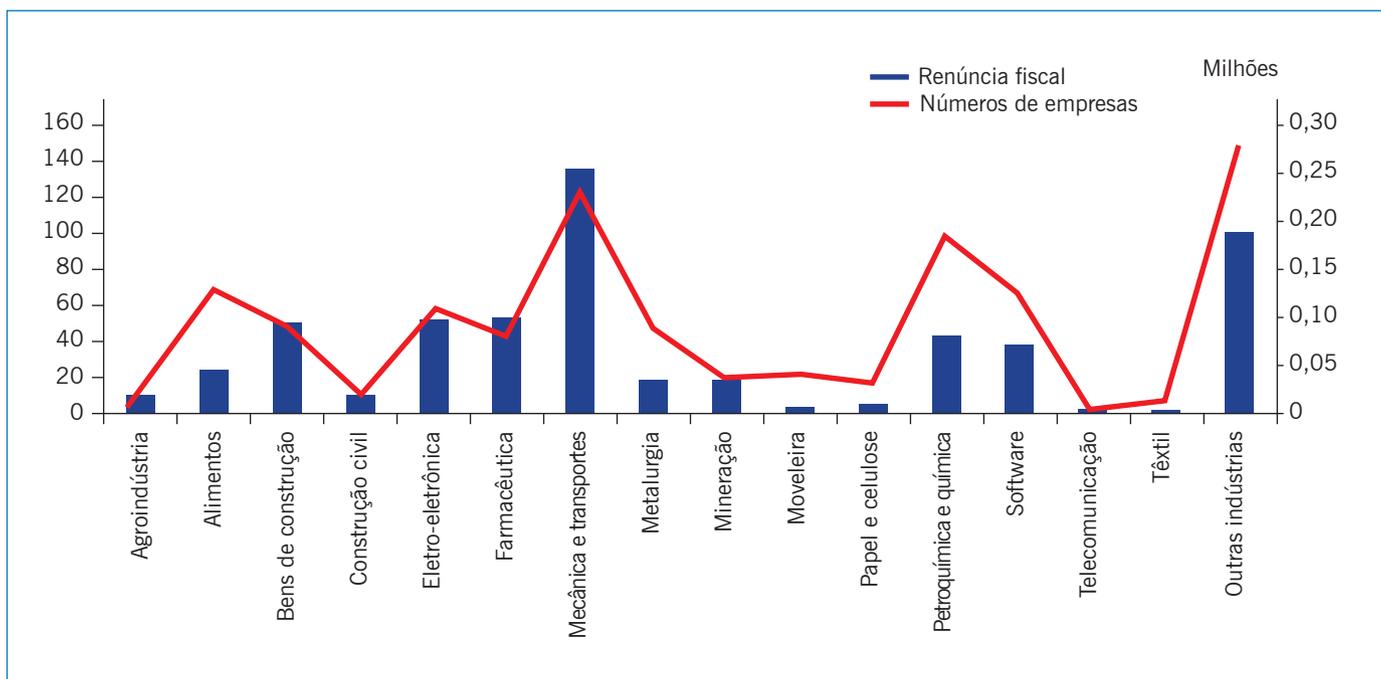


Figura 1. Número de empresas beneficiadas pelas legislação de inovação.



Figura 2. Atividades de P&D&I beneficiadas.

O conceito de P&D&I é muito amplo; sabendo disso, o governo, ao criar a Lei do Bem, utilizou-se dos conceitos obtidos no Manual de Frascati para definir o que realmente faz e não faz parte de Pesquisa e Desenvolvimento.

Com isso, chegamos à definição de P&D subdividida em três grupos:

- Pesquisa básica ou fundamental: consiste em trabalhos experimentais ou teóricos realizados principalmente com o objetivo de adquirir

- novos conhecimentos sobre os fundamentos dos fenômenos e fatos observáveis, sem considerar um aplicativo ou um uso em particular.
- Pesquisa aplicada: consiste na realização de trabalhos originais com



finalidade de aquisição de novos conhecimentos; dirigida principalmente a um objetivo ou determinado propósito prático.

- Desenvolvimento experimental: consiste na realização de trabalhos sistemáticos, baseados em conhecimentos pré-existentes, obtidos por meio de pesquisa e/ou experiência prática, tendo em vista a fabricação de novos materiais, produtos ou dispositivos, processos, sistemas e serviços ou melhorar consideravelmente os já existentes.

## Na linha de frente

Responsável por gerar um volume extraordinário de inovações, a área da engenharia química continua criando soluções para segmentos tão diversos quanto as indústrias de insumos agrícolas, farmacêutica, petrolífera e perfumaria.

## Estados Unidos

Pesquisadores da Universidade de Stanford transformam poliacrilonitrila (PAN) em estado líquido — polímero de adição usado em luvas cirúrgicas — em um filtro de ar feito

de malha de microfibras tão eficiente que é capaz de capturar até dez vezes o próprio peso em material particulado.

## Finlândia

Após intensos estudos, engenheiros do Centro de Pesquisas Tecnológicas desenvolvem uma solução para as enchentes enfrentadas principalmente nas metrópoles. Trata-se de um pavimento que absorve parte da água da chuva, produzido com uma mistura de asfalto, brita fina e concreto de alta permeabilidade.

## Brasil

A Embrapa Instrumentação, no âmbito da Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio (AgroNano), cria uma película comestível que pode ir ao forno sem precisar ser retirada do alimento. Feito com matérias-primas como espinafre, mamão, goiaba e tomate, o invólucro é dotado de características físicas semelhantes às dos plásticos convencionais. Entretanto, o novo material poderá ir ao forno junto com a refeição, sendo automaticamente incorporado a ela.

Os três exemplos acima reforçam a assertiva de que a inovação é um elemento próprio da evolução do ser humano, independentemente da área do conhecimento, do período e do local onde ocorra. Em antropologia, este fenômeno é chamado de “paralelismo”, teoria científica que acolhe a ideia de que dois povos afastados no espaço, sem contato entre si, podem viver idênticas realidades e chegar a uma mesma solução para um problema.

A engenharia química é tão diversificada que consegue inovar por meio da criação de soluções para diversos segmentos da indústria — de fármacos, detergentes, embalagens e vestuário a defensivos agrícolas, adubos e fertilizantes, tintas e perfumaria. Tecnologias que envolvem *displays* e impressão, tecnologias verdes, termoplásticos, nanotecnologias e soluções em energia.

Embora as possibilidades sejam infinitas, o Brasil ainda investe pouco em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e inovação — apenas 1,2% do Produto Interno Bruto (PIB), que em 2013 foi de R\$ 4,84 trilhões, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A maior parte desse valor vem do setor público,

por meio de iniciativas como Lei de Incentivos Fiscais à Inovação, política criada para auxiliar a desenvolver a inovação no país.

Há o apoio direto com as linhas de financiamento específicas para captação de recursos para projetos de inovação. Neste contexto, destacam-se as linhas do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii).

A Finep, por exemplo, que desde 11 de março está mais uma vez sob a direção Luis Manuel Rebelo Fernandes — presidente em 2007 —, emprestou R\$ 8,6 bilhões em 2014 para pesquisas e projetos de inovação. Com quase R\$ 15 bilhões em ativos, a Financiadora é cotista em mais de 30 fundos de *Seed*, *Venture Capital* e *Private Equity*. A ideia é elevar os aportes nos próximos quatro anos, passando de R\$ 25 bilhões para R\$ 50 bilhões.

Em seu primeiro ano de funcionamento, o Programa MPME Inovadora, do BNDES, financiou R\$ 115,6 milhões para 66 projetos. Comércio e serviços, com R\$ 64,8 milhões, seguidos pela indústria de transformação, com R\$ 50,7 milhões, foram os setores que mais demandaram recursos.

“As empresas têm aversão ao risco, os instrumentos que são oferecidos a elas são apenas de redução de custos. Os empresários desconhecem o sistema de ciência e tecnologia brasileiro, e a velocidade dos projetos subvencionados é lenta para as empresas, o que leva ao desânimo”, afirmou o diretor-presidente da Embrapii, o cientista João Fernando Gomes de Oliveira, em entrevista ao jornal *Brasil Econômico*.

O executivo tem razão. Com aproximadamente 220 incubadoras e parques tecnológicos, o Brasil ainda perde tempo e dinheiro ao deixar,

muitas vezes, de focar os verdadeiros objetivos que cada projeto. Inspirada em avançados centros europeus de pesquisa aplicada à indústria, como Carnot (França) e Fraunhofer (Alemanha), a Embrapii, por exemplo, pretende chegar ao fim de 2015 com 23 instituições de pesquisa e inovação conveniadas, mesmo em tempos de crise econômica.

“Inovação gera novos ou melhores valores positivos para a empresa. E o mercado tem uma grande concentração de *players* que realizam relevantes investimentos em P&D”, afirma o físico e economista Guilherme Pereira, sócio-diretor da Inventta, geradora e aceleradora de negócios inovadores.

Segundo ele, há várias formas de buscar um novo mercado, e uma das fases iniciais para várias destas vias é sair da cadeira e ir para a rua tentar compreender o mercado. “Não apenas pesquisar ou fazer um *benchmark*, mas entender de forma mais aprofundada quais são as necessidades, sonhos e hábitos de consumo que podem ajudar a abrir uma oportunidade de criar valor”, explica Guilherme.

Na outra ponta da corda, defende ele, incubadoras e parques tecnológicos possuem mais empresas ligadas à engenharia química e tradicionalmente estão próximos das universidades mais relevantes nesta e em outras áreas. Em geral, esses atores costumam avaliar mais profundamente as oportunidades de negócios por meio de análises de mercado que levam em consideração não somente o público-alvo, mas a projeção de demanda pelo produto a ser desenvolvido.

Entre as instituições de ensino superior que mais se destacam no país em pesquisa estão Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ-Coppe), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade de São Paulo (USP),

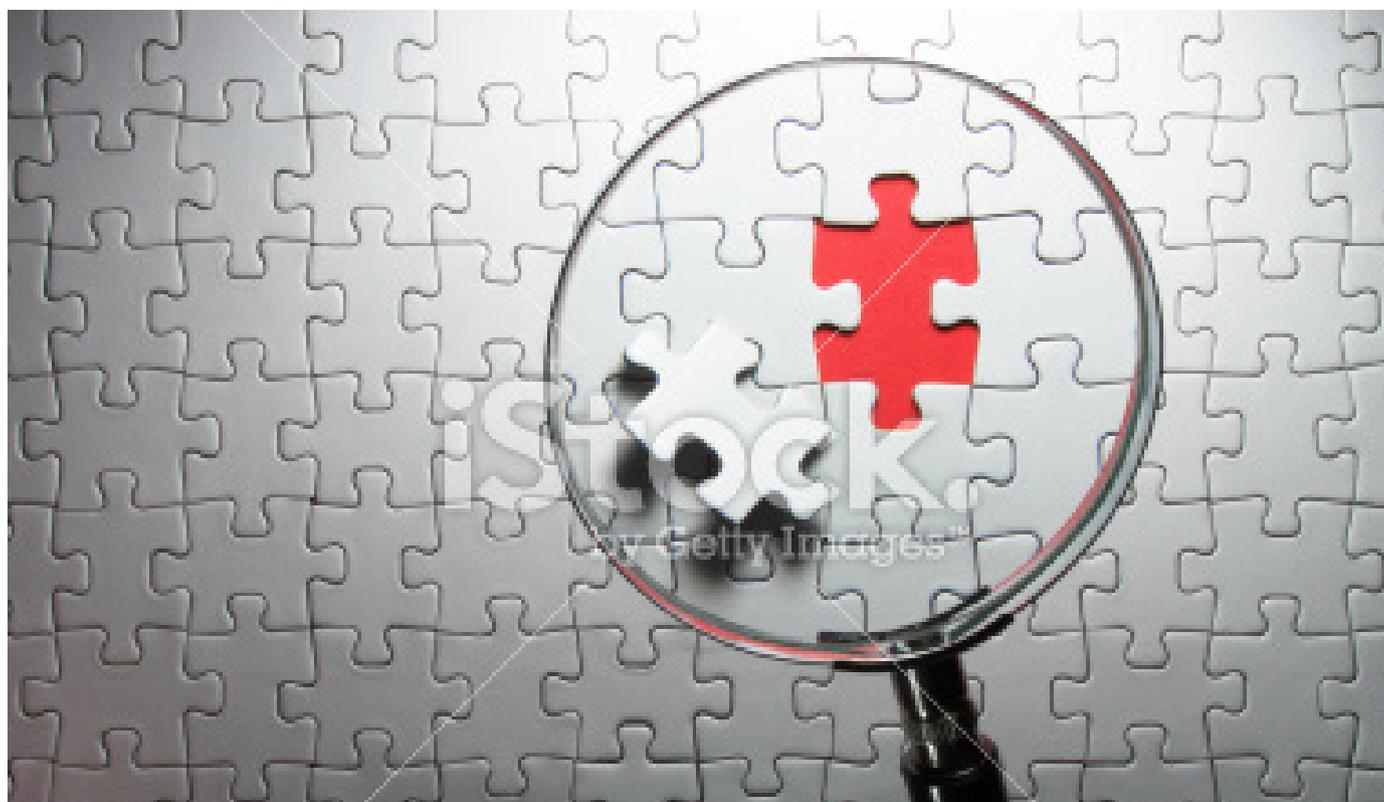
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Recentemente, a UFSCar ganhou os holofotes ao anunciar que pesquisadores do Departamento de Engenharia de Materiais da desenvolveram um novo vidro com propriedades bioativas (biovidro). Ao ser depositado sobre a superfície de implantes dentários e ortopédicos feitos de titânio, o F18 — como foi informalmente chamado — reduz o risco de falhas provocadas por infecções bacterianas e acelera o processo de ligação dessas próteses metálicas com o tecido ósseo (osseointegração).

Uma das principais inovações deste biovidro em relação aos produzidos anteriormente, desde a década de 1960, é que o F18 — composto por sílica, cálcio, sódio, potássio, magnésio e fósforo — possui elementos químicos que impedem sua cristalização e o tornam capaz de eliminar bactérias (bactericida). Além disso, o biovidro é capaz de acelerar a formação de tecido ósseo, controlar inflamações e facilitar a formação de vasos sanguíneos.

“Em termos de competitividade, nosso país ainda se encontra em posição muito defasada em comparação a outras economias. É necessário dar foco e baixar o custo de transação para que as inovações mais relevantes possam ser desenvolvidas por aqui”, pondera Guilherme Pereira, da Inventta.

O Brasil, como se vê, ainda precisa se desenvolver e percorrer um longo caminho para a consolidação dos diversos ecossistemas de inovação que podem ser originadores de valor para a economia e a sociedade. Investir mais e com qualidade é fundamental para inserir de vez o país no cenário internacional. E certamente a engenharia química terá um grande papel a desempenhar na busca por esta fórmula. 🍷



# *Process Analytical Technologies (PAT):* **Tecnologia Analítica de Processo** como Novo Horizonte para a **Indústria** **Química** e suas Ramificações

Por José C. Menezes<sup>1</sup>, Pedro M. Felizardo<sup>2</sup>, Anderson Flôres<sup>3</sup>

## **Introdução**

Define-se e exemplifica-se o que são Tecnologias Analíticas de Processo (*Process Analytical Technologies – PAT*) e o seu papel fundamental na implementação de Qualidade pelo design (*Quality by Design – QbD*) na Indústria Química e suas ramificações (Petroquímica, Bioquímica, Fardoquímica, Farmacêutica, etc.).

Em um artigo anterior (MENEZES, 2014), apresentou-se o conceito da produção de produtos diversos obedecendo a novas ciências de fabricação, como as baseadas em QbD e na Gestão dos Riscos para a Qualidade (QRM) do produto final. Esta discussão é extremamente atual e considera as transformações recentes nas agências regulamentadoras mais importantes no mundo, entre elas

a *Food and Drugs Administration (FDA/USA)*, a *European Medicines Agency (EMA/UE)* e, recentemente, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa/Brasil), já refletidas nos Guias Internacionais de Boas Práticas de Produção e de Qualidade no Processo e Produto (por exemplo, os Q10 e Q11, elaborados pela *International Conference on Harmonisation – ICH*).

## A definição de *Process Analytical Technologies*

Segundo a PDA (2014), PAT é “a system for designing, analyzing, and controlling manufacturing through timely measurements (i.e., during processing) of critical quality and performance attributes of raw and in-process materials and processes, with the goal of ensuring final product quality”. Em duas palavras: compreensão e controle! Ou seja, é um esforço de intensificação do monitoramento, com o objetivo de melhorar o grau de conhecimento existente sobre cada passo ou operação unitária do processo (por exemplo, dos fenômenos mais relevantes com um impacto nos atributos de qualidade do produto final) e, dessa forma, ter uma base racional e quantitativa para todas as atividades relacionadas com a produção do produto ao longo do seu ciclo de vida (concepção do processo de produção, aumento de escala, produção em rotina e melhoria contínua). O uso de PAT nas etapas iniciais de desenvolvimento de um produto (por exemplo, ensaios de bancada e galênicos) ou de um processo (como o escalonamento) reduz significativamente tempos de desenvolvimento pela gigantesca quantidade de informação que é possível extrair de cada campanha experimental. Durante as fases de produção, o uso de PAT permite identificar oportunidades de melhoria e é melhor capturado e documentado todo o histórico do processo (por exemplo, dados, informação e conhecimento) facilitando muito todos os tipos de investigações que sejam necessárias no futuro do produto e do processo.

### Mitos

Um dos mitos que existem em relação ao PAT é a de que se trata apenas de monitoramento no processo e

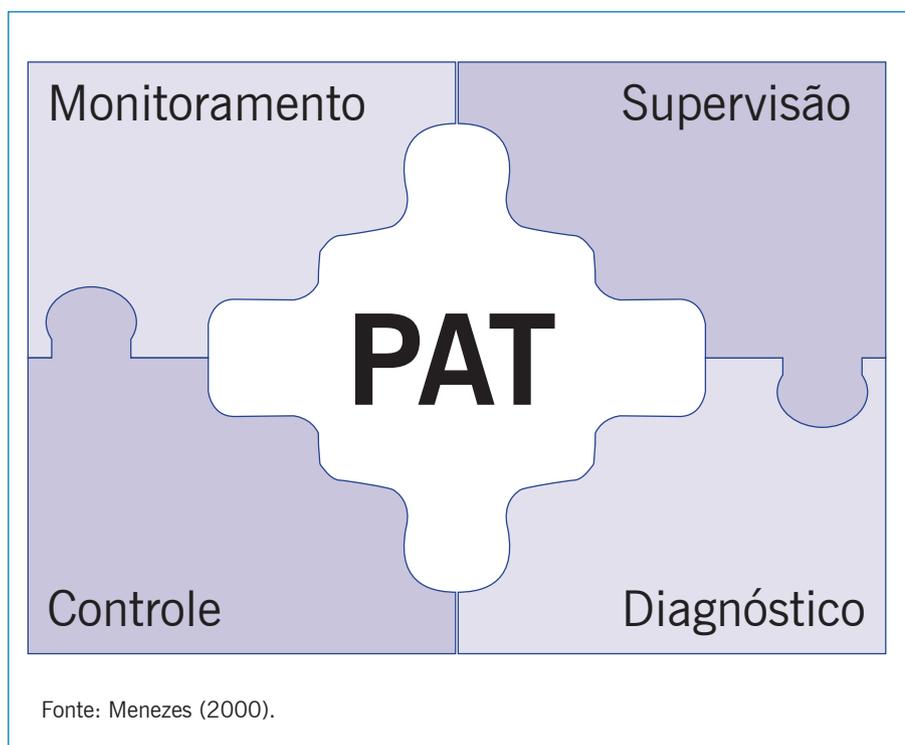
que este é muito desenvolvido e bem aceito na indústria química há muito tempo, devendo os demais seguimentos industriais usar apenas o que já foi provado e é tradicional nessas indústrias (MENEZES, 2013). O que existe, na verdade, na indústria química, é um controle de qualidade em tempo real e, normalmente, *in-situ* de determinadas propriedades, uma de cada vez (em uma petroquímica, mede-se com Cromatografia Gasosa (GC) ou Infra-Vermelho Próximo (NIR) em tempo real e *in-situ* numa destilação a concentração de determinado hidrocarboneto de forma específica e seletiva, por exemplo).

No entanto, o que o PAT propõe é muito mais do que a medição rápida de uma propriedade. É a possibilidade de estimar o estado do próprio processo, com referência ao tipo de mecanismos de funcionamento, e escolher o tipo de ação mais adequada para antecipar, eliminar ou mitigar o efeito de desvios de operação na qualidade do produto final, realizando esta atuação nas várias operações unitárias antes da

conclusão do processo (*end-of-pipe*) onde se obtém o produto final. Se retomarmos o exemplo petroquímico anterior, seria como medir, ao mesmo tempo, as várias espécies presentes num processo e, em tempo real, verificar se as estequiometrias são as esperadas (por exemplo, se existe alguma desativação do catalisador utilizado).

Um outro mito é o de que o uso de PAT limita-se a empresas com grande número de lotes do mesmo produto. De fato, é de nossa experiência que existem benefícios consideráveis na aplicação de estratégias PAT em empresas multiproduto ou plantas multipropósitos com pequenas produções, pouco frequentes, de produtos de alto valor agregado, e também no caso de empresas com grandes volumes de produtos de valor unitário reduzido. O retorno ao investimento existe sempre, desde que se considere integralmente o ciclo de vida e desde que se opte por uma solução PAT adequada (muitas vezes simples análises *In-Process Control* – IPC – realizadas *at-line*).





**Figura 1.** O conceito *Process Analytical Technologies* baseia-se na interligação de 4 componentes.

PAT é uma estratégia que integra um componente de monitoramento (baseada em medidas em processo), um componente onde a informação extraída desse monitoramento é posta em perspectiva, em termos do histórico do processo (comparando a trajetória medida para a execução corrente do processo com as verificadas em bateladas anteriores concluídas com sucesso, por exemplo), um componente que avalia a existência de desvios e a suas origens (detecção e diagnóstico) e, finalmente, um componente de atuação sobre o processo (como o de controle) de modo a repor o estado desejado para o processo. Deste modo, PAT só é verdadeiramente conseguido quando se estabelece este ciclo virtuoso entre estas etapas de avaliação e atuação no processo (Figura 1). Como é fácil de verificar existe um paralelismo evidente entre PAT-QbD e as estratégias Lean-6Sigma de operação (MENEZES, 2014).

### Ferramentas de Monitoramento Process Analytical Technologies mais comuns

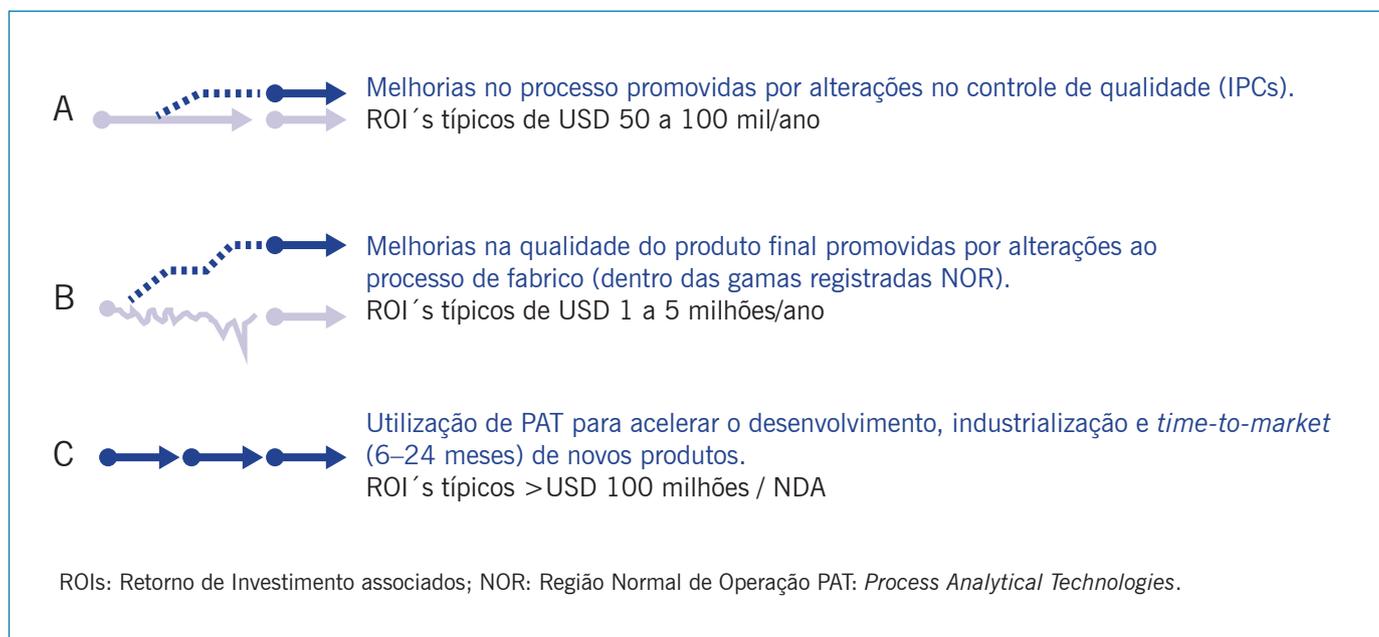
A esmagadora maioria das técnicas analíticas no processo utilizadas em estratégias PAT é obviamente baseada em técnicas que possuem a capacidade de capturar de forma integral (holística) diferentes propriedades (químicas e físicas) de uma matriz complexa. Só dessa forma é possível capturar em cada momento de um processo o seu verdadeiro estado (por exemplo, em uma granulação, conhecer o tamanho médio, propriedades relacionadas com a estabilidade mecânica, a facilidade de escoamento, ou a humidade e a concentração de produtos nos grânulos). Por essas razões, as espectroscopias que usam quase todos os tipos de luz

estão presentes: infravermelho (próximo ou médio), Raman, fluorescência, dielétrica, micro-ondas, etc.. De todas estas, sem dúvida, a que mais se afirmou ao longo da última década foi a espectroscopia *near-infrared* (NIR) (Alcalà, 2012). A dimensionalidade dos dados obtidos (espectros), a quantidade gerada por batelada e o fato de ser, em geral, necessário considerar simultaneamente múltiplos comprimentos de onda e diferenças pequenas entre espectros, obriga a utilização de técnicas de análise e de calibração multivariadas (MVDA). Esses métodos estão implementados em diversos *softwares* comerciais e todos os equipamentos para aplicações PAT já vêm com alguns destes softwares. A boa utilização de todas estas técnicas (“boas práticas”) constitui na diferença fundamental entre um trabalho bem feito (eficaz e confiável ao longo do tempo) ou não.

### Fatores de Sucesso

Alguns dos fatores para obter o sucesso no processo de implementação do sistema:

- Definir o objetivo pretendido para a implementação PAT;
- Escolher adequadamente a componente de monitoramento. Entender diversos aspectos do processo ao qual irá aplicar a ferramenta (por exemplo, a sua dinâmica, as operações unitárias, o tipo de mecanismos presentes mais importantes);
- Usar adequadamente o monitoramento e os métodos de extração da informação analítica, em uma perspectiva de compreensão do processo, estimativa de estado e do controle, e não em uma óptica simplista de substituição analítica pura e simples de determinada propriedade química ou física;
- Ter uma abordagem holística ao processo e avaliar os tipos de



**Figura 2.** Cenários de implementação *Process Analytical Technologies* e Retorno de Investimento associados.

ações de melhoria global do processo (pensar globalmente, agir localmente);

- Ter uma equipe multidisciplinar, começar pequeno, crescer passo-a-passo, ter um modelo de governança com benefícios partilhados entre quem desenvolve a solução PAT e quem dela tem o benefício de modo a tornar sustentável a introdução deste novo paradigma.

## Conclusão

Durante o ciclo de vida de um processo ou produto produzido por QbD, existe, permanentemente, um duplo foco sobre a qualidade (processo e produto). PAT é um novo paradigma de controle de qualidade, cujo foco é todo o processo e não um ponto ou propriedade específicos do processo ou dos materiais em processamento. A possibilidade de controlar a qualidade por antecipação ainda durante o processamento, de modo a evitar efeitos irreversíveis na qualidade do

produto final, é o objetivo da utilização de estratégias PAT. A Figura 2 refere os indicadores de retorno ao investimento (ROI) obtidos pelos autores em mais de 50 projetos nos últimos 10 anos em colaborações industriais em diversos países. 📍

## Referências

ALCALÀ, M.; BLANCO, M.; MENEZES, J. C.; FELIZARDO, P. M.; GARRIDO, A.; PÉREZ, D.; ZAMORA, E.; PASQUINI, C.; ROMANACH, R. J. Near-Infrared Spectroscopy in Laboratory and Process Analysis. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. Wiley; 2012.

MENEZES, J. C.; FLÔRES, A.; GOUVEIA, F. F. Quality by Design (QbD): Ciência Aplicada no Desenvolvimento de Produtos Químicos. *Informativo CRQ*, n. 129, p. 14-15, 2014.

MENEZES, J. C. *The PAT Toolbox & Skills-Set: what we have learned, so far!*. 9th. Kolloquium Prozessanalytik, BASF-Ludwigshafen: "100 years of PAT", Nov. 28-29, 2013.

PARENTERAL DRUG ASSOCIATION (PDA). 2014 PDA Pharmaceutical

Quality Metrics Conference. Exploring Quality Culture and Quality Systems Maturity. Washington, DC (USA), 2014. Disponível em: <http://www.pda.org/docs/default-source/website-document-library/conferences/2014-pharmaceutical-quality-metrics/brochure.pdf>

<sup>1</sup>Professor na Universidade de Lisboa. Fundador e Presidente da 4Tune Engenharia LTDA. Engenheiro Químico e Químico Nuclear Industrial, Mestrado em Química de Organometálicos, Doutorado em Bioengenharia e Pós-Doutorado em Processos Industriais Farmacêuticos na Universidade de Tecnologia de Lisboa. [www.4tuneengineering.com](http://www.4tuneengineering.com)

<sup>2</sup>Chefe de Desenvolvimento de Tecnologia e Aplicações 4Tune Engenharia LTDA. Engenheiro Químico com Doutorado e Pós-Doutorado em Engenharia Química na Universidade de Tecnologia de Lisboa. [www.4tuneengineering.com](http://www.4tuneengineering.com)

<sup>3</sup>Gerente de Desenvolvimento de Aplicações e Clientes na 4Tune Engenharia LTDA. Professor na Universidade de Mogi das Cruzes. Engenheiro Químico pela Universidade de Mogi das Cruzes com Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos na Instituto Mauá de Tecnologia. Black-Belt em Lean-Six-Sigm [www.4tuneengineering.com](http://www.4tuneengineering.com) e [af@4tuneengineering.com](mailto:af@4tuneengineering.com)

# O Registro profissional do engenheiro químico no Sistema CONFEA/CREAs

Por Maria Elizabeth Brotto<sup>1</sup>

**RESUMO:** O presente trabalho pretendeu esclarecer aos engenheiros químicos a possibilidade de opção pelo registro profissional no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA). Para tanto, foram apresentados argumentos, embasados na legislação dos sistemas profissional e educacional e nos planos de ensino dos cursos de Engenharia Química de escolas de São Paulo. Inicialmente, de um modo mais amplo, apresentaram-se o histórico, a regulamentação e a legislação sobre a profissão da Engenharia no Brasil, incluindo-se a criação do Sistema CONFEA/CREAs; em seguida, mostrou-se o sistema educacional brasileiro, com suas leis e diretrizes curriculares e, finalmente, com as Resoluções CONFEA 218 de 1973 e 1.010 de 2005, teve-se, a princípio, a definição das atribuições profissionais do engenheiro químico e, posteriormente, do título profissional, das atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos engenheiros, para as diversas modalidades, inclusive ao profissional em questão. As atribuições profissionais são concedidas aos egressos dos cursos de Engenharia por meio da análise dos planos de ensino curriculares e dos conteúdos programáticos elaborados pelas instituições de ensino. Essa concessão de atribuições, portanto, está atrelada às disciplinas cursadas. Enquanto a universidade oferece o conhecimento ao estudante, qualificando-o e atestando sua habilitação técnico-científica pelo diploma, o Conselho Regional habilita-o legalmente, mediante o registro e a emissão da carteira profissional. Os conteúdos programáticos de três cursos de Engenharia Química do Estado de São Paulo foram analisados, agrupando-se os tópicos comuns e afins, enquadrando-os nos campos de atuação, conforme Anexo II da Resolução CONFEA 1.010 de 2005, e separando-os em básicos, profissionalizantes e específicos, segundo as diretrizes curriculares atuais.

**Palavras-chave:** atribuições profissionais, engenheiro químico, regulamentação profissional, Resolução CONFEA 218, Resolução CONFEA 1.010.

## Introdução

A profissão de engenheiro químico é regulamentada; portanto, o profissional deve ter conhecimento de sua regulamentação, legislação e atribuições a fim de exercê-la de forma consciente e com ética. Ao concluir seu curso de graduação, o estudante passa à condição de profissional e deve se registrar no Conselho Regional para estar devidamente habilitado a sua atuação.

No momento em que efetua o seu registro no Conselho Regional, o profissional recebe um conjunto de atividades e competências, referentes às atividades que um profissional pode

desenvolver no exercício de sua profissão. As atribuições são concedidas para todos os egressos de cursos devidamente cadastrados, em conformidade com a estrutura curricular de cada curso de graduação.

Uma pergunta corrente entre os formandos em Engenharia Química é a seguinte: em qual conselho profissional devo me registrar? A resposta para este questionamento esbarra na existência de duas possibilidades. Uma delas, segundo a legislação do Sistema do Conselho Federal de Química (CFQ) e do Conselho Regional de Química (CRQ), poderia ser o registro no CRQ; no entanto, a outra possibilidade, de acordo com

a legislação do Sistema do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) e do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), deveria ser o registro no CREA.

Em publicação recente, Zakon e Alevato (2014, p. 16-17) apresentaram aos profissionais a possibilidade de registro no CRQ. Em contraposição, pretende-se mostrar que o registro do engenheiro químico também poderá ser realizado no CREA, tomando-se por base as legislações educacional e profissional brasileiras referentes à Engenharia e a análise de grades curriculares de universidades com o curso de Engenharia Química do Estado de São Paulo.



## Histórico, regulamentação e legislação da engenharia

A seguir, apresenta-se um breve histórico sobre a engenharia, de como e por que ocorreu a sua regulamentação, e sobre a legislação que rege esta profissão no Brasil.

### Histórico

A engenharia é uma ciência que surgiu há 10.000 anos e tem por objetivo primordial tornar melhor e mais cômoda a vida do ser humano (BROTTO, 1998, p. 8). Já a brasileira, por sua vez, é bastante jovem. Teve origem na área militar, quando Dom João VI, em 1792, criou a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, hoje chamada de Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A necessidade de desenvolvimento, principalmente nos setores de saneamento, ferroviário

e de portos marítimos, motivou a fundação da escola, estendendo a profissão também aos civis (CREA-SP, 1999, p. 12).

No contexto das transformações provocadas pela revolução de 1930, ampliaram-se os esforços pela modernização industrial e o espaço das instituições do Estado, então mais ativo e estruturado. Paralelamente, crescia o número de cursos de nível superior no país, rompendo com a dependência colonial da graduação em faculdades de países europeus. Esses fatos tiveram um impacto profundo nas próprias relações de trabalho e no âmbito da atuação profissional (CREA-SP, 1999, p. 12-13). Diante deste cenário, em dezembro de 1933, Getúlio Vargas promulgou o Decreto Federal 23.569, regulamentando as profissões liberais de engenheiro, arquiteto e agrimensor e instituindo os Conselhos Federal e Regionais de Engenharia e Arquitetura, ou seja,

o CONFEA e os CREAs (CREA-SP, 1999, p. 12-13).

Em 1966, com a edição da Lei Federal 5.194, o Congresso Nacional revogou tacitamente os decretos anteriores, conferindo maior autonomia e introduzindo algumas modificações, tal como a instituição das Câmaras Especializadas nos CREAs (CREA-SP, 1999, p. 13).

### A regulamentação da profissão

No Brasil, existem profissões regulamentadas e não regulamentadas. O Estado só regulariza uma profissão se entender que o seu exercício indiscriminado afeta ou coloca em risco a comunidade. As profissões regulamentadas adotam um conjunto de regras de atuação, por intermédio de normas específicas, que disciplinam o exercício e a fiscalização das atividades profissionais

a ela submetidos. O objetivo da fiscalização do exercício profissional é a defesa da sociedade (CREA-SP, 2014, p. 10-11, 17).

Assim, cada categoria profissional tem sua própria legislação e a Lei 5.194/66 corresponde a dos engenheiros, arquitetos, agrônomos e das demais profissões abrangidas pelo Sistema CONFEA/CREAs.

## A legislação da profissão de engenheiro e dos cursos de Engenharia

As leis referentes aos sistemas profissional e educacional serão brevemente e cronologicamente mencionadas.

### *Sistema profissional: os decretos, as leis e as resoluções federais*

No Brasil, o Decreto Federal 23.569/1933 foi o marco na regulação do exercício das profissões de engenheiro, arquiteto e agrimensor. Em seu Art. 31, trata da competência do engenheiro industrial, com as seguintes alíneas:

[...] c) o estudo, projeto, direção, execução e exploração de instalações industriais, fábricas e oficinas; d) o estudo e projeto de organização e direção das obras de caráter tecnológico dos edifícios industriais e [...] f) vistorias e arbitramentos relativos a matéria das alíneas anteriores.

Este decreto foi revogado tacitamente pela Lei 5.194/66 (BRASIL, 1933; 1966).

O Decreto-Lei 8.620/1946 “dispõe sobre a regulamentação do exercício das profissões do engenheiro, de arquiteto e de agrimensor, regida pelo Decreto 23.569/1933, e dá outras providências” (BRASIL, 1946).

A Lei 5.194/1966 “regula o exercício das profissões de engenheiro, arquiteto

e engenheiro-agrônomo, e dá outras providências”. Esta trata do exercício profissional da Engenharia, Arquitetura e Agronomia; da caracterização e do exercício das profissões; das atribuições profissionais e coordenação de suas atividades; das atividades profissionais; da responsabilidade e autoria; da fiscalização do exercício das profissões; da instituição, das atribuições, da composição, da organização e das generalidades do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia; da instituição, atribuições, composição e organização dos CREAs; das Câmaras Especializadas; do registro de profissionais e da fiscalização profissional (BRASIL, 1966).

Considerando-se a pretensão deste trabalho, serão citados os Art. 55 e 56 de tal lei. Segundo o Artigo 55, “os profissionais habilitados na forma estabelecida nesta lei só poderão exercer a profissão após o registro no Conselho Regional, na jurisdição (estado) de sua atividade”, e o 56 determina que:

aos profissionais registrados de acordo com esta Lei será fornecida carteira profissional, conforme modelo adotado pelo Conselho Federal, contendo número de registro, natureza do título, especializações e todos os elementos necessários a sua identificação.

A Resolução 218/1973 “discrimina atividades de diferentes modalidades profissionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia”. Os Artigos 1 e 17 encontram-se aqui reproduzidos:

Art. 1º – Para efeito de fiscalização do exercício profissional correspondente às diferentes modalidades da Engenharia, Arquitetura e Agronomia em nível superior e em nível médio, ficam designadas as seguintes atividades:

Atividade 01 – Supervisão, coordenação e orientação técnica;

Atividade 02 – Estudo, planejamento, projeto e especificação;

Atividade 03 – Estudo de viabilidade técnico-econômica;

Atividade 04 – Assistência, assessoria e consultoria;

Atividade 05 – Direção de obra e serviço técnico;

Atividade 06 – Vistoria, perícia, avaliação, arbitramento, laudo e parecer técnico;

Atividade 07 – Desempenho de cargo e função técnica;

Atividade 08 – Ensino, pesquisa, análise, experimentação, ensaio e divulgação técnica, extensão;

Atividade 09 – Elaboração de orçamento;

Atividade 10 – Padronização, mensuração e controle de qualidade;

Atividade 11 – Execução de obra e serviço técnico;

Atividade 12 – Fiscalização de obra e serviço técnico;

Atividade 13 – Produção técnica e especializada;

Atividade 14 – Condução de trabalho técnico;

Atividade 15 – Condução de equipe de instalação, montagem, operação, reparo ou manutenção;

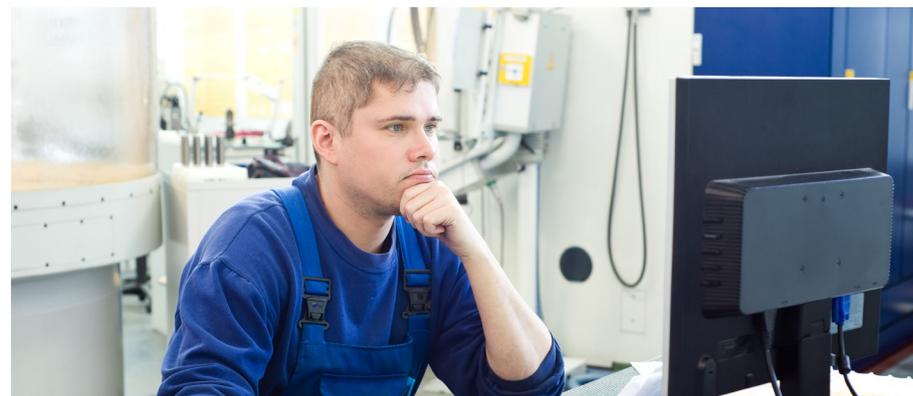
Atividade 16 – Execução de instalação, montagem e reparo;

Atividade 17 – Operação e manutenção de equipamento e instalação;

Atividade 18 – Execução de desenho técnico.

Art. 17 – Compete ao ENGENHEIRO QUÍMICO ou ao ENGENHEIRO INDUSTRIAL MODALIDADE QUÍMICA: I – desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º desta Resolução, referentes à indústria química e petroquímica e de alimentos; produtos químicos, tratamento de água e instalações de tratamento de água industrial e de rejeitos industriais, seus serviços afins e correlatos. (BRASIL, 1973).

Neste caso, as competências dos profissionais são atribuídas segundo a área de formação do profissional, conforme estabelece o Art. 25:



Nenhum profissional poderá desempenhar atividades além daquelas, que lhe competem, pelas características do seu currículo escolar, consideradas em cada caso, apenas, as disciplinas que contribuem para a graduação profissional, salvo outras que lhe sejam acrescentadas em curso de pós-graduação, na mesma modalidade. (BRASIL, 1973).

Por conveniência, a Resolução 1.010/2005 será considerada oportunamente.

### ***Sistema educacional: as leis e diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Engenharia***

O conceito atual das diretrizes curriculares preconizadas na Lei 9.131/1995 substituiu o de currículo mínimo, vigente desde a primeira lei de diretrizes e bases da educação nacional (na Lei 4.024/1961), a qual por sua vez

inovou a sistemática até então existente (FREITAS; FONSECA, 2006, p. 13.4).

A Lei 9.394/1996, em seu Art. 48, no capítulo referente à educação superior, preconiza:

Os diplomas de cursos superiores reconhecidos, quando registrados, terão validade nacional como prova da formação recebida pelo seu titular (FREITAS; FONSECA, 2006, p. 13.3).

A ideia de diretrizes curriculares foi implementada a partir de 1997 por pareceres e resoluções do Conselho Nacional de Educação (CNE) específicos para diferentes áreas da educação superior e para a educação profissional, nos níveis técnico e tecnológico, inclusive para os cursos de Engenharia (FREITAS; FONSECA, 2006, p. 13.5).

Segundo a Resolução do CNE e Câmara de Educação Superior (CES) 11/2002, que “institui diretrizes curriculares nacionais do curso de

graduação em Engenharia”, a grade curricular dos cursos de Engenharia deve atender as porcentagens estabelecidas relativas às formações básica, profissional e específica, e as Portarias do Ministério de Educação (MEC) específicas para cada modalidade da Engenharia, com a definição de disciplinas e conteúdos mínimos (BRASIL, 2002a, p. 1-4).

O projeto pedagógico de cada curso de Engenharia terá um conjunto de atividades previstas de forma a garantir o perfil desejado para o seu egresso, possibilitando o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas. A complementação do projeto consiste na realização de trabalhos individuais e em grupo de estudantes; trabalhos de síntese e integrados e atividades complementares, como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas, desenvolvimento de protótipos, monitorias e empreendedorismo. A formação do engenheiro

incluirá ainda a realização de estágios curriculares obrigatórios e supervisionados diretamente pela Instituição de Ensino Superior (IES), sendo que a carga horária mínima deverá atingir 160 horas (BRASIL, 2002a, p. 3-4).

O núcleo de conteúdos básicos deverá contemplar cerca de 30% da carga horária mínima, enquanto que o profissionalizante contemplará aproximadamente 15% da carga horária mínima e deverá ser definido pela IES. O núcleo de conteúdos específicos refere-se a extensões e aprofundamentos daqueles do profissionalizante, bem como de outros destinados a caracterizar as diversas modalidades. Este irá compor o restante da carga horária total. Seus tópicos serão propostos exclusivamente pela IES, versando sobre conhecimentos científicos, tecnológicos e instrumentais necessários para a definição das modalidades de Engenharia, e devem garantir o desenvolvimento das competências e habilidades definidas nestas diretrizes (BRASIL, 2002a, p. 2-3).

As Tabelas 1 e 2 apresentam os tópicos dos núcleos básico e profissionalizante, respectivamente, segundo a Resolução CNE/CES 11/2002. Os tópicos afins foram agrupados em setores para facilitar a visualização.

#### A Resolução CNE/CES 2/2007

dispõe sobre carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial.

Nesta, estabeleceram-se: o período do estágio, os dias letivos, a carga horária mínima e o limite mínimo para integralização do curso. Os estágios e as atividades complementares dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial, não deverão exceder 20% da carga horária total do curso, que deverá ser dimensionada em no mínimo 200 dias de trabalho acadêmico efetivo. No caso do curso de Engenharia, a carga

**Tabela 1.** Tópicos do núcleo básico

Setor	Tópicos
Ciências Sociais e Humanas	Administração <sup>1</sup> Ciências Sociais e Cidadania <sup>1</sup> Comunicação e Expressão <sup>1</sup> Economia <sup>1</sup> Humanidades <sup>1</sup>
Ciências Exatas e Tecnológicas	Ciência e Tecnologia dos Materiais <sup>1</sup> Ciências do Ambiente <sup>1</sup> Expressão Gráfica <sup>1</sup> Eletricidade Aplicada <sup>1</sup> Fenômenos de Transporte <sup>1</sup> Física <sup>2</sup> Informática <sup>2</sup> Matemática <sup>1</sup> Mecânica dos Sólidos <sup>1</sup> Química <sup>2</sup>
Elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)	Metodologia Científica e Tecnológica <sup>1</sup>

<sup>1</sup>As atividades práticas e de laboratório são previstas em função da modalidade; <sup>2</sup>As atividades de laboratório são obrigatórias.

Fonte: BRASIL (2002a).

horária mínima é de 3.600 horas e o limite mínimo para sua integralização é de cinco anos (BRASIL, 2007).

#### A Resolução 1.010/2005

Esta

dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no sistema CONFEA/CREA, para efeito de fiscalização do exercício profissional.

Propunha-se, a princípio, substituir a Resolução 218/1973, que até então norteava a regulamentação das atribuições do exercício profissional.

As atribuições definem que tipo de atividades uma determinada categoria profissional pode desenvolver. Toda atribuição é dada a partir da formação técnico-científica. O CONFEA, ao propor soluções, toma por base os currículos e programas fornecidos pelas instituições

de ensino de Engenharia, Arquitetura, Agronomia e demais profissões da área tecnológica, sendo que as disciplinas de características profissionalizantes são as que determinam as atribuições profissionais. A Resolução 1.010/2005 objetivava estabelecer normas estruturadas dentro de uma concepção matricial para a atribuição de títulos profissionais, atividades e competências no âmbito da atuação profissional, adotando o princípio da flexibilização, o qual caracteriza as atuais diretrizes curriculares nacionais (FREITAS; FONSECA, 2006, p. 13.3-13.4). Desse modo, tal Resolução contempla os propósitos das atuais diretrizes curriculares dos cursos de Engenharia, uma vez que as atribuições profissionais, atividades e competências são concedidas em função da grade curricular do curso de graduação.

A Resolução 1.010/2005 contém três Anexos, a saber: I, II e III. O Anexo I é referente à sistematização das atividades profissionais; o II concerne a sistematização dos campos de atuação profissional das várias modalidades

da Engenharia e da Agronomia; e o III trata da regulamentação do cadastramento das instituições de ensino e de seus cursos para a atribuição de títulos, atividades e campos profissionais (BRASIL, 2005).

O Anexo I apresenta a tabela dos códigos de atividades profissionais e o glossário que define de forma específica as atividades, estabelecidas no Art. 5 desta Resolução. Tais atividades serão atribuídas ao egresso no âmbito de abrangência das competências, no campo de atuação profissional de sua formação (BRASIL, 2005).

Já o Anexo II consiste em quadros esquemáticos que incluem as categorias, os campos de atuação profissional, o número de ordem dos setores, os setores, o número de ordem dos tópicos e os tópicos. A Tabela 3 ilustra a categoria 'Engenharia' e os campos de atuação das várias modalidades. A Tabela 4 mostra uma representação simplificada e parcial dos quadros esquemáticos da categoria 1 'Engenharia' e do campo de atuação profissional 1.4 da 'Modalidade Química', que estão no Anexo II (BRASIL, 2005).

O Anexo III é composto pelos Formulários A, B e C, sendo que: o A refere-se ao cadastramento da instituição de ensino; o B tem relação com o cadastramento dos cursos da instituição de ensino, como o de Engenharia Química; e o Formulário C refere-se à análise do perfil de formação do egresso, com a indicação do título profissional. A análise do Formulário C, devidamente preenchido, possibilita a concessão da atribuição do título, das atividades e dos campos de atuação profissional aos egressos das universidades ou faculdades de graduação (BRASIL, 2005).

Em resumo, a Resolução 1.010/2005 estabelece uma sistemática para a atribuição de títulos, atividades e campos profissionais aos portadores de diploma ou certificado de conclusão de cursos regulares oferecidos pelas IES, no âmbito das profissões inseridas no sistema

**Tabela 2.** Tópicos do núcleo profissionalizante

Setor	Tópicos
Ciência e Tecnologia de Materiais	Ciência dos Materiais Materiais de Construção Civil Materiais de Construção Mecânica Materiais Elétricos
Civil	Construção Civil Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas
Eletricidade, Eletrônica e Computação	Algoritmos e Estrutura de Dados Circuitos Elétricos Circuitos Lógicos Compiladores Eletromagnetismo Eletrônica Analógica e Digital Organização de Computadores Paradigmas de Programação Sistemas de Informação Telecomunicações
Geociências	Geotecnia Geoprocessamento Topografia e Geodésia
Matemática	Matemática Discreta Métodos Numéricos
Mecânica	Máquinas de Fluxo Mecânica Aplicada Sistemas Mecânicos Tecnologia Mecânica
Operações e Processos Industriais	Conversão de Energia Controle de Sistemas Dinâmicos Instrumentação Operações Unitárias Processos Químicos e Bioquímicos Reatores Químicos e Bioquímicos Sistemas Térmicos Termodinâmica Aplicada
Produção	Gerência de Produção Engenharia de Produto Ergonomia e Segurança do trabalho Gestão Econômica Gestão de Tecnologia Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas Pesquisa Operacional Processos de Fabricação Qualidade Sistemas Operacionais Transporte e Logística
Química Tecnológica, Saneamento e Gestão Ambiental	Bioquímica Físico-Química Gestão Ambiental Microbiologia Mineralogia e Tratamento de Minérios Química Analítica Química Orgânica

Fonte: BRASIL (2002a).

**Tabela 3.** Categoria 'Engenharia' e campos de atuação das modalidades conforme o Anexo II da Resolução 1.010/2005

Categorias	Campos de atuação profissional da modalidade
1. Engenharia	1.1 Civil 1.2 Elétrica 1.3 Industrial Engenharia Mecânica Industrial Engenharia Metalúrgica Industrial Engenharia Naval e Oceânica Industrial Engenharia Aeronáutica e Espacial Industrial Engenharia Mecatrônica Industrial Engenharia de Produção 1.4 Química 1.5 Minas e Geologia 1.6 Agrimensura e Geografia

Fonte: BRASIL (2005).

**Tabela 4.** Representação simplificada e parcial da tabela referente às Categorias 1. Engenharia e 1.4 Campo de Atuação Profissional da Modalidade Química, conforme o Anexo II da Resolução 1.010/2005

Número de ordem do setor	Sector	Número de ordem dos tópicos	Tópicos
1.4.1	Química Tecnológica 1.4.1.01.00...		Mineralogia...
1.4.2	Operações e Processos Químicos 1.4.2.01.00...		Termodinâmica Aplicada...
1.4.3	Indústria Química em Geral 1.4.3.01.00...	1.4.3.01.01 1.4.3.01.02 1.4.3.01.03	Sistemas no âmbito da Indústria Química Indústria Petroquímica Biotecnologia Industrial...
1.4.4	Indústria Nuclear 1.4.4.01.00...		Reatores Nucleares...
1.4.5	Saneamento e Gestão Ambiental 1.4.5.01.00...		Saneamento Básico...
1.4.6	Ciência e Tecnologia dos Materiais 1.4.6.01.00...		Transformações de Fases...
1.4.7	Caracterização e Seleção de Materiais 1.4.7.01.00...		Caracterização...
1.4.8	Indústria de Materiais 1.4.8.01.00...		Operações...

Fonte: BRASIL (2005).

CONFEA/CREA. Devido a sua complexidade, alguns obstáculos foram encontrados no aprimoramento da matriz de conhecimento e no desenvolvimento do *software* para a operacionalização desta Resolução, os quais foram os responsáveis pelo adiamento de sua aplicabilidade no país (BRASIL, 2006). Mesmo frente a esta situação, isto é, da indisponibilidade do *software*, o CREA-SP aplicou a Resolução 1.010/2005 no período de sua vigência.

Entretanto, com o passar do tempo, a não operacionalização desta Resolução em sua totalidade pelos CREAs dificultou a sua aplicação de forma adequada e conveniente na concessão de atribuições profissionais. Tal impraticabilidade acarretou mais dois adiamentos de sua reentrada em vigor (BRASIL, 2012; 2013).

#### *A integração dos sistemas educacional e profissional*

A integração entre os sistemas educacional e profissional se faz necessária no sentido da formação de recursos humanos, para o atendimento das políticas de desenvolvimento agrícola, industrial, tecnológico e científico e às exigências da própria sociedade, particularmente em função da crescente inserção do Brasil na comunidade internacional (FREITAS; FONSECA, 2006, p. 13.2-13.3).

Os processos de flexibilização e desregulamentação, resultantes da introdução das diretrizes curriculares em substituição aos currículos mínimos, critério estabelecido para a estruturação curricular dos cursos de formação que deverão ser reconhecidos para que seus diplomas tenham validade nacional, trazem como consequência a necessidade de flexibilização semelhante nos critérios para a concessão de atribuições, competências e atividades ao exercício profissional (FREITAS; FONSECA, 2006, p. 13.5).

A Resolução 218/1973 discrimina, de maneira inflexível, as atividades e



competências do engenheiro químico ou engenheiro industrial na modalidade química, pois todos os egressos de escolas superiores, quando atendidas a Lei 5.194/1966 e a legislação do Sistema CONFEA/CREA, têm o mesmo conjunto de atividades e competências. Esta constatação representa que eventuais diferenças na grade curricular, em função das necessidades regionais e locais, não serão consideradas, ou seja, independentemente das disciplinas cursadas, as atribuições profissionais serão as mesmas.

Por sua vez, a Resolução 1.010/2005 atende as evoluções temporal e tecnológica na Engenharia e a diversidade curricular proporcionada pelas necessidades sociais e econômicas, de formações regional e local. Os currículos diferentes com distintas disciplinas e respectivos conteúdos programáticos concederão aos profissionais de uma mesma modalidade, como a química, atribuições diferenciadas, em função da regionalização e disciplinas cursadas na graduação. Apesar desta constatação, devido a dificuldades decorrentes de

sua operacionalização, a Resolução 1.010/2005 teve o início de sua aplicação retardado (BRASIL, 2006), vigorando desde 1 de julho de 2007 a 08 de julho de 2012, e encontrando-se novamente inaplicável (BRASIL, 2012; 2013).

### **O Sistema Conselho Federal de Engenharia e Agronomia/Conselho Regional de Engenharia e Agronomia eo seu Papel**

O CONFEA é o órgão central do sistema, instância máxima de regulamentação e fiscalização do exercício profissional, subdividindo-se em Conselhos Regionais (CREAs) que estão presentes em todas as regiões do país (CREA-SP, 2014, p. 2-3).

Compõem o Sistema CONFEA/CREAs os engenheiros representantes de grupos profissionais das diversas modalidades de Engenharia e aqueles de IES. Tais representantes compõem as oito Câmaras Especializadas, entre elas a de Engenharia Química (CEEQ) (CREA-SP, 2014, p. 12, 15).

Os CREAs têm por objetivo principal a fiscalização, a orientação, o controle e o aprimoramento do exercício profissional, atuando em defesa da comunidade, reprimindo as atividades de pessoas físicas e jurídicas nas habilitações ou que transcendam as suas atribuições. Estão entre as atividades do Sistema CONFEA/CREAs a fixação de atribuições profissionais, a fiscalização do exercício e atividade profissional e o julgamento dos processos de imposição de penalidades e multas (CREA-SP, 2014, p. 16).

Em conformidade com a legislação brasileira, o exercício das profissões de engenheiro e agrônomo e as atividades afins nos conselhos são permitidos, no território nacional, a todos que, formados por uma Instituição de Ensino devidamente reconhecida, tenham procedido o registro num Conselho Regional, ou seja, no CREA de sua jurisdição.

Enquanto a escola oferece o conhecimento profissional ao estudante, qualifica-o e atesta sua habilitação técnico-científica pelo diploma, o Conselho Regional habilita-o legalmente, mediante o registro e a emissão da carteira profissional. Isto significa que antes de exercer atividades nas áreas abrangidas pelo Sistema CONFEA/CREAs, tanto o profissional, quanto a empresa de engenharia, devem proceder o competente registro no Conselho Regional (BROTTO, 1998, p. 8; CREA-SP, 1999, p. 17).

No momento em que efetua o seu registro no Conselho Regional, o profissional recebe um conjunto de tarefas e competências sobre as atividades que um profissional pode desenvolver no exercício de sua profissão. As atribuições são concedidas para todos os egressos dos cursos devidamente cadastrados, em conformidade com a estrutura curricular de cada graduação.

O título profissional é fornecido ao portador de diploma expedido por IES, correlacionado com o respectivo campo de atuação profissional, em função do perfil de formação do egresso (CREA-SP, 2014, p. 35). Na Resolução 473/2002 encontra-se a tabela de títulos profissionais, e entre eles está o de Engenheiro(a) Químico(a), abreviado Eng. Quím., que enquadra-se no Grupo 1 'Engenharia', na modalidade 4 'Química' e no nível 1 'Graduação', tendo por código 141-06-00 (BRASIL, 2002b).

O campo de atuação profissional corresponde à área em que o profissional exerce sua profissão, em função de competências adquiridas em sua formação. A competência profissional corresponde à capacidade de utilização de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias no desempenho de atividades em campos profissionais específicos, obedecendo aos padrões de qualidade e produtividade (CREA-SP, 2014, p. 20, 34, 37).

A Resolução 218/1973 discrimina as atividades do Engenheiro e do Agrônomo (CREA-SP, 2014). Entretanto, de 1º de julho de 2007 a 8 de julho de 2012, no seu período de vigência, as atribuições concedidas aos profissionais pelo CREA-SP seguiram a Resolução 1.010 de 2005, considerando-se a sistematização das atividades profissionais (Anexo I) e os campos de atuação profissionais da modalidade específica em questão, 'Química' (Anexo II), observando-se o preenchimento do Formulário C do Anexo III. A Resolução 1.010/2005 encontra-se, atualmente, inaplicável pelas Resoluções CONFEA 1.040/2012 e 1.051/2013; porém, observa-se que, apesar da inaplicabilidade momentânea para a concessão de atribuições e competências, baseando-se nos Formulários A e B do Anexo III, a Resolução 1.010/2005

é aplicada para o cadastramento da IES e do respectivo curso, no caso, Engenharia Química.

Quanto ao papel dos Conselhos Profissionais, de acordo com o Parecer CNE/CES 20/2002, não cabe ao órgão profissional definir as condições de funcionamento de cursos e projetos educacionais; compete aos Conselhos definir as atribuições profissionais correspondentes a partir da respectiva lei de regulamentação da profissão, considerando o diploma expedido e registrado por escolas autorizadas e supervisionadas pelos órgãos próprios do sistema educacional, conforme determinam as próprias leis referentes à regulamentação das profissões (CREA-SP, 2014, p. 41).

### **Currículos de Engenharia Química em escolas paulistas**

Em 2012, a CEEQ do CREA-SP instituiu um Grupo Técnico de Trabalho (GTT) referente às atribuições profissionais do engenheiro químico, que teve por objetivo a criação de instrumentos auxiliares para a operacionalização da Resolução 1.010/2005. Para esta finalidade, realizou-se um estudo comparativo dos currículos das escolas de Engenharia Química do Estado de São Paulo. Analisaram-se aqueles das seguintes escolas: Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP) (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2010), Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas (FEQ-UNICAMP) (DIRETORIA ACADÊMICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2011) e Escola Superior de Química das Faculdades Oswaldo Cruz (ESQ-FOC) (FACULDADES OSWALDO CRUZ, 2009).

Após a análise das grades curriculares e dos conteúdos programáticos dos três cursos citados, as disciplinas comuns e afins foram agrupadas e

elaborou-se uma planilha modelo, relacionando-se aquelas com os códigos do campo de atuação profissional, do Anexo II da Resolução 1.010/2005 da modalidade química, ou de outras modalidades, quando fosse o caso. A planilha modelo do curso de Engenharia Química, elaborada pelo GTT Atribuições Profissionais, foi utilizada como referência neste artigo (CREA-SP, 2012). Os tópicos/disciplinas que conferem atribuições no campo profissional, na modalidade química e eventualmente em outras da engenharia, serão enquadrados em setores, destacando-se os tópicos dos núcleos básico, profissionalizante e específico, segundo a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) (BRASIL, 2002a). As disciplinas/tópicos básicas de matemática, física e humanidades não foram enquadradas, por não conferirem atribuições profissionais.

A Tabela 5 apresenta os 43 tópicos comuns nos três cursos de Engenharia Química de São Paulo, analisados pelo GTT Atribuições Profissionais, que conferem atribuições no campo profissional da modalidade química assim como o enquadramento dos tópicos em setores em básicos, profissionalizantes e específicos.

A Tabela 6 mostra as 21 disciplinas semelhantes aos currículos dos três cursos de Engenharia Química de São Paulo, analisados pelo GTT Atribuições Profissionais, e o enquadramento dos mesmos em setores, que conferem atribuições no campo profissional em outras modalidades da engenharia, que não a química, e destaca os tópicos básicos, profissionalizantes e específicos.

As Tabelas 5 e 6 relativas ao estudo realizado pelo GTT Atribuições Profissionais, da CEEQ do CREA-SP, mostram: o atendimento aos tópicos dos núcleos básico, profissionalizante e específico propostos pela CNE/CES 11/2002, por parte das escolas de graduação em engenharia

**Tabela 5.** Tópicos básicos, profissionalizantes e específicos dos currículos de cursos de Engenharia Química e o enquadramento destes tópicos em setores do campo de atuação profissional da modalidade química, segundo o Anexo II da Resolução 1.010/2005

Setores da modalidade química	Tópicos dos cursos de Engenharia Química
Química Tecnológica	Matérias-Primas Minerais <sup>2</sup> Química I e II <sup>1</sup> Química Geral e Inorgânica <sup>1</sup> Química Inorgânica <sup>1</sup> Química Inorgânica Teórica e Experimental <sup>1</sup> Química Orgânica I e II <sup>2</sup> Química Analítica e Análise Instrumental <sup>2</sup> Físico-Química I e II <sup>2</sup> Eletroquímica e Corrosão <sup>2</sup> Química Tecnológica Geral <sup>3</sup>
Operações e Processos Químicos	Termodinâmica Aplicada <sup>2</sup> Termodinâmica I e II <sup>2</sup> Termodinâmica Química I e II <sup>2</sup> Fenômenos de Transporte I e II <sup>1,2</sup> Operações Unitárias I e II <sup>2</sup> Laboratório de Engenharia Química <sup>3</sup> Processos Industriais Inorgânicos <sup>2</sup> Processos Industriais Orgânicos <sup>2</sup> Balanço Material e Energético <sup>2</sup> Conservação de massa e energia Cinética e Cálculo de Reatores <sup>2</sup> Cinética Química Aplicada <sup>2</sup> Reatores Químicos <sup>2</sup> Engenharia das Reações Químicas I e II <sup>3</sup> Instrumentação Industrial e Controle de Processo <sup>2</sup> Controle de Processos da Indústria Química <sup>2</sup> Controle de Processos <sup>2</sup> Introdução a Processos e Indústria Química <sup>2</sup> Engenharia Bioquímica I e II <sup>2</sup> Bioengenharia I e II <sup>2</sup>
Indústria Química em Geral	Instrumentação na Indústria Química <sup>2</sup> Síntese e Projeto de Processo <sup>3</sup> Projeto Químico <sup>3</sup> Planejamento e Projeto na Indústria Química <sup>3</sup>
Saneamento e Gestão Ambiental	Introdução à Engenharia Ambiental <sup>3</sup> Engenharia Ambiental e Recursos Naturais <sup>2</sup> Preservação do Meio Ambiente <sup>1</sup>
Ciência e Tecnologia dos Materiais	Ciência dos Materiais <sup>1,2</sup>
Caracterização e Seleção de Materiais	Técnicas de Caracterização de Materiais <sup>2</sup> Materiais em Engenharia Química <sup>2</sup> Material de Construção na Indústria Química e Corrosão <sup>2</sup>
Tecnologia de Alimentos	Bioquímica Industrial <sup>2</sup> Engenharia de Alimentos I e II <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tópicos do núcleo básico; <sup>2</sup>Tópicos do núcleo profissionalizante; <sup>3</sup>Tópicos do núcleo específico.  
Fontes: BRASIL (2002a); BRASIL (2005); CREA-SP (2012).

química consideradas no estudo comparativo; nos setores da modalidade química com 43 tópicos, exceto os tópicos de Química Tecnológica (dez) e alguns tópicos de Operações e Processos Químicos (sete), os demais setores apresentados, com apenas três exceções, contêm tópicos exclusivos da área de engenharia química (23), como mostrado na Tabela 5; e uma quantidade considerável dos tópicos constituintes da grade de Engenharia Química são tópicos das modalidades de arquitetura e engenharia mecânica, elétrica e de produção (21) (Tabela 6).

Deste modo, a comparação das grades curriculares dos cursos de Engenharia Química resultou em 64 tópicos enquadrados, conforme mostram as Tabelas 5 e 6, desconsiderando os tópicos básicos que não conferem atribuições. Dos 64, 43 estão na categoria 'Engenharia, Modalidade Química', correspondendo a 67,2% (Tabela 5), e 21 se encontram nas demais modalidades das categorias da Engenharia e da Arquitetura, correspondendo a 32,8% (Tabela 6).

Considerando-se apenas os 43 tópicos da categoria Engenharia, Modalidade Química, 15 são de Química Pura (34,9%) e cinco de Química Tecnológica (11,6%); ambos perfazendo 20 tópicos, os quais correspondem a 46,5% (Tabela 5). Por outro lado, se forem considerados os 64 tópicos, tem-se: 15 de Química Pura (23,4%), cinco de Química Tecnológica (7,8%), ambos perfazendo 31,2% do total. Os assuntos enquadráveis nas demais modalidades das categorias da Engenharia e Arquitetura, como mencionado, correspondem a 32,8%. Assim, excluindo-se 31,2% da área Química (Tabela 5) e 32,8% da Engenharia e de outras modalidades (Tabela 6), o restante (36,0%) do total de 64 itens corresponde aos demais tópicos enquadráveis na Categoria Engenharia, Modalidade Química, os quais fazem

**Tabela 6.** Tópicos básicos, profissionalizantes e específicos dos currículos de cursos de Engenharia Química e o enquadramento destes tópicos em setores do campo de atuação profissional de outras modalidades da engenharia, segundo o Anexo II da Resolução 1.010/2005

Modalidade	Setores	Tópicos
Arquitetura e Urbanismo <sup>4</sup>	Materiais	Resistência dos Materiais <sup>2</sup>
Elétrica	Eletrotécnica	Eletrotécnica <sup>1</sup> Eletrotécnica Geral <sup>1</sup> Eletricidade Geral <sup>1</sup>
Modalidade Industrial Engenharia Mecânica	Mecânica Aplicada	Mecânica dos Materiais <sup>1</sup>
Modalidade Industrial Engenharia de Produção	Engenharia dos Processos Físicos	Princípios de Gestão de Produção e Logística <sup>2</sup>
	Engenharia de Qualidade	Estatística Aplicada <sup>2</sup> Estatística para Experimentabilidade <sup>2</sup>
	Pesquisa Operacional	Introdução à Computação para Engenharia <sup>1</sup> Métodos Matemáticos e Computacionais <sup>2</sup> Cálculo Numérico <sup>2</sup> Análise de Processo <sup>2</sup> Análise e Simulação de Processos <sup>2</sup> Simulação de Processos da Indústria Química <sup>2</sup>
	Engenharia Organizacional	Administração de Empresas <sup>1</sup> Organização e Legislação Industrial <sup>2</sup> Princípios de Gestão de Projetos <sup>3</sup>
	Engenharia Econômica	Análise Técnico-Econômica <sup>2</sup> Engenharia Econômica <sup>2</sup> Introdução à Economia <sup>1</sup> Prevenção de Perdas <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tópicos do núcleo básico; <sup>2</sup>Tópicos do núcleo profissionalizante; <sup>3</sup>Tópicos do núcleo específico; <sup>4</sup>Esta categoria não integra atualmente o Sistema CONFEA/CREA.

Fontes: BRASIL (2002a); BRASIL (2005); CREA-SP (2012).

parte do núcleo de conteúdos específicos referentes a extensões e aos aprofundamentos dos assuntos profissionalizantes, destinados a caracterizar a modalidade. Portanto, dos 64 tópicos

considerados, 20 são de Química Pura e Tecnológica (31,2%) e 44 das categorias Arquitetura e Engenharia nas modalidades Química, Elétrica, Mecânica e de Produção (68,8%).

## O engenheiro químico é um profissional da química ou um engenheiro?

A formação dos engenheiros nas várias modalidades é semelhante, com uma considerável carga horária em matemática, física e na respectiva área básica, no caso específico do engenheiro químico, a química, além dos fundamentos de engenharia aplicados a sua especialidade (CAMARGO, 2004a, p. 8).

Com o avanço da globalização e a consolidação dos blocos econômicos, tornou-se necessária a definição do conjunto de habilidades que caracterizam os diferentes profissionais em função de suas formações. A flexibilização oferecida pela LDB teve o mérito de aumentar a liberdade acadêmico-pedagógica, mas acabou levantando a dúvida: como responder as questões referentes às habilitações dos engenheiros, considerando-se as diferenças curriculares em função das necessidades regionais e locais? (CAMARGO, 2004a, p. 10).

Com a evolução tecnológica e a criação de novas carreiras, a questão do exercício profissional complicou-se, pois, para cada localidade, haverá um currículo diferenciado a fim de atender as necessidades daquela região (CAMARGO, 2004a, p. 9).

A aplicação da Resolução 1.010/2005 é uma alternativa viável para solucionar a problemática apresentada.

Há cerca de uma década, a especialista em formação profissional do engenheiro químico, Letícia Suñé, afirmou que a obrigatoriedade de um núcleo com conteúdos básicos, abrangendo 30% de carga horária mínima, assegura a fundamentação científica que forma a base dos conhecimentos e capacita o estudante a desenvolver os conteúdos profissionalizantes.

A pesquisadora também considerou de forma positiva a formação de engenheiros químicos com abordagens contextualizadas na realidade regional, com o cumprimento dos conteúdos básicos e profissionalizantes, tais como: Operações Unitárias, Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas, Reatores Químicos e Bioquímicos, Controle de Sistemas Dinâmicos, entre outros, os quais os habilitam a atuarem em projetos, processos e na absorção de novas tecnologias. Segundo a especialista, quando o engenheiro incorpora conteúdos e ferramentas que o capacitam a executar um projeto de equipamento, estabelecer estratégias adequadas de controle e otimização para equipamentos ou plantas industriais e trabalhar com a integração energética de processos, tem condições de acompanhar, entender e atuar frente a qualquer nova tecnologia que se apresente. Seguramente, o engenheiro químico deve ter atribuições para o exercício profissional de engenheiro, e não de químico, concluiu a pesquisadora (CAMARGO, 2004b, p. 11).

Por fim, a comparação dos currículos dos cursos de engenharia química de escolas paulistas, considerando-se o total de tópicos/disciplinas, que conferem atribuições no âmbito dos campos de atuação da Resolução 1.010/2005, mostrou que: 31,2% correspondem à Química Pura e Tecnológica e 68,8% às categorias Arquitetura e Engenharia nas modalidades Química, Elétrica, Mecânica e de Produção. O resultado encontrado referente aos tópicos/disciplinas dos cursos analisados apresenta, praticamente, o dobro do percentual para a área das Engenharias, em relação ao percentual dos tópicos/disciplinas da Química, caracterizando, assim, a forte formação em Engenharia dos currículos em questão (CREA-SP, 2012).

## Considerações finais

As escolas de engenharia química devem atender às diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia, estabelecidas pela Resolução do CNE/CES 11/2002, contemplando as percentagens indicadas relativas às formações básica, profissional e específica, e pelas Portarias do MEC específicas para cada modalidade da Engenharia, com a definição de disciplinas e conteúdos mínimos. Compete ao Conselho Federal definir as atribuições profissionais correspondentes, considerando o diploma expedido e registrado por escolas autorizadas e supervisionadas pelos órgãos próprios do sistema educacional, como determinam as próprias Leis referentes à regulamentação das profissões.

O estudo comparativo das grades curriculares das escolas de engenharia química do Estado de São Paulo, a saber POLI-USP, FEQ-UNICAMP e ESQ-FOC, mostrou que, das disciplinas que conferem atribuições, menos de 1/3 (31,2%) são da área de Química Pura e Tecnológica, enquanto que pouco mais de 2/3 (68,8%) são das Engenharias, principalmente da modalidade Química (36%). Tal fato caracteriza, de forma preponderante e incontestável, a atual formação em Engenharia do engenheiro químico. 🍌

## Referências

BRASIL. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Resolução CONFEA 1.051, de 23 de dezembro de 2013. Suspende a aplicabilidade da Resolução 1.010, de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2013.

\_\_\_\_\_. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Resolução CONFEA 1.040, de 25 de maio de 2012. Suspende a aplicabilidade da Resolução 1.010, de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 9 de julho de 2012.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CES 02/2007. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 19 de junho de 2007, Seção 1, p. 6.

\_\_\_\_\_. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Resolução CONFEA 1.016, de 25 de agosto de 2006. Altera a redação dos arts. 11, 15 e 19 da Resolução 1.007, de 5 de dezembro de 2003, do art. 16 da Resolução 1.010, de 22 de agosto de 2005, inclui o anexo III na Resolução 1.010, de 2005, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 4 de setembro de 2006.

\_\_\_\_\_. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Resolução CONFEA 1.010, de 22 de agosto de 2005. Dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no sistema CONFEA/CREA, para efeito de fiscalização do exercício profissional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 30 de agosto de 2005.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CES 11/2002. *Diário Oficial da União*, Brasília, 9 de abril de 2002a. Seção 1, p. 32.

\_\_\_\_\_. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Resolução CONFEA 473, de 26 de novembro de 2002. Institui tabela de títulos profissionais do Sistema CONFEA/CREA e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 12 de dezembro de 2002b.

\_\_\_\_\_. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Resolução CONFEA 218, de 29 de junho de 1973. Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia. *Diário Oficial da União*, Rio de Janeiro, RJ, 31 de julho de 1973.

\_\_\_\_\_. Lei 5.194, de 24 de dezembro de 1966. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 27 de dezembro de 1966.

\_\_\_\_\_. Decreto Lei 8.620 de 10 de janeiro de 1946. Dispõe sobre a regulação do exercício das profissões do engenheiro, de arquiteto e de agrimensor regida pelo Decreto Nº 23.569/1933, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Rio de Janeiro, RJ, 12 de janeiro de 1946.

\_\_\_\_\_. Decreto Federal 23.569, de 11 de dezembro de 1933. Regula o exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de agrimensor. *Diário Oficial da União*, Rio de Janeiro, 15 de dezembro de 1933.

BROTTO, M. E. Engenheiro você sabe a função do sistema CONFEA/CREA? *Revista Acadêmica*, São Paulo, Ano I, n. 5, p. 8, out. 1998.

CAMARGO, P. Questão da certificação divide conselhos de engenharia e de química. *Revista Brasileira de Engenharia Química*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 8-10, ago. 2004a.

\_\_\_\_\_. Não tem sentido conselhos atrelarem certificação profissional a currículo mínimo. *Revista Brasileira de Engenharia Química*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 11, ago. 2004b.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO ESTADO DE SÃO PAULO (CREA-SP). *Palestra Institucional CRP 2014 – CREA SP 80 anos*. Comissão Permanente de Relações Públicas 2014. São Paulo: CREA-SP, 2014. 44 p.

\_\_\_\_\_. *Relatório de Grupo Técnico de Trabalho (GTT) Atribuições Profissionais 2012 – CREA – SP*. Câmara Especializada de Engenharia Química 2012. São Paulo: CREA-SP, 2012. 17 p.

\_\_\_\_\_. *Manual do Exercício Profissional – CREA – SP 65 anos*. Comissões de Relações Públicas 1995 – 1999. São Paulo: CREA-SP, 1999. 67 p.

DIRETORIA ACADÊMICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. *Curso Engenharia Química – catálogo 2011*. Disponível em:



<<http://www.dac.unicamp.br/sistemas/catalogos/grad/catalogo2011/index.html>>. Acesso em: 29 dez. 2014.

FACULDADES OSWALDO CRUZ. *Engenharia Química*. 2009. Escola Superior de Química – Curso Engenharia Química. Disponível em: <[http://www.oswaldocruz.br/cursos/corso\\_grade.asp?id\\_curso=8](http://www.oswaldocruz.br/cursos/corso_grade.asp?id_curso=8)>. Acesso em: 29 dez. 2014.

FREITAS, C. B. & FONSECA, L. K. Uma reflexão sobre a resolução 1010. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, XXXIV, 2006, Passo Fundo. *Anais do XXXIV...* Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. pp. 13.1-13.5.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Grade curricular de 2010*. Escola Politécnica, 01 de janeiro de 2010.

Disponível em <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=3&codcur=3091&codhab=110&tipo=N>>. Acesso em: 29 dez. 2014.

ZAKON, A. & ALEVATO, S. J. As engenharias químicas e o seu registro profissional. *Revista Brasileira de Engenharia Química*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 12-25, 2014.

---

<sup>1</sup>Doutora em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA); Mestre em Físico-Química pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP); Engenheira Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz; Professora Titular dos Cursos de Engenharia Química e Lato Senso em Química das Faculdades Oswaldo Cruz e Conselheira do CREA-SP. E-mail: beth.brotto@oswaldocruz.br



MODERNIDADE

DEDICAÇÃO

DESIGN

VOCE

SUORTE

SEGURANÇA

**A** **BEESOFT** é uma empresa nacional, com equipes de suporte técnico em

São Paulo e atuação no mercado de hospedagem de sites. Somos uma empresa jovem, dinâmica e inovadora, buscando a competência e excelência nos serviços prestados com visão na melhor solução de benefício ao cliente. Nossa equipe técnica esta sempre pronta para resolver qualquer tipo de necessidade, apoio técnico ou treinamento.



### HOSPEDAGEM E E-MAIL

Disponibilizamos serviços de hospedagem nas plataformas **LINUX** e **WINDOWS**, servidores virtuais para empresas de pequeno, médio e grande porte, além de registro de domínios nacionais e internacionais.

Sites **PHP, ASP, ASP.net...**

Bancos **SQL, MySQL**

Melhor **E-MAIL** do mercado



### MONITORAMENTO E SUPORTE

Oferecemos um amplo suporte técnico nas principais linguagens e bancos de dados do mercado. O monitoramento dos servidores é realizado 24 horas/dia com total apoio e atendimento de todas as suas necessidades.

Sites **pessoais**

Portais **empresariais**

Loja **eletrônica**



### SEGURANÇA E GARANTIA

Através de investimentos permanentes em equipamentos de qualidade e última geração, contamos com total redundância em nossos serviços de infraestrutura para garantir a permanência de 99,7% on-line.

**Competência**

**Conhecimento**

**Espírito de equipe**

ENTRE EM CONTATO:



[WWW.BEESOFT.COM.BR](http://WWW.BEESOFT.COM.BR)



(11) 2626-4392

# Quimiometria e definição de prazo de validade de produtos químicos

Por Luciana Rodrigues Oriqui<sup>1</sup>, Milton Mori<sup>1</sup>, Luiz Antônio Godoy Jr<sup>2</sup> e José Antonio Martins<sup>2</sup>

**RESUMO:** A Quimiometria, Ciência que utiliza métodos estatísticos para resolver problemas de Química com o objetivo de garantir robustez em estudos analíticos, mostrou-se de importância relevante também em estudos de estabilidade. A partir de análises exploratórias de dados iniciais, é possível definir quais são os parâmetros críticos do produto em análise e, a partir deste apontamento, identificar quais métodos de análise são indicados para monitoramento mais sensível destes parâmetros nas especificações de testes de estabilidade. Como a partir dos resultados destes estudos são definidos os prazos de validade de produtos, o monitoramento mais eficaz das variáveis, especialmente das críticas, possibilita maior respaldo para a extrapolação dos resultados para definição dos prazos. No caso específico de produtos químicos, a quimiometria é de importância fundamental na proposição segura de prazo de validade adicional, ou revalidação, desde que atendidos determinados pré-requisitos, e também em retestes de produtos. A possibilidade de extensão do prazo de validade para produtos ainda aptos a serem comercializados e utilizados, minimizaria o impacto ambiental advindo da eliminação de produtos com prazos de validade teoricamente vencidos.

**Palavras-chave:** quimiometria, estudos de estabilidade, data de reteste, reteste, prazo de validade e revalidação.

## Introdução

A indústria química, ciente de sua responsabilidade ambiental, vem buscando alternativas que contribuam na busca pelo equilíbrio, principalmente com pesquisas no âmbito de estudos de estabilidade, que possibilitem o estabelecimento seguro de prazo de validade, retestes e revalidação de seus produtos.

No Brasil, devido a Lei do Código do Consumidor (Lei 8.078 de 11 de setembro de 1990), que estabelece que todo produto comercializado precisa conter o prazo de validade em seu rótulo, os estudos sobre possibilidade de revalidação desse prazo, quando o produto estiver seguramente em condição de uso, vem tomando cada vez mais vulto. Fóruns para discussão do tema envolvendo indústrias, associações de classes, pesquisadores, universidades, escritórios de advocacia e órgãos governamentais já são uma realidade.

A Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), desde 2008, trabalha com pesquisas sobre retestes

e revalidação, com o apoio da indústria Oxiteno S. A. e, posteriormente, também do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e das empresas Nanotimize Tecnologia Ltda. e Arysta LifeScience do Brasil Indústria Química e Agropecuária Ltda.. Os esforços simultâneos resultaram no(a) desenvolvimento/pesquisa de uma nova metodologia, contundente na definição de prazo de validade e que viabiliza retestes e revalidação de produtos químicos, possibilitando, ainda, em determinadas situações, a revalidação sem abertura da embalagem final do produto.

A indicação de prazo de validade nos produtos é também um respaldo para os fabricantes em relação à sua corresponsabilidade, na medida em que condiciona o prazo a condições de armazenamento e a algum período específico indicados no rótulo (ou nota fiscal do produto, quando estes são comercializados a granel).

Em outros países, é comum a não exigência de indicação desse prazo, o que dificulta bastante, por

exemplo, a situação dos importadores que, por força de Lei, passam a ser considerados no Brasil como produtores (portanto, com as mesmas obrigações), e têm, desse modo, a responsabilidade de atribuir prazo de validade para os produtos importados que aqui serão comercializados.

No intuito de minimizar o impacto ambiental advindo do descarte de produtos técnica e seguramente em condições de uso, mas com prazo de validade vencido, Oriqui *et al.* (2013) propuseram um guia de estabilidade para produtos químicos que proporcionasse o devido amparo técnico e consciencioso para solução desta situação.

Foi proposto, com alguma customização, que fossem aplicados os parâmetros já conhecidos e utilizados para produtos farmacêuticos, por ser este o segmento melhor regulamentado e estruturado em estudos de estabilidade, além de naturalmente possuir limites mais críticos em relação a todos os demais.

De forma análoga à data de reteste para substâncias farmacêuticas, com

adequações e introduzindo o conceito de quimiometria para garantir maior robustez aos resultados, os autores, com apoio da empresa Nanotimize Tecnologia Ltda., especializada em quimiometria e soluções, estão no momento desenvolvendo uma metodologia que possibilitará tanto praticidade e respaldo técnico para retestes no caso de produtos químicos, substâncias puras ou misturadas, cujo cliente final é o mercado industrial, quanto revalidação — não se trata de reprocessamento — do prazo de validade de produtos químicos, antes de vencidos, também inicialmente para o mercado de consumidor industrial, ou *Business to Business* (B2B).

Para o desenvolvimento e validação da aplicabilidade desta metodologia, estão sendo feitos estudos de estabilidade em produtos químicos que atendem dois diferentes segmentos de mercado: consumidor industrial (mercado *Business to Business*) e consumidor final (mercado *Business to Consumer* – B2C). A análise dos perfis espectrais, obtidos por meio de técnicas instrumentais rápidas - por exemplo o infravermelho próximo (*Near Infrared* — NIR) e Raman —, além das análises laboratoriais específicas para cada produto em estudo, viabilizará a funcionalização de retestes e de revalidação *in loco*, sem necessidade da logística de retorno do material para descarte, reprocessamento ou até mesmo revalidação, se essa for uma possibilidade.

## Estudos de estabilidade e definição de prazo de validade

A definição de prazo de validade, em registros de produtos que tenham essa exigência de informação em suas embalagens de comercialização, é estabelecida principalmente por extrapolação de dados de estudos de estabilidade obtidas em prazos menores

que os estabelecidos para comercialização, através de estudos de estresse, acelerados e de longa duração obtidos até a data do registro e, posteriormente, confirmados pela continuação dos estudos de longo prazo.

Em geral, os produtos devem ser avaliados em condições reais de armazenamento (com tolerâncias apropriadas) que testem sua estabilidade térmica, e, se aplicável, sua sensibilidade à umidade. As condições de armazenamento e o prazo para os estudos escolhidos devem ser suficientes para cobrir seus períodos de armazenamento, expedição e posterior utilização.

Dados de condições aceleradas de armazenamento e, se apropriado, de condições intermediárias de armazenamento, são utilizados para avaliar o efeito de exposições de curto prazo fora das condições ideais de armazenamento, como, por exemplo, pode ocorrer durante o transporte do produto.

Na definição do prazo de validade de um produto, independentemente de qual parâmetro esteja sendo estudado, é usual que ele sofra certas alterações com o decorrer do tempo. Apesar de representar uma fase lenta no projeto de lançamento de novos produtos, a determinação do prazo de validade obtida por estudos de estabilidade é fundamental na identificação de problemas que venham a requerer alterações em suas formulações ou processos (HUYNH-BA, 2008).

Em razão da otimização de recursos e tempo, pesquisadores e empresas fazem uso de estudos de estabilidade acelerados, antecipando resultados que inicialmente seriam determinados por testes em tempo real, estudos de longa duração, até que os limites de preservação dos parâmetros pré-estabelecidos para os produtos sejam atingidos, prazo este usualmente maior ou igual a 24 meses

Em lançamento de novos produtos, a indicação de um prazo de validade

provisório muitas vezes é baseada em dados que envolvem certa extrapolação dos dados acelerados. A posterior confirmação da atribuição inicial é feita, então, por estudos que se estendem por todo o período de prazo de validade indicado.

## Reteste versus Revalidação

Essa diferenciação é essencial para o entendimento dos mecanismos da nova metodologia ChemoMap em suas duas distintas aplicabilidades: reteste ou revalidação.

- **Data de Reteste:** segundo definição do Art. 5º da Resolução RDC 17/2010 e as perguntas e respostas sobre ele (ANVISA, 2010a; 2010b), a data de reteste somente é aplicável quando o prazo de validade não foi estabelecido pelo fabricante do insumo. Observar que, após a data de reteste, testes analíticos que assegurem a manutenção dos parâmetros de qualidade do produto e indicados pelo fornecedor devem ser feitos para garantir o uso “imediato” do produto/insumo. Caso o insumo venha a ser utilizado novamente em ocasião posterior, mesmo que em dias consecutivos, deve ser novamente submetido aos testes indicativos de manutenção de sua qualidade.

A indicação de retestes é uma opção somente para produtos químicos — substâncias puras ou misturadas, que não estejam enquadrados na Lei do Código do Consumidor, ou seja, cuja destinação é o mercado industrial B2B. A esses produtos, inicialmente, devem ser atribuídas datas de reteste em substituição a prazos de validade.

- **Revalidação:** novo prazo de validade atribuído ao produto após testes analíticos específicos validados por meio de estudos de estabilidade conduzidos antes de seu vencimento, e que garantam sua adequabilidade

para uso durante o novo prazo proposto. O conhecimento da rota de degradação do produto e os possíveis produtos degradantes formados são essenciais para garantia segura do novo prazo. Esse conhecimento contundente é possível através da associação de estudos de estabilidade, análises quimiométricas e químicas convencionais, além de análises espectrofotométricas.

A revalidação é uma alternativa em estudo, dirigida a produtos para os quais inicialmente foram atribuídos prazos de validade. Por questões de viabilidade técnica, operacional e econômica, objetiva inicialmente o segmento de produtos químicos, substâncias puras ou misturadas, que atendam o mercado industrial B2B como uma possível alternativa aos retestes.

O fluxograma que pode ser visto na Figura 1 é uma proposta construída considerando como premissa o não enquadramento da indústria química no Código de Defesa do Consumidor quando seus produtos forem direcionados ao mercado *Business to Business*, ou seja, quando forem insumos em novos processos produtivos.

## Quimiometria

A quimiometria pode ser descrita, de forma genérica, como a aplicação de métodos matemáticos, estatísticos e de lógica em química, por análise multivariada, para detecção de tendências e agrupamentos (análise exploratória), quantificação de uma propriedade de interesse (calibração multivariada) e otimização de condições experimentais (planejamento experimental) (OTTO, 2007).

A análise multivariada, técnica estatística de análise de múltiplas variáveis de forma simultânea de uma mesma amostra, surgiu na década de 1960, inicialmente nas áreas de economia (Econometria) e psicologia (Psicometria).

Posteriormente, na segunda metade dos anos 1960, com o surgimento de métodos instrumentais computadorizados para a análise química e consequente incremento na quantidade de dados possíveis de serem obtidos, estas mesmas técnicas foram aplicadas em pesquisas voltadas para o tratamento dos dados químicos, gerando uma nova área dentro da química analítica.

Um exemplo relevante do sucesso da utilização da quimiometria são as análises realizadas na região do infravermelho próximo (NIR) que, sem a utilização de modelos de calibração multivariada, não apresentariam possibilidades para determinações quantitativas.

A quimiometria pode ser dividida em quatro grupos:

1. Pré-processamento de sinais analíticos: maior eficiência na interpretação de técnicas analíticas e exclusão de interferentes e dados anômalos;
2. Análise exploratória: maximiza a extração de dados e facilita a classificação de informações em um conjunto muito grande de variáveis;
3. Calibração multivariada: simplifica operações e funções que correlacionem diversas respostas instrumentais com a propriedade de interesse;
4. Planejamento e otimização de experimentos (*Design of Experiments* – DoE): estudo da influência das variáveis que afetam o sistema, a extensão desta influência e como são as interações entre elas, visando melhorar o processo de modo geral.

Em cada um dos grupos, são vários os modelos, ou métodos quimiométricos, aplicados, sendo os principais indicados na Tabela 1.

Na análise exploratória, por exemplo, através dos métodos quimiométricos de análise dos componentes principais (PCA), e análise de agrupamentos hierárquicos (HCA), é possível averiguar similaridades entre amostras, presença

de agrupamentos, presença de amostras anômalas e também desenvolver modelos de classificação (MUEHLETHALER *et al.*, 2011).

Na calibração multivariada, através do método de mínimos quadrados parciais (PLS) é possível, entre outras, trabalhar com maior número de variáveis e consequente diminuição de erros, fazer análises na presença de interferentes, desde que estejam presentes nas amostras de calibração, além da possibilidade de determinações simultâneas (BRERETON, 2000). Como exemplos de uso de calibração multivariada, podemos citar o desenvolvimento de cartas de controle, avaliação da composição de resíduos, entre vários outros.

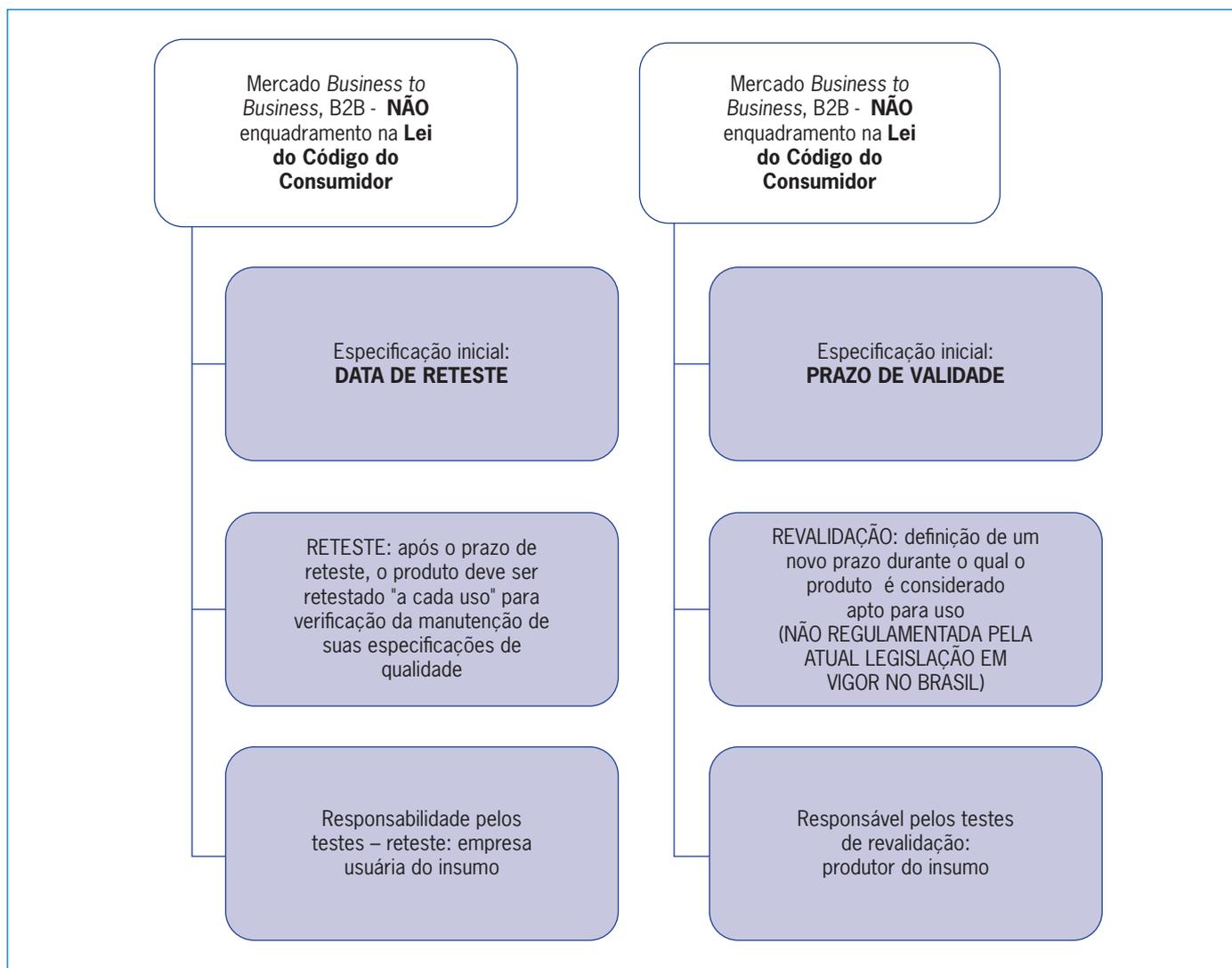
No planejamento experimental, o objetivo é conduzir o menor número de experimentos possíveis para extrair o máximo de informação dos dados coletados de modo a avaliar e/ou otimizar um sistema (produto/processo). O método utilizado consiste em alterar todos os fatores relevantes simultaneamente (multivariadamente) em um conjunto de experimentos pré-determinados e, então, conectá-los e interpretá-los empregando modelos matemáticos (DE BARROS NETO *et al.*, 2001).

O planejamento experimental permite estimar interações entre os fatores, localização do ótimo efetivo e suas vizinhanças, além de possibilitar economia de tempo e dinheiro através da redução do número de experimentos.

Como exemplo de sua aplicação industrial, o DoE é bastante utilizado para otimização do rendimento de reações químicas.

## Quimiometria e Estudos de Estabilidade

Para objetivar um melhor entendimento das possíveis informações históricas, dados e análises disponíveis a respeito de produtos químicos que serão submetidos a estudos de



**Figura 1.** Reteste ou Revalidação?

estabilidade, uma análise exploratória quimiométrica inicial possibilita a identificação de suas variáveis críticas no tocante à perda de suas características identificadas pelo produtor como parâmetros determinantes de qualidade (PEDRO, 2009).

Uma vez identificadas as variáveis críticas e outras identificadas também pelo produtor como essenciais no processo de registro ou para fins comerciais, é possível definir quais os testes analíticos indicados para o monitoramento de seus comportamentos ao longo do tempo e em condições pré-estabelecidas de temperatura e umidade.

A partir das definições de variáveis a serem estudadas, de testes

laboratoriais específicos para monitorá-las, condições e periodicidade dos estudos de estabilidade, é possível identificar o número de amostras necessárias para o estudo completo de estabilidade, contemplando testes de estresse, acelerados, intermediários (se necessários), e de longa duração.

É relevante que o produtor defina quais testes de estresse são relevantes para os produtos em análise, sabendo que o objetivo destes estudos é identificar os caminhos de degradação, ou rota de degradação, de cada um deles. São cinco os testes de estresse usualmente indicados: foto-estabilidade, térmicos, testes em diferentes faixas de pH, de oxidação, e de transporte.

Os testes de estresse são feitos uma única vez para cada produto e o conhecimento da rota de degradação é fundamental para posteriores indicações de prazos de validade adicionais para produtos (ORIQUI *et al.*, 2013).

As próximas etapas correspondem às coletas e análises dos dados obtidos dos estudos de estabilidade acelerado, intermediário (se necessário for) e de longa duração. Todos os dados deverão ser submetidos a análises quimiométricas.

O resultado destes estudos garantirá maior robustez na indicação do prazo de validade dos produtos, inicialmente por extrapolação ou interpolação dos estudos acelerados e, posteriormente, pela confirmação dos

**Tabela 1.** Métodos quimiométricos

Pré-processamento de sinais analíticos	Análise Exploratória	Calibração Multivariada	Planejamento e Otimização de Experimentos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centragem na Média</li> <li>• Escalamento pela Variância</li> <li>• Auto-escalamento</li> <li>• Alisamento</li> <li>• Primeira Derivada</li> <li>• Segunda Derivada</li> <li>• Correção de Espalhamento Multiplicativo (MSC)</li> <li>• Transformação Padrão de Variação (SNV)</li> <li>• Correção Ortogonal de Sinal (OSC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de Componentes Principais (PCA)</li> <li>• Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA)</li> <li>• Modelagem Independente Flexível por Analogia de Classe (SIMCA)</li> <li>• Mínimos Quadrados Parciais para Análise Discriminante (PLS-DA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimos Quadrados Parciais (PLS)</li> <li>• Regressão de Componentes Principais (PCR)</li> <li>• Máquinas de Vetores de Suporte por Mínimos Quadrados (LS-SVM)</li> <li>• Mínimos Quadrados Parciais Multimodo (NPLS)</li> <li>• Mínimos Quadrados Parciais por Intervalos (iPLS)</li> <li>• Regressão Multivariada de Curvas (MCR)</li> <li>• Análise de Fatores Paralelos (PARAFAC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamentos Fatoriais Completos</li> <li>• Planejamentos Fatoriais Fracionados</li> <li>• Planejamento de Misturas</li> <li>• Plackett-Burman</li> <li>• D-optimal</li> </ul>

OBS: A periodicidade das técnicas analíticas instrumentais rápidas é usualmente maior que a dos outros testes analíticos laboratoriais para monitoramento das variáveis críticas indicativas da qualidade do produto.

estudos de longa duração. Também possibilitará validação, ampliação, ou, até mesmo, redução dos limites de extrapolação para prazo de validade adicional de produtos químicos inicialmente propostos na tese de Oriqui (2012), cujos parâmetros foram baseados na indústria farmacêutica.

O objetivo da análise conjunta de quimiometria e estudos de estabilidade, conforme pode ser conferido no Fluxograma 1, é, além de indicar e validar um prazo de validade provisório, a partir de resultados das técnicas analíticas instrumentais rápidas, viabilizar a possibilidade de estipulação de prazo de validade adicional para produtos que atendam determinados requisitos previamente estabelecidos. O prazo de validade adicional, ou revalidação, poderá ser extrapolado a partir dos resultados de estudos de longa duração, devidamente amparado pela aplicação de modelos quimiométricos nos resultados obtidos por meio dos estudos das rotas de degradação do

produto e da correlação entre os dados de técnicas analíticas instrumentais rápidas, tais como infravermelho médio (IR), e infravermelho próximo, por exemplo, e outros resultados de testes laboratoriais. A possibilidade de uso somente de técnicas analíticas instrumentais rápidas para fazer extrapolações viabilizará a revalidação *in loco* de produtos.

A análise conjunta dos dados objetiva correlacionar os resultados das técnicas instrumentais rápidas aos resultados de testes analíticos convencionais.

A correlação dos dados, base para construção do “mapa quimiométrico do produto”, ou ChemoMap, possibilitará, no caso de produtos que não estejam enquadrados na Lei do Código do Consumidor, a instrumentalização dos retestes dos produtos, quando em suas embalagens estiver especificado “data de reteste”, ou a revalidação desses, quando condições mínimas

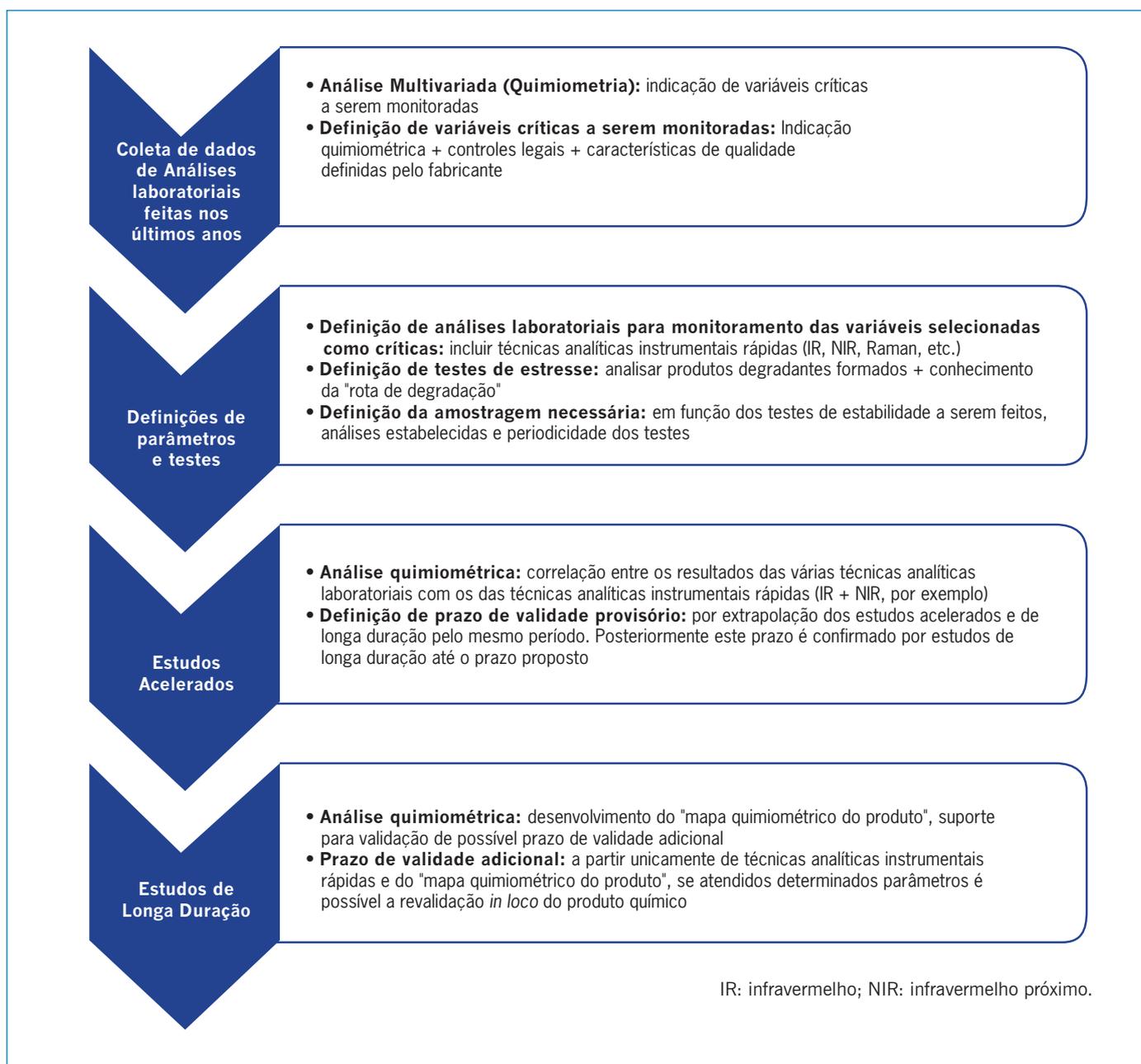
pré-estipuladas forem garantidas e houver identificação inicial de prazo de validade em seus rótulos.

## Conclusão

O descarte de produtos químicos que mantêm suas condições químicas e físicas adequadas é impensável economicamente e ambientalmente sem que se busque uma forma técnica, com devido respaldo jurídico, de se impedir o referido desperdício.

O reteste de produtos químicos, matérias primas puras e misturadas, desde que efetivamente atendam ao mercado industrial e cuja validade seja definida por “data de reteste”, é uma oportunidade imediata para integrar aos processos produtivos um desempenho ecológico maior, bem como contribuir para a questão ambiental.

Já a revalidação de produtos químicos, desde que fundamentada por rigor técnico através da metodologia em desenvolvimento, ChemoMap, e



**Fluxograma 1.** Quimiometria e Estudos de Estabilidade

validada em etapa anterior ao vencimento do produto, é uma alternativa impactante em termos econômicos e ambientais aos produtos químicos que participarão da composição de novos produtos, mercado B2B.

A quimiometria, associada a técnicas analíticas espectrofotométricas adequadas, como o NIR e o IR, apresenta uma solução que viabiliza a determinação dos atributos de qualidade no momento do uso dos

materiais de forma rápida, eficiente e confiável, no caso de retestes, e embasamento técnico contundente no caso de revalidações.

A revalidação de produtos dirigidos ao consumidor final já está sendo estudada em outros países e, possivelmente, trata-se de uma tendência no mercado global.

O programa de extensão do prazo de validade de medicamentos (*Shelf-Life Extension Program* – SLEP),

iniciado em 1986, pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD), juntamente com a agência reguladora *Food and Drug Administration* (FDA), e em vigor, é um exemplo desses estudos em desenvolvimento. O SLEP considerou, desde o princípio, a funcionalidade do programa, os requisitos de rotulagem, os custos-benefícios, bem como sua fundamentação por meio de pesquisas científicas contundentes (KHAN *et al.*, 2014). 🌐

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos*. Brasília: Anvisa; 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução RDC Nº 17, de 16 de abril de 2010. *Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos*. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0017\\_16\\_04\\_2010.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0017_16_04_2010.html)

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Perguntas e Respostas sobre a Resolução – RDC nº17/2010, Boas Práticas de fabricação de medicamentos*, Brasília: Anvisa; 2010. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/6c2f9400474580df8ce2dc3fbc4c6735/MicrosoftWord+-+Perguntas+e+Respostas+RDC+17+Revis%C3%A3o+01+-+21-10-10+enviada+%C3%A0+ASCOM.pdf?MOD=AJPERES>

BRERETON, R.G. Introduction to Multivariate Calibration in Analytical Chemistry, *Analyst*, v. 125, p. 2125-2154, 2000.

DEBARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. *Como Fazer Experimentos: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria*. Campinas: Editora da UNICAMP; 2007. 480 p.

HUYNH-BA, K. *Handbook of Stability Testing in Pharmaceutical Development: Regulations, Methodologies and Best Practices*, Springer; 2008. 389 p.

KHAN, S.R.; KONA, R.; FAUSTINO, P.J.; GUPTA, A.; TAYLOR, J.S.; PORTER, D.A.; KHAN, M. United States Food and Drug Administration and Departments of Defense shelf-life extension program of pharmaceutical products: progress and promise. *J. Pharm Sci*, v. 103 n. 5, p. 1331-1336, 2014.

MUEHLEHALER, C.; MASSONNET, G.; ESSEIVA, P. The application of chemometrics on Infrared and Raman spectra as a tool for the forensic analysis of paints. *Forensic Sci Int*, v. 209, n. 1-3, p. 173-182, 2011.

ORIQUI, L.R.; MORI, M.; WONGTSCHOWSKI, P. Guia para a Determinação da Estabilidade de

Produtos Químicos. *Química Nova*, v. 36, n. 2, p. 340-347, 2013

ORIQUI, L.R. *Guia de estabilidade para a indústria química - definição de prazo de validade e proposição de prazo de reteste*. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

OTTO, M. *Chemometrics: Statistics and Computer Application in Analytical Chemistry*, Weinheim: Wiley-VHC; 2007.

PEDRO, A.M.K. *Desenvolvimento do Método Multivariado Acelerado para Determinação do Prazo de Validade de Produtos Unindo Quimiometria e Cinética Química*. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009

NANOTIMIZE [internet]. Disponível em: <http://www.nanotimize.com.br>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química

<sup>2</sup>Cristalia Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda  
E-mails: [luoriqui@uol.com.br](mailto:luoriqui@uol.com.br) e [jose.martins@nanotimize.com.br](mailto:jose.martins@nanotimize.com.br)



**Oferecemos e cotamos livros técnicos e científicos (nacionais e estrangeiros), assim como normas técnicas de diversas áreas.**

**Despachamos para todo território nacional (PAC e SEDEX)**

**Acesse [www.livrariabiotec.com.br](http://www.livrariabiotec.com.br)**

**Email.: [biotec@livrariabiotec.com.br](mailto:biotec@livrariabiotec.com.br)**

**Tel. fixo 11-4063.0580 Tel cel 11-99441.5574**

# PÓS-GRADUAÇÃO UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

1º DA BAIXADA EM RANKING MUNDIAL SOBRE  
EXCELÊNCIA DE PESQUISAS DAS UNIVERSIDADES

48 CURSOS DE ESPECIALIZAÇÃO  
NAS ÁREAS DE:

ADMINISTRAÇÃO  
AMBIENTAL  
COMUNICAÇÃO  
DIREITO  
EDUCAÇÃO  
EDUCAÇÃO FÍSICA  
ENGENHARIA  
ENSINO A DISTÂNCIA  
ODONTOLOGIA  
SAÚDE  
INFORMÁTICA

UNIVERSIDADE DO  
**GRUPO DE  
EXCELÊNCIA,**  
CONFORME AVALIAÇÃO  
DO MEC

DESCONTOS ESPECIAIS PARA MATRÍCULAS  
ANTECIPADAS, GRUPO DE AMIGOS, EMPRESAS  
CONVENIADAS E EX-ALUNOS DA UNISANTA.  
FINANCIAMENTO EM ATÉ 36 MESES

MESTRADOS em ECOLOGIA e em ENGENHARIA MECÂNICA  
recomendados pela CAPES e reconhecidos pelo MEC.

(13) 3202-7114 / 3202-7104  
INSCRIÇÕES ON-LINE  
[www.unisanta.br/posgraduacao](http://www.unisanta.br/posgraduacao)



PÓS-GRADUAÇÃO  
UNISANTA

# Treinamento de Operadores: do *cockpit* para a sala de controle

Por Kin Yuri Ogura Altoé<sup>1</sup>

Cada vez mais o setor industrial tem de lidar com desafios significativos: mercados oscilantes, diretrizes ambientais mais rígidas e uma pressão constante por uma performance otimizada, maximizando lucros e minimizando gastos e perdas. E, na linha de frente destes desafios, encontram-se os operadores de planta, encarregados de monitorar processos e assegurar seu funcionamento adequado, identificar riscos reais e potenciais e efetuar ações corretivas, sendo diretamente responsáveis por uma performance ótima da planta.

Assim como os processos industriais, o papel do operador de planta também evoluiu. Monitorar e controlar processos e equipamentos, analisar informações e tomar decisões tornaram-se processos ainda mais complexos com as tecnologias emergentes e *loops* de controle mais intrincados. Isto é, algo muito parecido com o que ocorreu com os pilotos da indústria aérea, que, para salvar suas divisas e milhares de vidas, passou a investir em simuladores para treinamento de seus pilotos.

Dentre os benefícios específicos pelos quais a indústria aérea foi contemplada, incluem-se: aumento dos níveis de segurança, maior familiaridade com procedimentos de operação normal e de emergência e queda dos custos de treinamento, tanto financeiros quanto ambientais. E, mediante treinamento de operadores, estes benefícios também podem ser aplicados a diversos setores da indústria.

O treinamento de operadores dá-se através da instalação de um

OTS (acrônimo de língua inglesa para *Operator Training Simulator*), um simulador de treinamento de operadores. O OTS baseia-se num modelo dinâmico de alta fidelidade que reproduz a unidade industrial em seus mais diversos aspectos, como, por exemplo, capacidade produtiva, performance de equipamentos e especificações de alimentação e produto. Este modelo, por sua vez, é integrado com a lógica de controle da planta, seus alarmes e gráficos do sistema supervisor, oferecendo uma experiência de sala de controle com altíssimo grau de realismo.

No OTS, o operador é treinado e avaliado sob diversas situações, desde procedimentos operacionais normais (como *startups* e *shutdowns*), passando por procedimentos de emergência até chegar a cenários específicos do processo em questão. Ao ser treinado e avaliado sob as mais diversas condições, o operador torna-se mais hábil e confiante, tomando as decisões corretas, agindo de maneira precisa e, sobretudo, aprendendo a identificar o momento exato de agir.

Segurança é algo vital quando se trata de processos industriais. Todavia, os benefícios de um OTS não se restringem apenas a este campo.

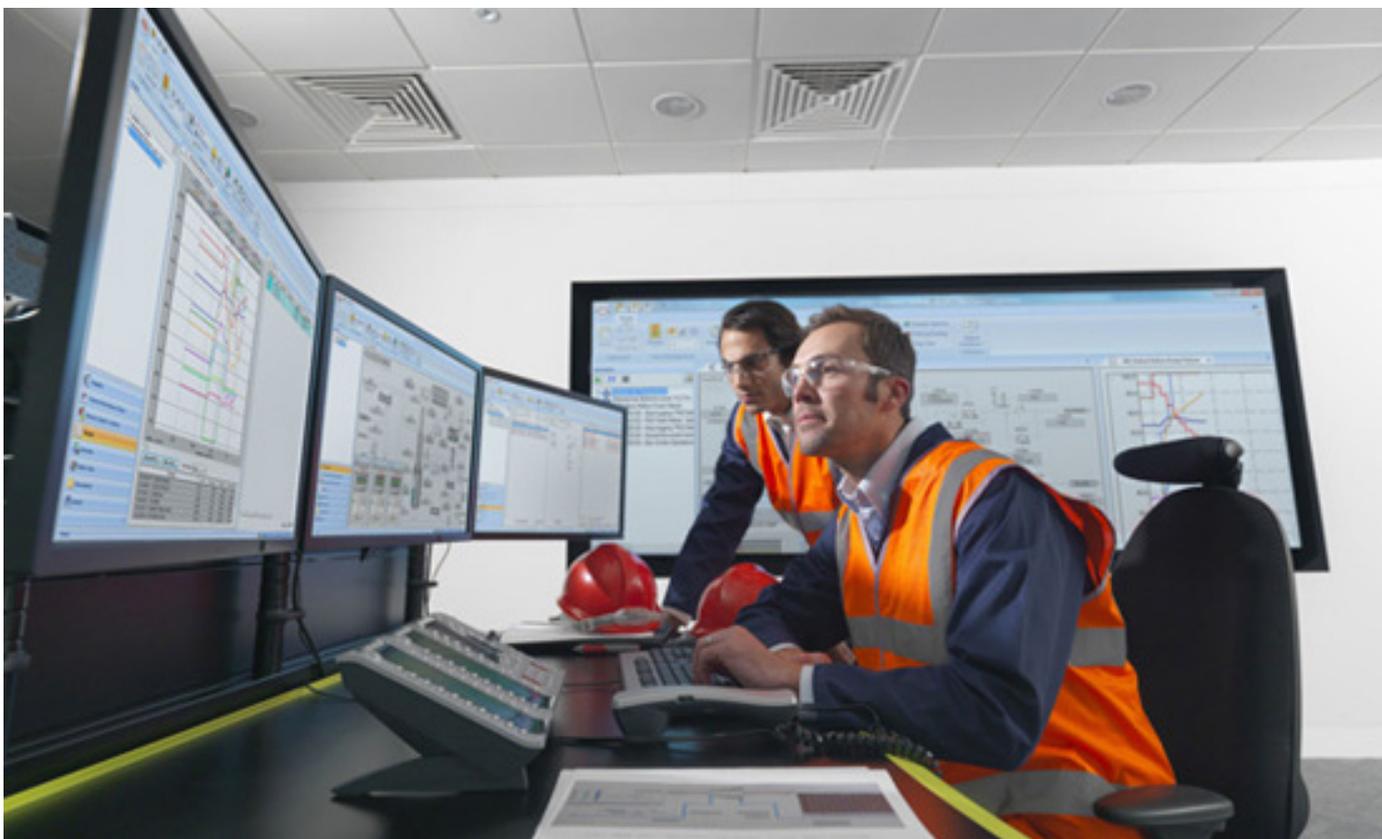
A maioria das situações anormais às quais uma planta está sujeita não resultam, necessariamente, em explosões ou incêndios. Entretanto, não chegam a ser menos custosas, como produção fora de especificação, atrasos, danos aos equipamentos e outros incidentes. Em suma, situações anormais não levantam apenas questões ligadas à segurança e desempenho da

planta, mas também atreladas à perda de produção.

O comissionamento suave de novas unidades de processo, a execução ordenada de procedimentos de *startup* e *shutdown* e sua manutenção em funcionamento com máximo desempenho são pontos-chave para uma operação altamente rentável. E um requisito essencial para alcançar este objetivo é o treinamento do operador que, neste caso, é específico para a unidade de processo. Os custos de um OTS são compensados por *startups* mais rápidos e estáveis, que levam mais rapidamente a uma produção *on spec* e antecipam ganhos. Isto também se aplica à retomada de produção após paradas. Procedimentos operacionais podem ser testados e avaliados, assim como lógicas do *Distributed Control System* (DCS) podem ser validadas, otimizando o desempenho do processo e diminuindo a possibilidade de quaisquer incidentes que envolvam danos ao equipamento, pessoal e meio ambiente e, conseqüentemente, perda de divisas.

A identificação de potenciais problemas de *design*, controle de processo e configuração de lógica anterior ao comissionamento e *startup* também é outro benefício do OTS. O modelo dinâmico do processo integrado à sua lógica, gráficos e alarmes pode ser exercitado a fundo, revelando eventuais erros de projeto e permitindo sua correção.

Procedimentos de operação detalhados são um fator-chave para assegurar um *startup* e uma operação segura e eficiente. Um sistema de OTS é a ferramenta ideal a ser usada por



equipes de Engenharia e Operações quando se trata de transformar procedimentos operacionais em instruções de operação detalhadas completamente testadas e validadas. O período de teste e validação pode identificar etapas faltantes, instruções pouco claras e ações incorretas de maneira sistemática, resultando na redução ou eliminação de acidentes e transições ineficientes.

Os benefícios de um OTS para projetos *greenfield* são mais óbvios, uma vez que os operadores precisam ser treinados para operar uma unidade que ainda não existe. Entretanto, o OTS também traz benefícios para projetos *brownfield*, aprimorando *startups*, reduzindo o tempo de *downtime* e mantendo altos os níveis de produção.

O envelhecimento e a aposentadoria da mão-de-obra também são fatores a serem considerados na utilização de um OTS. Pode-se capturar o

conhecimento e as habilidades de operadores veteranos e documentá-los, construindo uma base de conhecimentos documentada que ajudará na formação da *expertise* dos operadores mais jovens. E a documentação de todo esse *know-how* construído ao longo do tempo evita que maus hábitos sejam passados adiante. Afinal, lições aprendidas não refletem, necessariamente, as melhores práticas.

E os benefícios de um OTS não terminam assim que a unidade entra em produção. Estudos de planejamento de produção e gerenciamento de demanda podem ser conduzidos, por exemplo. Com o uso contínuo do simulador pode-se melhorar a performance e aumentar a confiabilidade do processo mediante a experimentação de novos cenários de produção, sem que ponha-se em risco equipamento, pessoal e divisas.

Apesar dos modernos sistemas de controle e monitoramento, as plantas

**“O uso de simuladores melhora a performance e aumenta a confiabilidade do processo. Novos cenários são experimentados sem riscos”**

de processo continuam a contar com a intervenção do operador durante *startups*, *shutdowns* e quaisquer outros possíveis eventos. E um operador de planta bem treinado estará, certamente, apto a lidar com qualquer situação, não cometendo erros potencialmente dispendiosos e que ponham vidas em risco.👉

<sup>1</sup>Engenheiro de Simulação – Honeywell Automation and Control Solutions. KinYuri. [Alttoe@Honeywell.com](mailto:Alttoe@Honeywell.com)

Conheça nossas obras de Engenharia Química...



**EDITORA INTERCIÊNCIA**

Site: [www.editorainterciencia.com.br](http://www.editorainterciencia.com.br)  
Contato: [vendas@editorainterciencia.com.br](mailto:vendas@editorainterciencia.com.br)  
Tel: (21) 2581-9378 / 2241-6916

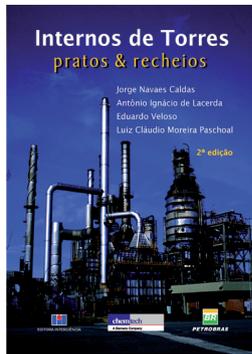
A Editora

A Editora Interciência está presente no mercado editorial brasileiro desde 1973, editando livros técnicos e científicos com o objetivo de levar aos estudantes, profissionais da indústria, pesquisadores e professores livros de qualidade, elaborados por profissionais altamente capacitados.

Em 1995 passou a dar maior ênfase a obras de autores brasileiros, renomados profissionais de nossas universidades, empresas públicas e privadas; valorizando, assim, o gigantesco potencial de compilação de obras técnicas, utilizando modelos nacionais e dentro da realidade brasileira.

Em nosso fundo editorial podemos destacar as seguintes áreas: engenharias (mecânica, elétrica, civil, eletrônica, petróleo, etc.), ciências exatas, ciências biológicas, geociências, ciência da informação, química entre outras.

A Editora Interciência publica, também, livros de interesse geral pelo selo editorial Pluri Edições e livros na área de saúde pelo selo Galenus.



... e muito mais! Acesse o nosso site...  
[www.editorainterciencia.com.br](http://www.editorainterciencia.com.br)



**EdUFSCar**

**Editora da Universidade Federal de São Carlos**

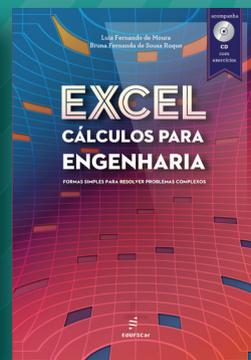
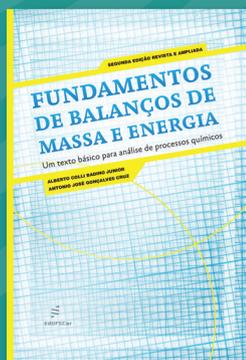
[www.editora.ufscar.br](http://www.editora.ufscar.br)

 /editora.edufscar

 @edufscar

Conheça alguns de nossos títulos

Rita S. Lombardi  
EdUFSCar - Vendas  
Telefone: (16) 3351-9621  
Fax: (16) 3351-8014  
E-mail: [contatos@ufscar.br](mailto:contatos@ufscar.br)



**20% de desconto para os associados da ABEQ**

Apoio:



**ABEQ** Associação Brasileira de Engenharia Química

# Inovação

Por Hely de Andrade Júnior<sup>1</sup>

O tema *inovação* passou a fazer parte do dia-a-dia dos meios de comunicação e de empresas e instituições. São divulgadas ações, eventos, cursos de ensino superior e todo tipo de ocasião para divulgar a necessidade de atitudes para promover a inovação.

Correndo o risco de tratar do tema da moda, este artigo procura esclarecer como pode ocorrer inovação na Engenharia Química, reconhecida uma das mais inovadoras áreas da tecnologia.

As considerações do autor estão baseadas na sua experiência e na de colegas da profissão que nos estimularam a tratar desse assunto. Os casos mencionados ilustram de forma prática projetos de desenvolvimento na área da Engenharia Química que inovaram em alguma medida. Outra fonte de estudos, leitura de livros e artigos sobre inovação aparecem citados nas referências ao fim deste artigo.

Inicialmente, devo mencionar que a inovação é considerada muitas vezes como um imperativo de fé e cujos segredos são dados somente aos sacerdotes desse culto. Nesse ponto de vista, a inovação requer recursos financeiros e humanos em grande quantidade e centralizados em universidades e centros de pesquisa, na maior parte de origem governamental e em menor proporção em empresas e instituições particulares. Dessas últimas sempre se lamenta o pequeno investimento e interesse.

Proponho que é hora de rever esse paradigma. De fato ele se refere a descobertas que sejam aplicadas na prática e que sejam baseadas em fatos novos

cientificamente comprovados. Essa é a área mais visível e talvez a mais importante para o futuro. Esse modelo mental se aplica bem a áreas de fronteira do conhecimento. Os problemas que são discutidos nessa área são ligados às ações necessárias para transformar o conhecimento em novas aplicações práticas. É o caso da ênfase em número de patentes, parâmetro que mostra o Brasil em situação crítica em relação a outros países.

O que dizer ou fazer de um país que tem 8,5 milhões de km<sup>2</sup> de área territorial e quase dois terços de seu território cobertos pela mata amazônica e que tem outra área semelhante chamada de Amazônia Azul, compreendendo as 200 milhas de mar territorial ao longo de quase 8 mil km de extensão? Esses imensos territórios estão longe de serem conhecidos.

Na região amazônica foram encontradas 26 "anomalias", que são os sinais de potenciais jazidas minerais. Cerca de quatro são conhecidas. As de potássio podem tornar o Brasil independente desse insumo para adubos. Hoje o país importa 90% do consumo nacional.

O potencial técnico e econômico, a necessidade de conhecer, mais o próprio tamanho da empreitada mostram que há muito o que fazer e as pesquisas decorrentes tomarão décadas para serem desenvolvidas.

Os programas de pesquisa incentivados por governos e coordenando grupos de pesquisadores e institutos de pesquisa são indispensáveis para esses problemas "macro".

As inovações baseadas nesses conhecimentos novos acontecem de forma demorada. As jazidas de óleo e gás

da Bacia de Santos foram descobertas em 1978-79 é só recentemente passaram a produzir comercialmente.

Há muitas oportunidades latentes no conhecimento adquirido que estão disponíveis no baú da memória. Elas não são necessariamente técnicas. A inovação decorre de um novo olhar sobre a realidade e a proposição de nova situação. A solução do problema decorre de muitas fontes de inspiração.

Essas são inovações que podem ser criadas quase que de imediato, muitas vezes com pouco esforço ou custo. Essas condições ocorrem quando o nosso inconsciente usa todas as informações e memórias adquiridas para criar algo novo. O estudo desse fenômeno foi designado por Bazarian (1986) como "intuição criativa".

Para conhecer a tipologia, os mecanismos e as explicações da intuição criativa recomendo o livro: *Intuição Heurística*, de Jacob Bazarian (BAZARIAN, 1986).

Considero que a inovação tem sido cercada de todo um cerimonial que impede a criatividade indispensável para o surgimento de ideias inovadoras. As exigências são tantas e tais que 80% do trabalho é usado para satisfazer a burocracia e os controles e só 20% é usado para as atividades inovadoras.

Imposição de regras, demandas de certeza sobre os resultados, uso de parâmetros de controle e relatórios circunstanciados, sendo todos impostos *a priori* inibem a inovação. Tanto em empresas como nos órgãos de fomento há problemas por não reconhecerem que há riscos nas atividades inovadoras e que erros são, por definição, parte do processo de inovação.

Há ambientes onde controles rígidos geralmente apontam erros cometidos e quase nunca detectam erros por omissão. Nesses ambientes também não costuma haver recompensa para quem inova. Como esperar que as pessoas nessas circunstâncias assumam os riscos para inovar?

Há anos, em 1966, um colega e eu recebemos a responsabilidade de propor meios para aumentar de 3 t/h para 5 t/h a capacidade de produção das torres de sopragem (*spray dryers*) usadas para fabricação de detergentes em pó. A única exigência foi apresentar um relatório ao fim de um mês da data da incumbência.

Conseguimos inovar aumentando a quantidade de material a ser seco e proporcionalmente a entalpia e a quantidade de ar quente para secagem. Eu realizei os testes para determinar os limites da velocidade máxima de ar na torre para evitar arrastar o pó para a exaustão.

Em 1967 a primeira torre modificada entrou em operação e produziu 5 t/h ou mais. Em 1968, enquanto a segunda torre era modificada, soube que as torres do Brasil eram as de maior produtividade (produção para seu tamanho) entre aproximadamente 32 países e muitas torres. Em 1966, com a provação do primeiro projeto em Londres, ambos fomos promovidos, sendo que antes disto recebi 25% de aumento de salário.

As torres novas na multinacional continuaram a ser projetadas da mesma forma até 1970.

No fim de 1969 eu recebi o encargo de duplicar a fábrica existente, o que incluía instalar uma torre muito maior, para 10 t/h de capacidade nominal. Em discussões em Londres, modifiquei o projeto visando chegar à mesma eficiência das torres existentes e modificadas por nós, mudando o projeto desses equipamentos definitivamente. Circunstancialmente, as torres modificadas inicialmente foram as de maior produtividade em todos os lugares do mundo onde a

multinacional operava e por isso tinha a credibilidade para alterar as bases de projeto. Um pouco antes, cerca de um mês, duas torres iguais estavam sendo montadas na Holanda e na Espanha para produzir 10 t/h. A “minha torre” no dia da partida produziu 13,6 t/h e chegou a 25 t/h com todas as modificações e investimentos posteriores que haviam sido previstos no projeto.

Mais recentemente forneci o projeto de uma unidade para produção de detergentes líquidos, desinfetantes e amaciantes para lavagem de tecidos.

Recebi elogios pelas novidades para a troca de produto em menos de 10 minutos (SHINGO, 2004) baseadas em conceitos que este autor desenvolveu na TOYOTA. Esta inovação reduziu drasticamente o capital de giro porque somente são produzidos os produtos que estão sendo vendidos.

Nenhuma pessoa mencionou que a planta não tem esgotos, pois isto não se vê. O processo não gera resíduos e desperdícios de produtos ou matérias primas.

As duas inovações são interligadas pelo projeto dos tanques de mistura de produtos, pelo projeto do sistema *Cleaning In Place* (CIP) e pelo processo para recuperação das águas de lavagem. O projeto foi baseado em testes e conceitos simples. A redução do capital de giro pode ser medida em milhões de reais, considerando a capacidade de produção inicial e atual.

Quando iniciei a publicação desta coluna da REBEQ, recebi correspondência do colega e amigo, o Eng<sup>o</sup> Antônio José Saraiva que concorda comigo, de que a Inovação na Engenharia Química precisa ser “desmistificada” e sobre tudo ser considerada simples. Ele relata que o tempo para limpeza e descontaminação de vasos quando de parada de unidades demora porque os tempos são fixos e baseados em experiências prévias.

**“ Para que uma empresa tenha ambiente para inovação, é necessário ter uma cultura de tolerância ao insucesso. Quando uma inovação é de fato novidade, há uma possibilidade de que não dê certo. Se o erro for reconhecido e as causas analisadas, sem punição, a próxima inovação virá naturalmente. Caso contrário, outra inovação dificilmente vai ocorrer ”**

Monitorando a concentração dos gases combustíveis ou perigosos foi possível controlar os tempos de descontaminação e ganhar muitas horas para realizar os trabalhos da parada de unidade. A redução de custos é substancial.

Estes exemplos são casos em que uma ou mais ideias simples permitiram introduzir inovações na prática. Muitos outros casos podem ser citados, mas se me permitem, gostaria de receber os seus.

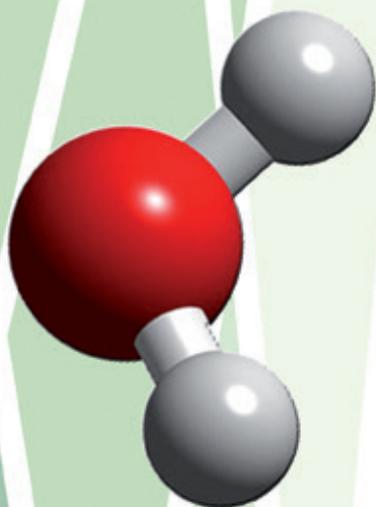
Este assunto merece mais espaço e vou voltar a ele em mais artigos nas próximas edições da REBEQ. 📧

## Referências

BAZARIAN, J. *Intuição Heurística*. 3ª ed. São Paulo: Alfa Ômega; 1986.

SHINGO, S. *The SMED system*. PART I, PART II. Single minute exchange of dies. Cambridge: Productivity Press; 2004.

<sup>1</sup>Conselheiro da ABEQ e presidente por quatro mandatos



# Minicursos CRQ-IV

Inscrições abertas para a edição 2015

TREINAMENTOS GRATUITOS

INFORMAÇÕES: [www.crq4.org.br](http://www.crq4.org.br)

Realização



Apoio

**CAIXA**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

A sailboat with a white sail is the central focus. The sail features two logos: 'ENBEQ 2016' and 'COBEQ 2016'. The background is a beach scene with a blue sky, water, and a wooden structure on the shore.

O maior evento  
brasileiro em  
Engenharia Química  
aguarda por você!

Venha inovar  
com a gente no:

**XXI Congresso  
Brasileiro de  
Engenharia  
Química**

25 a 29 de setembro  
Fortaleza/CE

**COBEQ  
2016**

Mais informações:  
[www.cobeq2016.com.br](http://www.cobeq2016.com.br)