

# Desenvolvimento da Química Verde no Brasil

José Osvaldo Beserra Carioca<sup>1,2</sup>; Maria de Fatima Ludovico de Almeida<sup>3</sup>

1- Universidade Federal do Ceará

2- Centro de Energias Alternativas e Meio Ambiente

3- Pontifícia Universidade Católica-RJ

## 1. Introdução

As grandes conferências das Nações Unidas sobre o meio ambiente realizadas no final do século XX, sendo elas, a Conferência de Estocolmo-1972 que focou a preservação da natureza, a do Rio-92, que focou o meio ambiente e no desenvolvimento sustentável, e a Conferência de Johannesburgo realizada em 2002 com o objetivo de avançar no desenvolvimento sustentável, representam um esforço extraordinário dos chefes de Governos no sentido de avaliar, monitorar e propor estudos, programas e políticas sobre as questões ambientais, as suas causas e as conseqüências sobre sustentabilidade econômica, social e ambiental, notadamente sobre as mudanças climáticas [1]. Entretanto, foi o Clube de Roma em 1967 [2] onde foi levantada a principal questão relacionada com as mudanças climáticas. Segundo eles, o elevado consumo de petróleo e de seus derivados usados na geração de energia elétrica e no setor de transportes, são os responsáveis pela elevada concentração de dióxido de carbono na atmosfera, hoje da ordem de 300ppm. Além deste importante indicador, outras ações antrópicas provocados pela ação humana como o lançamento dos resíduos urbanos e os efluentes domésticos no meio ambiente sem qualquer tratamento, bem como a queima e devastação das florestas [3], contribuem fortemente para alterar o meio ambiente no que diz respeito à necessidade de se utilizar os recursos naturais como fonte de matérias primas e insumos para a produção de alimentos, fibras e a indústria química. No que diz respeito ao Brasil, a publicação

preparada pelos professores Carioca & Moraes [4] apresentada no Workshop Internacional sobre Química Verde realizado em Fortaleza em junho de novembro de 2007 apresenta uma análise sintética desta problemática. Em 1985 o ICCA – Conselho Internacional das Associações Químicas propôs um novo conceito, o qual seja “atuação responsável” [5], para expressar as preocupações que são relacionadas com os estudos e as avaliações para controlar as ações de redução dos impactos nas indústrias químicas. No Brasil estas ações estão a cargo da ABIQUIM [6], membro do ICCA. Hoje, o Canadá e a Holanda já fazem uso desta nova abordagem para quantificação dos impactos nas contas nacionais. Paralelamente, nasceu uma mensagem nova para a indústria cunhada através do conceito do “Tree Bottom Line Principle”, onde se coloca e se prioriza o mesmo nível de responsabilidade para as questões; ambientais, técnico, e econômico - sociais [4], [7], [8], [9].

No atendimento das ações propostas pelas conferências internacionais sobre o meio ambiente, faltava, portanto, uma ação dirigida às ações científicas, tecnológicas por parte da academia para iluminar, avaliar, controlar e propor novas visões sobre o papel da química no que diz respeito às causas destes sérios problemas que estão contribuindo para promover estas sérias mudanças no habitat terráqueo. O movimento relacionado com o desenvolvimento da Química Verde começou no início dos anos noventa, principalmente nos Estados Unidos na EPA [8], seguido pela Inglaterra e Itália, com a introdução de novos conceitos e valores para

as diversas atividades fundamentais da química, bem como, para os diversos setores da atividade industrial e econômica correlatos. Esta proposta logo se ampliou para envolver a IUPAC e a OCDE no estabelecimento de diretrizes para o Desenvolvimento da Química Verde em nível mundial. A reunião de Paris envolvendo a IUPAC-OECD [8], em junho de 1999, recomendou a difusão deste programa pelas nações, instituições acadêmicas e industriais, inclusive sugerindo a criação de redes de pesquisas e o estabelecimento de prêmios para estimular o desenvolvimento da Química Verde entre os jovens cientistas. Foi reconhecido, portanto, que os processos constituem o núcleo de todos os impactos sobre os sistemas produtivos e o meio ambiente conforme ilustrado na Figura 1 que segue [10].

Dentro do contexto global, estavam assim comprometidos todos os chefes de Estado, instituições normativas do meio ambiente, universidades e centros de pesquisas no sentido de promover ações efetivas voltadas direta ou

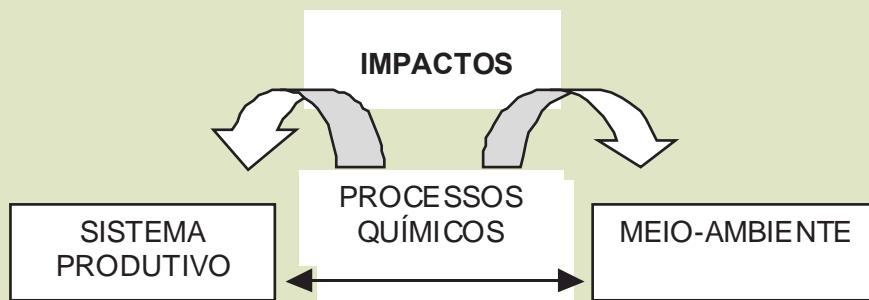
indiretamente para o papel da química, dos seus profissionais e a própria indústria química, para com a sustentabilidade futura do planeta. Esta missão é ainda mais comprometedoramente uma vez levada em consideração que o petróleo é na atualidade a principal fonte de energia, matérias primas e insumos para sociedade industrial moderna, e mais ainda, que as suas reservas começaram a declinar [10]. Urge, portanto, ações científicas e tecnológicas para o correto uso dos recursos renováveis do planeta, notadamente a biomassa. Esta é, pois, a grande missão que a química, a engenharia química e as outras áreas correlatas têm com a promoção do ensino, a formação de pessoal qualificado para garantir a sustentabilidade futura da sociedade industrial.

Para o Brasil, esta ameaça constitui uma excepcional oportunidade no sentido de promover o correto uso da biomassa como fonte de energia e matérias primas, pelo fato de que somos um país tropical, com a maior biodiversidade de animais e plantas do planeta, as quais podem ser cultivadas

#### Oswaldo Carioca: apresentação no Encontro da EBQV



**Figura 1**  
**Impactos dos processos químicos sobre o meio ambiente e os sistemas produtivos**



**Produção de Energia ? Energias renováveis (Agroenergia)**

**Produção Industrial ? Tecnologias limpas, Biocombustíveis, controle das emissões, uso de materiais renováveis e biodegradáveis, efluentes, reuso de águas Industriais, etc.**

**Produção Agrícola/Florestal ? Proteção contra desmatamentos, erosão, contaminação do lençol freático, etc.**

**Sistema Habitacional ? Processamento do lixo, efluentes**

**Sistema Terciário ? Resíduos sólidos, reuso de águas, etc.**

em solo ou em meios aquáticos, possuindo ainda extensas áreas adequadas a estes cultivos, o que pode gerar emprego e renda no campo diminuindo a pressão social e econômica nas cidades. Para tanto, se faz necessário uma ação política voltada para fundamentar o novo horizonte educacional e industrial do país, através de políticas sustentáveis, da preparação dos novos recursos humanos e do desenvolvimento científico e tecnológico requerido pelas empresas nacionais para sermos uma sociedade sustentável e um país líder na utilização dos recursos renováveis.

Neste sentido, um grupo de pesquisadores das universidades e centros de pesquisas brasileiras, além de membros da ABIQUIM vem acompanhando o desenvolvimento da Química Verde no exterior e promovendo ações efetivas no país para se instalar um programa de Química Verde, Química Ambiental e/ou Química para a Sustentabilidade, o qual seja respaldado por uma política do Governo Federal sobre a sustentabilidade industrial. Em nível nacional, estes trabalhos tiveram início nos fim dos anos noventa nos trabalhos apresentados na primeira reunião de avaliação dos primeiros projetos do Fundo Setorial do Petróleo, onde este grupo recebeu o apoio formal de seus

membros, bem como de seus amigos da FINEP, os quais recomendaram a constituição de um grupo de trabalho no CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos do MCT para aprofundar as discussões e as proposições sobre esta temática.

É importante lembrar que este grupo recebeu em seguida, o apoio de representantes de várias confederações de indústrias, notadamente da FIEC - Ceará, os quais receberam posteriormente o apoio da Confederação Nacional das Indústrias - CNI.

As associações de classe como a ABQ - Associação Brasileira de Química [11], ABEQ - Associação Brasileira de Engenharia Química [12] e ABIQUIM - Associação Brasileira das Indústrias Químicas [6] foram unânimes no reconhecimento da importância deste esforço no sentido de que a Química Verde constitua um instrumento fundamental para o atendimento da sustentabilidade no nosso país, e mais do que isto, possa gerar riqueza com base nos recursos naturais brasileiros.

Neste particular, convém destacar que a ABQ escolheu o tema da Química Verde como prioritário em várias de seus eventos anuais ao longo do país, visando levar a mensagem da Química Verde aos pesquisadores e estudantes. Por sua vez, a ABEQ e a ABIQUIM continuam trabalhando em prol do

desenvolvimento sustentável conjuntamente com as indústrias nacionais.

No âmbito político, tem sido considerado estratégico o reconhecimento e a colaboração prestada pelo Senador Inácio Arruda, membro da Comissão Mista de Acompanhamento das Mudanças Climáticas (Câmara-Senado), que juntamente com o ex-Vice-Governador do Estado do Ceará, Prof. Dr. Francisco Pinheiro, apoiaram a realização do primeiro Workshop Internacional da Química Verde em Fortaleza em Novembro de 2007, com o apoio institucional do CENEA – Centro de Energias Alternativas e meio Ambiente.

Dentre as inúmeras sugestões apresentadas no Workshop de Fortaleza, a idéia de criação de uma Rede Brasileira de Química Verde – RBQV integrada com a Escola Brasileira de Química Verde - EBQV foi considerada a mais importante [13].

A idéia é avançar nas pesquisas sobre temas de interesse da inovação na indústria nacional conjuntamente com os trabalhos da Escola que visa avançar na formação de pessoal e levantamento de temas estratégico para que o nosso país possa liderar o uso dos recursos renováveis para fins de produção de energia e produtos químicos.

Os resultados deste encontro foram considerados um marco científico e tecnológico para o nosso país.

Logo após estes encontros, esses resultados foram encaminhados ao Ministro Sergio Rezende da Ciência e Tecnologia, a Diretoria do Centro de Pesquisas da Petrobrás, tendo em vista o apoio fundamental prestado por estas instituições ao desenvolvimento deste programa.

Também estes resultados foram encaminhados a Presidência do CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, para aprofundamento da temática e equacionamento de uma proposta de programa nacional, a qual foi apresentada durante a quarta Conferência Nacional sobre Ciência e Tecnologia realizada em Brasília – maio de 2010.

## 2. Workshop do CGEE

O projeto de implantação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde passa indiscutivelmente pelos principais eixos do plano estratégico do MCT: Apoio ao desenvolvimento do Agronegócio Brasileiro, Apoio ao Programa Brasileiro de Pesquisas sobre a Biodiversidade, Apoio ao Programa sobre Mudanças Climáticas, Apoio a Inovação Tecnológica na Indústria Brasileira, notadamente, o Programa da Rede Brasileira de Tecnologia – RBT, dentre outros.

Dentro deste contexto, o CGEE organizou outro workshop procurando envolver um maior e mais seletivo número de temas de interesse nacional, sendo a maioria deles articulados com as metas do agronegócio brasileiro.

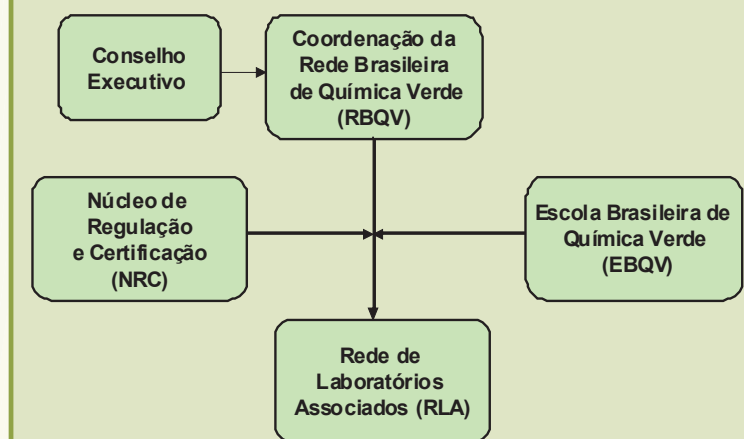
Vale salientar que o tema do agronegócio foi sugerido pela coordenação de programas e projetos especiais do MCT, órgão financiador do Workshop Internacional da Química Verde, como um setor de grande representatividade econômica e social do país. É um fato reconhecido que as ações da Química Verde podem ampliar os horizontes das aplicações e agregar valor as nossas matérias primas e produtos derivados da biomassa. Levando em conta estes antecedentes e condicionantes, notadamente o potencial da biodiversidade brasileira, a proposta do CGEE considerou prioritária a necessidade de fortalecer a cooperação Universidade – Indústria Nacional, para alavancar algumas áreas consideradas estratégicas para a economia nacional, dentre elas: Biorefinarias: rota bioquímica; Biorefinarias: rota termoquímica; Derivados de matérias primas oleaginosas (Oleoquímica); Derivados de matérias primas sacarinas (Sucroquímica); Derivados do etanol (Alcoolquímica); Conversão química de CO<sub>2</sub> em produtos químicos de valor agregado; Energias renováveis, notadamente, biocombustíveis, energia eólica e energia solar, além de dois outros temas transversais, a catálise e o escalonamento de processos.

A proposta assim colocada almeja integrar este esforço com programas isolados e em desenvolvimento no país, tendo em vista promover a Química Verde como uma estratégia de desenvolvimento sustentável nacional, tendo a pós-graduação nacional em química e engenharia química como o patamar deste salto científico e tecnológico. Trata-se de uma proposta madura e bem centrada nas potencialidades nacionais como demonstrado na publicação do CGEE, Química Verde no Brasil; 2010-2030 [14]. Independente dos trabalhos anteriores dos pesquisadores foi definido um grupo de trabalho para coordenar as ações de planejamento e execução dos trabalhos de estruturação da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde, sendo eles: Osvaldo Carioca, Peter Seidl, Eduardo Falabella, Fátima Ludovico, Claudio Mota e Ofélia Araujo.

Este trabalho proporcionou um desdobramento mais detalhado da estrutura da Rede e da Escola Brasileira de Química Verde, agora incluindo a necessidade de envolver outro núcleo na estrutura da rede, o qual é o de certificação de produtos e processos, em parceria com o INMETRO, sob a coordenação da colega Fatima Ludovico da PUC, tendo em vista o desejo da sociedade de criar um selo verde, ou seja, uma certificação para os produtos e/ou processos limpos, ou sustentáveis visando diferenciá-los no mercado. Para tanto foram inicialmente estabelecidos a visão e a missão da rede Brasileira de Química Verde, a qual será uma associação sem fins lucrativos, regulamentada de acordo com a legislação brasileira.

No horizonte de 2010-2030, a Rede Brasileira de Química Verde pretende ser: “ser referência mundial no desenvolvimento de produtos e processos limpos de acordo com os princípios da Química Verde, visando reduzir o impacto dos atuais processos químicos no meio ambiente nacional e contribuindo para que o país tenha um modelo de desenvolvimento industrial sustentável, no médio e

Figura 2  
Estrutura de Governança da RBQV



longo prazo”.

Como mostra a Figura 2 a RBQV compreende quatro unidades organizacionais, a saber:

- 1) a Coordenação da Rede que ficará junto ao Centro de Excelência da Universidade Estadual do Ceará e da RENORBIO, uma rede de biotecnologia para formação de doutores que engloba mais 40 instituições de ensino e pesquisas do Nordeste;
- 2) a Escola Brasileira de Química Verde (EBQV), cuja instituição sede será junto a Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro;
- 3) a Rede de Laboratórios Associados (RLA), distribuída de acordo com as diretrizes temáticas do livro do CGEE.
- 4) o Núcleo de Regulação e Certificação (NRC) que deverá ficar junto a PUC-RJ.

A sua missão é, portanto, “assumir o papel e a responsabilidade de mobilizar e desenvolver no médio e longo prazo a competência científica e tecnológica do país para a geração de inovações tecnológicas em Química Verde, visando reduzir impactos ambientais e alcançar a sustentabilidade ambiental, social e econômica” [14]. Um conselho executivo envolvendo membros das instituições com papel relevante ao tema da Química Verde, inclusive da indústria, regerá os destinos e a operacionalização da RBQV.

### 3- Outros esforços desenvolvidos ou em desenvolvimento

Durante a realização do workshop do CGEE houve a necessidade de se levantar mapas de prospecções tecnológicas de rotas de processos e produtos da química Verde para se alinhar com as necessidades das indústrias e com o futuro trabalho da rede de laboratórios associados. Houve também a necessidade de se avançar com alguns temas estratégicos na forma de outros workshops isolados. Assim foram aceitas as idéias de realização de um workshop de microalgas realizado em Fortaleza em agosto de 2010 [15], cujos resultados já foram transformados em três projetos apresentados a ANP – Agência Nacional do Petróleo e outro, sobre biorefinarias realizado no Rio, cujos resultados também indicam a priorização de alguns projetos para serem realizados com a iniciativa privada. Os anais destes workshops já se encontram em fase de publicação, e em breve serão encaminhados ao CGEE para fazer parte do acervo de informações da Rede Brasileira de Química Verde.

Por sua vez, houve a necessidade de se avançar na análise e concepção da estrutura da Escola Brasileira de Química Verde através da realização de outro seminário realizado recentemente em Araras sob a coordenação do colega Peter Seidl, onde se contou com uma excelente participação da indústria nacional, além da presença da ABIQUIM, o nosso principal parceiro representativo da indústria nacional. Em breve os Anais destes encontros estarão à disposição do CGEE e dos demais interessados nos temas da Química Verde.

Vale destacar que o grupo gestor da rede vem dando continuidade aos relacionamentos estabelecidos com entidades e/ou pesquisadores de instituições do exterior, notadamente, da rede Italiana através da universidade de Lecce, da universidade de York no Reino Unido, no Instituto de Química Verde dos Estados Unidos e da Alemanha através dos professores Willi Keim da universidade

de Aachen e Friedrich Horst do Deutsch Zentrum für Luft-und Raumfahrt, visando o estabelecimento de cooperações tecnológicas de interesse da rede e em especial do nosso país. Em reunião realizada em Brasília no ano passado, fomos comunicados que o Senador Inácio Arruda pretende realizar uma audiência pública no Senado para divulgar estes trabalhos, bem como homenagear o ano internacional da química.

Como ações previstas para serem realizadas em breve espaço de tempo estão uma reunião em Fortaleza para discutir e aprovar o estatuto da RBQV e a realização de um workshop sobre biopolímeros.

### 4. Referencias

- [1] Cadernos NAE; “Mudança Climática”; Vol. I; Published by: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da Republica (2005);
- [2] Abstract established by Eduard Pestel. A Report to The Club of Rome (1972), by Donella H. Meadows, Dennis I. Meadows, Jorgen Randers, William W. Behrens..... III. Consulted in October 2007 at: <http://www.google.com>
- [3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –IBGE; “Indicadores de
- [4] Capitulo Carioca e Caetano
- [5] International Council of Chemical Association–ICCA; <http://icca-chem.org/>
- [6] Associação Brasileira da Indústria Química – ABIQUIM. Available at <http://www.abiquim.org.br/atuacaoresponsavel/>
- [7] Tundo, P. and Aricó, F. “Green chemistry on the rise: Thoughts on the short history of the Field”. Chemistry International, vol 29 no.5, September-October, 2007.
- [8] Editor; Piero Tundo; Green Chemistry Series Nº 1, “Collection of Lectures of the Summer Schools on Green Chemistry”; Venice , Italy, (2001);
- [9] Editor; Pietro Tundo and Rita Hoyos de Rossi; Green Chemistry Series Nº11; “Química Verde en Latino America”; INCA – Consorzio Interuniversitario, “La Chimica per l’ Ambiente”; (2004);
- [10] Carioca, J. O. B. Química Verde, Química Ambiental ou Química para Sustentabilidade. Apresentado no ALL ABOUT ENERGY – 201p0, realizado no Centro de Convenções Edson Queiroz, no período de 30/06 a 02/07/2010. Fortaleza/CE.
- [11] Associação Brasileira de Química – ABQ. Disponível no site: <http://www.abq.org.br/>
- [12] Associação Brasileira de Engenharia Química – ABEQ. Disponível no site: <http://www.abeq.org.br/>
- [13] Anais, “Brazilian Network on Green Chemistry”: Awareness, Responsibility and Action, realizado no período de 18-21/11/07. Edições UFC, Fortaleza/CE. ISBN: 978-85-7282-289-3
- [14]. Química Verde no Brasil: 2010-2030. Editora CGEE, Brasília/DF. ISBN: 978-85-60755-31-8
- [15] Anais, “International Biofuels and Microalgae Workshop”, realizado no período de 02-05/08/10, Fortaleza/CE (em publicação).