

MODELAGEM MATEMÁTICA E COMPUTACIONAL COMO INSTRUMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Waldir L. Roque

Programa de Pós-Graduação em Matemática Aplicada

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, RS, 91509-900 Brasil

roque@mat.ufrgs.br

Inovação e sustentabilidade são requisitos importantes para o desenvolvimento de uma nação. A inovação sustentável requer a integração e a cooperação entre governo, academia, indústria e mercado, além de investimentos em pesquisa e formação de recursos humanos de alto nível. A inovação sustentável é multidisciplinar e a modelagem matemática e computacional (MMC), com sua transversalidade, se mostra um instrumento com enorme potencial de aplicabilidade na busca de soluções ótimas de problemas reais com rigor científico. É preciso introduzir novas disciplinas nos cursos de graduação com ênfase em MMC e desenvolvimento sustentável, buscando melhorar e ampliar a formação de profissionais.

Palavras-chaves: Inovação, sustentabilidade, modelagem, ensino.

INTRODUÇÃO

As palavras *inovação* e *sustentabilidade* estão sendo utilizadas com enorme frequência em todos os cantos do mundo, muitas vezes como meros chavões, seguindo o modismo corrente. Porém, por trás dessas palavras se escondem duas enormes preocupações para as nações, para os governos e para a própria humanidade. A inovação se tornou o ícone do desenvolvimento tecnológico, tendo a busca por processos de inovação tecnológica se tornado incessante e determinante para o desenvolvimento socioeconômico dos países. Por outro lado, a inovação, por si só e a qualquer custo, não é mais admitida. A mesma deve ser balizada por critérios que tenham, em sua concepção, harmonia com a natureza, procurando preservar o meio ambiente, minimizando custos e danos para as gerações futuras. Os processos de inovação e desenvolvimento devem ter como princípio a sustentabilidade do homem integrado à natureza. A importância de termos esses dois processos de desenvolvimento unidos em um único propósito, qual seja a inovação sustentável, permite fundi-los em um único termo, que denomino *inovasus*.

Sustentabilidade é algo que todos têm uma noção da sua importância, mas que não se sabe precisamente como defini-la. Talvez a definição mais comum seja a adotada pelas Nações Unidas (DREXHAGE, 2010), que introduziu o termo sustentabilidade em 1987 no relatório Brundtland da Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento: “*desenvolvimento que busca as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras na busca de suas próprias necessidades*”. O desenvolvimento sustentável está fundamentado na convergência dos três pilares, a saber, desenvolvimento econômico, justiça social e proteção ambiental.

A inovação refere-se à criação de novos métodos ou processos que possam ser aplicados no desenvolvimento de novas tecnologias, visando uma melhor qualidade de bens e serviços. Os mecanismos da inovação são caracterizados como incrementais ou radicais. As inovações

incrementais são desenvolvimentos de novos processos ou tecnologias que se sobrepõem aos imediatamente anteriores, produzindo novos bens e serviços com maior qualidade e eficiência. São mecanismos que essencialmente agregam valor aos anteriores, retirando do mercado, aos poucos, os bens e serviços que não apresentam as novas características da inovação. As inovações radicais são criações científicas e tecnológicas, que mudam radicalmente a forma de apresentar a solução de um problema de qualquer natureza. As inovações radicais são mais difíceis de serem obtidas, pois requerem recursos humanos com grande capacidade criativa, tanto científica quanto tecnológica. De uma maneira bastante ampla e clara, o economista austríaco J. Schumpeter definiu o avanço tecnológico *“como um processo de criação destrutiva”* e é isso que ocorre com a inovação.

Sustentabilidade e inovação são requisitos para o desenvolvimento, que devem caminhar lado a lado, integrando os principais agentes: o governo, a academia, o setor produtivo e o mercado, que são responsáveis pela elaboração de políticas públicas, pelo desenvolvimento científico e tecnológico, pela produção industrial e prestação de serviços. Isoladamente, nenhum desses agentes é capaz de produzir o desenvolvimento sustentável tão desejado. Assim, políticas adequadas devem ser adotadas para que os principais agentes possam cooperar sincronizados.

INOVASUS REQUER INTERDISCIPLINARIDADE

No início do mês de julho, foi publicada a 6ª edição do anuário sobre o *ranking* da inovação global (DUTTA, 2013), elaborado com base em 84 indicadores pela Escola de Negócios para o Mundo (INSEAD, França), Universidade de Cornell (EUA) e Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI). No universo de 142 economias mundiais, o Brasil foi classificado como o 64º, tendo caído a sua posição com relação as duas últimas edições. Esse resultado chama a atenção para o quanto o Brasil precisa melhorar no quesito inovação tecnológica. O primeiro lugar, novamente, é da Suíça, acompanhado da Suécia e Reino Unido. À exceção da Índia, que ocupa a 66ª posição, o Brasil está atrás dos demais países que compõem os BRICS e ainda dos países sul-americanos: Chile (46ª), Uruguai (52ª), Argentina (56ª) e Colômbia (60ª). No *ranking*, levando em consideração os países latino-americanos e Caribe, o Brasil ocupa a 8ª posição, ficando atrás, por ordem crescente de inovação, da Costa Rica (1ª), Chile, Barbados, Uruguai, Argentina, Colômbia e México.

A integração dos principais agentes da inovação é marginalmente praticada no Brasil. A inovação tecnológica exige amadurecimento da ciência e tecnologia com mecanismos ágeis de transferência do conhecimento ao setor produtivo de bens e serviços. É preciso um parque industrial forte e capaz de absorver as novas tecnologias, transformando-as em produtos. A pesquisa científica e tecnológica é fator imprescindível para a inovação incremental ou radical e isso demanda recursos humanos altamente qualificados nas mais variadas áreas do conhecimento e que saibam trabalhar de forma cooperativa com os demais agentes.

A geração de conhecimentos, no seu estágio mais avançado, passa por uma boa formação de estudantes nos cursos superiores e pós-graduação. O Brasil, em sua melhor fase, deverá formar, em 2013, um pouco menos de 10 doutores por 100 mil habitantes, enquanto países com maior desenvolvimento científico e tecnológico formam mais de 200 doutores na faixa etária de 25 a 29 anos de idade, sendo acima de 500 em países como Suíça, Suécia e Alemanha. Levando-se em conta que a média atual de formação de doutores no Brasil cresce a 11% ao ano, sem considerarmos o crescimento populacional, o Brasil levará aproximadamente 28 anos para atingir a formação de 200 doutores por 100 mil habitantes. Esses números, por si só, já indicam o quanto ainda temos que caminhar para ampliarmos a nossa capacidade de gerar ideias e inovações.

No Brasil, a pesquisa científica e tecnológica e a formação de doutores estão restritas às universidades e centros de pesquisas públicos, tendo baixa participação de doutores ou especialistas que atuam nos setores industriais ou de serviços. Uma nova política precisa ser

adotada para promover uma maior e melhor integração e cooperação da academia com o setor produtivo. Mas apenas isso não basta; é preciso também ampliar os investimentos em ciência e tecnologia do país. Enquanto a média de investimentos em C&T dos países é da ordem de 2,2% do produto interno bruto (PIB), o Brasil investe apenas um pouco acima de 1,2% do PIB, muito abaixo de economias como a China (1,7%), Estados Unidos (2,7%), Japão (3,4%), Finlândia (3,8%) e Israel (4,4%).

Vemos, a partir desses dados, que a *inovasus* parece distante do Brasil e que não há alternativas a serem trilhadas, se não seguirmos os seus passos, para que o país possa se tornar um exportador de tecnologias e não apenas de *commodities* com baixo valor agregado.

MODELAGEM MATEMÁTICA E COMPUTACIONAL *INOVASUS*

A crescente população mundial, aliada a uma maior expectativa de vida, está trazendo à tona problemas que antes não se apresentavam com tanta frequência e grau de intensidade. O crescente número de desastres ecológicos e naturais, muitas vezes induzidos pela ação do homem durante muitos anos, a demanda por formas alternativas de energia, a crescente necessidade por alimentos, medicamentos e cuidados à saúde humana e animal, os problemas de urbanização e mobilidade, são alguns exemplos da complexidade e urgência de soluções dentro do princípio da *inovasus*.

A modelagem matemática e computacional (MMC) é um instrumento capaz de permear todos esses problemas na busca concreta de soluções com rigor científico adequado. Um modelo matemático, no sentido mais amplo da palavra, procura descrever os sistemas naturais ou artificiais, utilizando os conceitos e a linguagem matemática, na busca de soluções de problemas reais. O reconhecimento da importância da MMC na solução de problemas tem sido evidenciada nos mais variados níveis de organismos internacionais. Mesmo em áreas que notadamente não foram desenvolvidas fundamentadas nos princípios e conceitos da matemática, a exemplo da psicologia ou medicina, há hoje uma visão de que essas áreas podem se beneficiar enormemente com a utilização da MMC e os resultados já estão aí no nosso dia a dia.

No sentido mais técnico, a MMC trata os problemas de várias formas, dependendo de sua natureza, como lineares ou não-lineares, determinísticos ou estocásticos, contínuos ou discretos, estáticos ou dinâmicos, experimentais, observacionais ou simulados, o que requer uma sólida formação de pessoal e maturidade profissional em tópicos como equações diferenciais, otimização, programação e simulação, sistemas discretos, teoria da informação, análise de dados, métodos multiescalas e muitos outros. Entretanto, o ensino de tais tópicos deve ser acompanhado de ilustrações práticas com problemas reais e indução para utilização de tais técnicas na modelagem de problemas atuais [PETOCZ, 2003]. A formação de profissionais para atuar na área de modelagem matemática e computacional exige um conhecimento multidisciplinar, sem o que o conhecimento ficará restrito à tecnicidade sem a exploração do potencial de aplicabilidade latente nas técnicas. Infelizmente, a prática da multidisciplinaridade e o ensino de técnicas de MMC como instrumentos para sustentabilidade são ainda pouco explorados, quando não ignorados, nos cursos acadêmicos oferecidos nas instituições de ensino do Brasil.

Alguns dos problemas atuais que apresentam grandes desafios à MMC estão relacionados a:

- Mudanças climáticas: degelo, desertificação, florestas (sequestro de carbono)
- Catástrofes naturais ou induzidas pelo homem
- Crescimento populacional e biossegurança
- Doenças e epidemias: saúde humana e animal
- Poluições: águas (rios e oceanos), atmosférica, sonora
- Migração e produção de alimentos em larga escala
- Demanda de energia: fósseis versus alternativas
- Urbanização: habitação e mobilidade

A demanda por formas de energia sustentável é um dos grandes desafios da humanidade e a MMC tem sido reconhecida como um importante instrumento para lidar com esse desafio [ASSAF, 2013; LEVIN, 2013]. Todos os problemas listados acima são de caráter global, sem fronteiras geográficas, e mesmo que sejam adequadamente tratados por uma ou outra nação, não haverá sucesso se não houver conscientização e cooperação de todas as nações.

Claramente, os desafios serão cada vez maiores se não conseguirmos tratá-los adequadamente. A MMC é um instrumento de alta transversalidade e que se renova constantemente com as pesquisas. O seu potencial de aplicabilidade está longe de ser esgotado, por isso podemos seguramente afirmar que a MMC deve se encarada e reconhecida, *per si*, como uma inovação sustentável, tornando-se um poderoso instrumento para os demais processos de *inovasus*.

Agradecimentos

Agradeço aos organizadores do IV Colóquio de História e Tecnologia no Ensino da Matemática, em particular a Yuriko Y. Baldin e José A. Salvador pelo convite.

Referências

- Drexhage, J. and Murphy, D. (2010). Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012, *International Institute for Sustainable Development (IISD)*, High Level Panel on Global Sustainability, United Nations Headquarters, New York.
- Dutta, S. and Lanvin, B. (Eds.) (2013). The Global Innovation Index 2013. The Local Dynamics of Innovation, Switzerland and New Dehli, www.globalinnovationindex.org.
- Petocz, P. and Reid, A. (2003). What on Earth is Sustainability in Mathematics? *New Zealand J. of Mathematics*, 32(Supplementary Issue), 135-144.
- Assaf, G., Porta, E., Bredel, R. and Roschanek, C. (2013). Creating a Climate-Friendly Sustainable Energy Future: The Role of Mathematics, *United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)*, New York Office, February Issue.
- Levin, S. (2013). The Mathematics of Sustainability. *Notices of the AMS*, April, 332-333.

Copyright © 2013 Waldir L. Roque. O autor concede licença não exclusiva, aos organizadores do VI HTEM, para publicar este documento no CD de trabalhos completos do evento. Qualquer outro uso é proibido sem o consentimento do autor.