THE PRINCIPLES OF GREEN CHEMISTRY AND THE ANALYTICAL LABORATORIES SUSTAINABILITY

OS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE E A SUSTENTABILIDADE DOS LABORATÓRIOS ANALÍTICOS

BARBOSA, Leandro Silva^{1*}; DA ROCHA, Genilda Pressato²; TEIXEIRA, João Ricardo Fonseca³;
^{1,2,3} SENAI-RJ -CTS- Ambiental - FIRJAN – Centro de Tecnologia Ambiental, Rua Moraes e Silva, 53, cep
20271-030, Rio de Janeiro – RJ, Brasil
(fone: +55 21 3978-6112)
* *Autor correspondente*

e-mail: grocha@firjan.org.br

Received 29 June 2015; received in revised form 03 September 2015; accepted 04 September 2015

RESUMO

As preocupações ambientais vêm apresentando um peso importante nos processos industriais e dos laboratórios analíticos, para cumprimento dos requisitos legais com a finalidade de se manterem competitivos e em funcionamento. Dentre esses aspectos os parâmetros de potabilidade da água (MS Port. 2.914) e os critérios e padrões para lançamento de efluentes possuem um destaque importante, não só relacionados às questões ambientais, mas também nos custos elevados para o tratamento, análise e disposição adequada dos resíduos. Os processos analíticos demandam tecnologia avançada para a quantificação das substâncias, nos limites requeridos legalmente, necessitando de investimentos em novas técnicas e equipamentos analíticos cada vez mais avançados, nesse contexto o esverdeamento nos processos analíticos reduz os custos e a geração de resíduos pertinentes às etapas de análise. O presente trabalho aborda o emprego da química verde na metodologia de análise para hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), demonstrando a otimização dos recursos financeiros e ambientais. No atendimento legal das normas, necessita-se de técnicas analíticas cada vez mais avançadas, nesse contexto o “esverdeamento” de processos analíticos sob a luz da sustentabilidade vêm ganhando destaque mundial. O presente trabalho aborda essa aplicação na metodologia de análise de HPAs, demonstrando a otimização financeira e ambiental.

Palavras-chave: *Otimização de recursos; Sustentabilidade; Análises químicas.*

ABSTRACT

Environmental concerns have shown an important role in industrial processes and analytical laboratories for compliance with legal requirements in order to remain competitive and running. Among these aspects the water potability parameters (MS Port. 2914) and the criteria and standards for effluent discharge have a major highlight, not only related to environmental issues, but also in high costs for treatment proper analysis and disposal of residues. The analytical processes require advanced technology for the quantification of substances in the legally required limits, requiring investment in new techniques and analytical equipment increasingly advanced in this context greening the analytical processes reduces costs and the generation of waste relevant to the steps of analysis. This paper discusses the use of green chemistry in the analysis methodology for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) demonstrating sustainable optimization. In legal questions standards the analytical techniques increasingly advanced in this context the "greening" of analytical processes in the light of sustainability in global prominence. This paper addresses this application on PAHs analysis methodology, demonstrating the financial and environmental optimization.

Keywords: *Optimization of resources; sustainability; Chemical analysis.*

INTRODUÇÃO

A explosão populacional e o avanço da tecnologia para satisfazer tanto as necessidades básicas das pessoas, quanto para atender a criação de novos mercados consumidores, tem nas últimas décadas, potencializado o aumento do número de novas substâncias químicas desenvolvidas. Ferreira (2007) relata que a estimativa da produção global de compostos químicos sintéticos tenha aumentado de um milhão de toneladas para 400 milhões de toneladas entre a década de 1930 e os dias atuais.

Estas substâncias, ainda desconhecidas na sua maioria, foram e são lançadas no mercado consumidor, doméstico ou industrial, sem restrições ou sem conhecimento de seus impactos ambientais de médio e longo prazo.

Assim, estamos em contato com um grande número de substâncias cujos efeitos são desconhecidos.

Além disso, estas substâncias podem reagir entre si gerando novos produtos químicos dos quais temos pouco ou nenhum conhecimento sobre suas propriedades. Infelizmente, tem sido dedicado pouco estudo à interação desta enorme variedade de novos compostos e seus subprodutos no meio ambiente, bem como pouca atenção foi dispensada ao gerenciamento adequado desses produtos químicos.

A preocupação em relação à utilização de recursos naturais e disposição de resíduos oriundos das atividades antrópicas, vêm ganhando maior importância com o passar dos anos e uma série de normas e legislações são elaboradas com intuito de restringir o uso de diversos compostos e gerenciar a sua disposição segura e adequada para o meio ambiente. No Brasil dispomos para a avaliação de potabilidade de água da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) MS-Port. 2.914 de 2011 e para o lançamento de efluentes, no caso do estado do Rio de Janeiro, a norma do INEA (Instituto Estadual do Ambiente) NT-202.R-10 de 1986 que dispõem os valores máximos permitidos para as substâncias que podem causar danos à saúde e ao meio ambiente. Dentre essas substâncias avaliadas está o benzo(a)pireno, composto poliaromático pertencente à família dos HPAs.

O Brasil dispõe de um dos sistemas legais mais avançados do mundo quando se trata de meio ambiente, porém sofre com um baixo grau de implementação e de sanções ao seu descumprimento. Tal fato é evidenciado em relação às multas aplicadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) com base na Lei de Crimes Ambientais nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Essa situação pode comprometer novas legislações capazes de promover a Economia Verde, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)- Lei nº 12.305/10, dentre outras.

Além da aprovação das leis, é necessário que o Estado e a sociedade entendam os benefícios do cumprimento das mesmas e cobrem por isso.

No vasto campo da Química, a necessidade de inovação tecnológica vinculada à sustentabilidade recebeu algumas recentes denominações, tais como: química verde, química ambiental ou simplesmente química para o desenvolvimento sustentável. Esse assunto tem sido pauta de chefes de estado em diversos encontros e vem demonstrando possibilidades para o setor industrial com as possibilidades de redução nos custos futuros após a sua implantação e a diminuição na geração de resíduos. [1;3;4]

Após elaboração da Agenda 21 – Rio de Janeiro/Brasil, 1992, foi estabelecido, na Itália, o Consórcio Universitário Química para o Ambiente (INCA) em 1993, com o objetivo de reunir grupos acadêmicos envolvidos com química e ambiente. Uma de suas áreas de atuação é a prevenção da poluição através da pesquisa sobre reações, produtos e processos mais limpos.

Em 1997 foi criado o *Green Chemistry Institute* (GCI), que desde janeiro de 2001, vem atuando em parceria com *American Chemical Society* (ACS). No mesmo ano, em setembro, a *International Union for Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) organizou sua Primeira Conferência Internacional em *Green Chemistry*, em Veneza; em julho de 2001 aprovou a criação do Sub-Comitê Interdivisional de *Green Chemistry* e em setembro foi realizado o Workshop sobre Educação em *Green Chemistry* da IUPAC. Em 2001, ocorreu também a Conferência CHEMRAWN XIV (*The Chemical Research Applied To World Needs*), realizada na Universidade do Colorado (EUA), que teve como

tema a “Busca por Produtos e Processos Benignos ao Ambiente”. Este evento, organizado pela IUPAC, ACS e GCI, contou com mais de 140 trabalhos relacionados ao tema. [3]

Neste contexto pode-se verificar que as questões ambientais relacionadas à química vêm ganhando importância, fato esse comprovado pelo crescente quantitativo de publicações ao longo de alguns poucos anos demonstrados nas figuras 1 e 2.

A Química Verde zela por: uso de fontes renováveis ou de matéria-prima recicladas; aumento da eficiência de energia ou a utilização de menos energia para produzir a mesma ou maior quantidade de produto; evitar ou minimizar uso de substâncias persistentes, bioacumulativas e tóxicas.

MÉTODOS

No âmbito dos laboratórios que executam análises químicas, os principais problemas enfrentados estão relacionados a: A) necessidade de grandes volumes de amostras; B) consumo de solventes que muitas vezes correspondem a compostos halogenados empregados em processos de extração e; C) posterior disposição desses resíduos que necessitam ser gerenciados de modo adequado, implicando muitas vezes em elevados custos. [5]

A Química Analítica Verde teve seu processo embrionário nos conceitos da Química Verde e possui como principais estratégias: o monitoramento on-line e a medição direta nas amostras (sem pré-tratamento ou extração); a substituição de reagentes tóxicos; a redução dos procedimentos e etapas em instrumentação; a automação e avaliação on-line de efluentes, com a finalidade de otimizar os recursos e mitigar os problemas já apresentados.

A utilização dos princípios da Química Verde (“esverdeamento”) nos processos laboratoriais e nas respectivas atividades de suporte só pode ser bem-sucedida com o apoio da alta direção das empresas ou dos órgãos financiadores, pois necessitam de investimentos elevados na implantação. Para isso terão que estar conscientes dos benefícios tácitos destes processos em prol da sustentabilidade e responsabilidade socioambiental da empresa além da otimização de recursos e de processos produtivos.

A aplicação dessa nova abordagem na

otimização do processo de extração de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) das matrizes aquosas ambientais compreende o processo de extração em fase sólida (SPE) [6], e a extração líquido-líquido (utilizada no CTS-Ambiental), que possibilita os seguintes ganhos tangíveis. Nos baseamos num quantitativo de uma média de 7 ensaios/mês durante um ano.

- Redução da quantidade de amostra utilizada: 350L/ano (reduz gastos com coleta, transporte, armazenagem e descarte final); economia estimada em R\$ 2.900/ano;
- Redução de reagentes necessários ao andamento da análise: R\$ 16.000/ano;
- Redução no tempo de análise: 3.100 h/ano, equivalente a R\$ 51.500/ano;
- Redução com gastos na disposição de resíduos: 2,34% da despesa com a empresa contratada; R\$ 1.300/ano.
- Economia total estimada: R\$ 71.700/ano.

No tocante a implementação desta nova metodologia de extração, não se faz necessário à aquisição de novos equipamentos e, ainda, no estudo realizado foram verificadas que as incertezas de medição dos HPAs são menores que no método de extração atualmente empregado (líquido-líquido), estando alinhada à melhoria em nossa capacidade de medição. Além da questão financeira, a redução do tempo de preparo da amostra aumenta nossa capacidade de produção e a utilização de solventes menos agressivos e em menor quantidade minimiza a exposição do profissional e diminui a disposição de resíduos no meio-ambiente. [6]

CONCLUSÕES:

Com a identificação das oportunidades de aplicação é possível à estruturação de projetos específicos que permitam alcançar o almejado alinhamento dos processos laboratoriais analíticos com as mais modernas concepções e práticas de sustentabilidade ambiental, sob uma visão inovadora dentre as tecnologias limpas, minimizando custos e resíduos dispostos ao meio ambiente e a exposição dos profissionais a compostos tóxicos instigando o mercado empresarial a processos menos impactantes mais eficientes e seguros.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao Sistema Firjan pelo estímulo à produção científica e a seus colaboradores, além do apoio da FINEP pelo projeto RESAG.

REFERÊNCIAS:

1. Prado, G. S.. "Química Verde, os desafios da química do novo milênio". *Quim. Nova*, **2003**, 26, No. 5, 738-744.
2. Ferreira, P.. "O desafio das alterações climáticas: o olhar para além de nossas fronteiras". *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, **2007**, 2, No. 5.
3. Lenardão, E. J.; Freitas, R. A; Dabdoub, M. J.; Batista, A. C. F.; Silveira, C. C. "Green chemistry: os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa". *Quím. Nova*, **2003**, 26, n. 1.
4. Rodrigues, G. D.; Da Silva, L. H. M. Da Silva; M. C. H. "Alternativas verdes para o preparo de amostra e determinação de poluentes fenólicos em água". *Quim. Nova*, **2010**, 33, No. 6, 1370-1378.
5. La Guardia, M.; Garrigues, S.. "Handbook of Green Analytical Chemistry". *United Kingdom: John Wiley*, **2012**, pp. 1-15.
6. Cavalcante, R. M.; Filho, N. S.; Viana, R. B. V.; Oliveira, R. N.; Nascimento, R.F.. "Utilização da extração em fase sólida (SPE) na determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em matrizes aquosas ambientais". *Quim. Nova*, **2007**, 30, No. 3, 560-564.

Figura 1. Quantitativo de publicações com o termo "green chemistry" na base de dados da CAPES - Acesso setembro 2014.

Figura 2. Quantitativo de publicações com o termo "green analytical chemistry" na base de dados da CAPES - Acesso setembro 2014.