

## PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS NA INDÚSTRIA DO CAFÉ NO BRASIL<sup>1</sup>

LUÍSA D. MAESTRELLI<sup>2</sup>; FLAVIA M. M. BLISKA<sup>3</sup>

Nº 11135

### RESUMO

Nas últimas décadas, observou-se demanda crescente por produtos elaborados via tecnologias limpas, que minimizem a produção de resíduos e emissões, desperdícios e custos supérfluos, que resultem em impactos positivos e significativos para a saúde de trabalhadores, produtores rurais e consumidores e que contribuam para a preservação ambiental e o desenvolvimento local e regional sustentável. Simultaneamente, cresceu a desconfiança de inúmeros setores da opinião pública, os quais tendem a rejeitar as inovações tecnológicas, a exemplo do que aconteceu com os alimentos transgênicos. Portanto, é importante que sejam desenvolvidas com urgência pesquisas que subsidiem o debate público sobre as nanotecnologias, de forma a envolver os segmentos da sociedade para que, diferentemente do que ocorreu com a biotecnologia, haja uma compreensão mais ampla dos prováveis benefícios e riscos das tecnologias derivadas da nanociência. Em função disso, este estudo busca a seleção de metodologias para análise de impactos de novas tecnologias. Primeiro, foram identificadas as técnicas comumente utilizadas em avaliações de impactos. Segundo, foi selecionada uma metodologia, com base em indicadores de sustentabilidade, que deverá ser aplicada por meio de questionário, a interlocutores relevantes – pesquisadores, acadêmicos e representantes dos diversos segmentos da cadeia agroindustrial do café – para avaliar os impactos das nanotecnologias adotadas pelo setor (avaliação *ex post*). Ademais, foi proposta uma segunda metodologia, para avaliação dos efeitos potenciais de tecnologias ainda não empregadas efetivamente (avaliação *ex ante*). Terceiro, foram selecionados os informantes aos quais o questionário deverá ser aplicado individualmente.

<sup>1</sup> Estudo derivado do Projeto “Impactos da introdução das nanotecnologias na indústria do café no Brasil”, financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D-Café.

<sup>2</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Eng. Agrônoma, UNESP, Botucatu-SP.

<sup>3</sup> Orientadora: Pesquisadora, Centro de Café/IAC, Campinas-SP; bliska@iac.sp.gov.br.

## ABSTRACT

In recent decades, we have observed a growing demand for products produced by clean technologies, that minimize waste production and emissions, loss and unnecessary costs, that result in significant and positive impacts on health of workers, farmers and consumers, and contribute to the environmental conservation, and to local and regional development. Simultaneously, increased the distrust of many sectors of public opinion, which tend to reject technological innovations, as has happened with genetically modified foods. Therefore, it is urgently important to develop research to provide the public debate on nanotechnologies in order to engage segments of society that, unlike what happened with biotechnology, there is a broader understanding of the likely benefits and risks of technology derived from nanoscience. As a result, this study focuses on the selection of methodology for analysis of impacts of new technologies. First, we identified the techniques used in assessments of technology impacts. Second, we select a methodology, based on sustainability indicators, to be applied by a questionnaire to relevant actors - researchers, academics and representatives of the agribusiness coffee chain - to assess the impacts of nanotechnology adopted by the sector (*ex post*). Furthermore, we propose a second method for evaluation of potential effects of technology not yet used effectively (*ex ante*). Third, we identify the informants to whom the questionnaire should be applied individually.

## INTRODUÇÃO

A nanociência e as nanotecnologias têm sido apontadas como a base de uma nova revolução, não apenas industrial, mas da própria natureza do processo civilizatório humano. O desenvolvimento de novos materiais gera expectativas de implicações em transformações sociais, ambientais e econômicas inéditas. O crescimento exponencial dos investimentos em pesquisas nessa área mostra o imenso interesse pelo tema. Por outro lado, observa-se demanda crescente por produtos elaborados via tecnologias limpas, que minimizem a produção de resíduos e emissões, desperdícios e custos supérfluos, que resultem em impactos positivos e significativos para a saúde de trabalhadores, produtores rurais e consumidores e que contribuam para a preservação ambiental e o desenvolvimento rural sustentável. Ademais, cresce a desconfiança de inúmeros setores da opinião pública, os quais tendem a rejeitar essas inovações tecnológicas, a exemplo do que aconteceu com os alimentos transgênicos. Portanto, é importante que sejam desenvolvidas com urgência

pesquisas que produzam conhecimentos capazes de qualificar o debate público sobre as nanotecnologias, as quais envolvam os atores sociais para que, diferentemente do que ocorreu com a biotecnologia, haja uma compreensão mais ampla dos prováveis benefícios e riscos das novas tecnologias derivadas da nanociência. Na cadeia agroindustrial do café, no Brasil, são poucos os estudos feitos no sentido de avaliar impactos de novas tecnologias. Assim, este ensaio procura desenvolver uma proposta metodológica para avaliar os impactos das nanotecnologias na indústria do café, desde o beneficiamento e industrialização dos grãos nas indústrias de torrefação e moagem, solubilização e preparação de alimentos até o aproveitamento de subprodutos agrícolas e industriais, assim como sobre ramos demandantes residuais do produto, como a indústria farmacêutica e de cosméticos, para atender às apreensões de cafeicultores e da sociedade brasileira em geral.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Identificação de metodologias de avaliação de impactos de novas tecnologias**

A partir de revisão bibliográfica, foram identificadas metodologias comumente utilizadas na avaliação de impactos de novas tecnologias. Verificou-se que a preocupação com a avaliação de impactos da geração de novos conhecimentos só começou a despontar a partir da segunda metade do século XX, com o aumento dos investimentos em pesquisa, a amplitude temática e a importância atribuída à inovação tecnológica. Inicialmente, as avaliações de impactos da pesquisa agropecuária e agroindustrial se restringiam ao aspecto econômico, mas a partir da década de 1960 as análises ambientais e sociais passaram a ser cada vez mais freqüentes, porém inicialmente empregadas separadamente das avaliações de impactos econômicos.

Em 1962, Rachel Carson publicou um livro sobre os efeitos do uso de pesticidas sobre o meio ambiente, chamado de “*Silent Spring*”, que segundo Modak e Biswas (1999) é um dos mais influentes alertas sobre a degradação ambiental. Em 1969 a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) foi formalmente adotada pela Suécia e na década de 1970 passou a ser adotada nos EUA, Canadá, Austrália, Malásia, França e mais tarde em outros países. Aos poucos os aspectos sociais passam a ser agregados às Avaliações de Impactos Ambientais. Nos EUA a Avaliação de Impactos Sociais foi legalmente incorporada à AIA por meio do *National Environmental Policy Act* (NEPA), assinado em Janeiro de 1970. O ato se tornou a base para uma atividade de rotina em muitos governos estaduais norte-americanos, bem como em vários

outros países. Em 1986 o Banco Mundial também incluiu as avaliações de impacto ambiental e social em seus procedimentos de avaliação de projetos. A avaliação de impactos sociais se tornou muito importante para analisar programas governamentais, uma vez que o objetivo principal destes é o aumento do bem-estar social. Porém essas avaliações continuaram pouco expressivas na pesquisa agropecuária até a década de 1990. A necessidade de se avaliar conjuntamente os aspectos econômicos, sociais e ambientais dos impactos emergiu do conceito de desenvolvimento sustentável. Ademais, a maior parte dos programas criados para avaliar impactos na agricultura está relacionada à avaliação da sustentabilidade de cadeias agrícolas e não à avaliação de tecnologias específicas.

Na Austrália, a avaliação de impactos se solidificou com o “*National Collaborative Project on Indicators for Sustainable Agriculture*” (NCPISA), lançado em 1995 pelo “*Standing Committee on Agriculture and Resource Management*” (SCARM). Esse projeto se refere à sustentabilidade da agricultura australiana e uma de suas tarefas principais foi concluir o desenvolvimento técnico de indicadores de sustentabilidade e seus respectivos atributos. Na Europa, o “*European Union Concerted Action Project on Environmental Indicators for Sustainable Agriculture*” (ELISA) forneceu às instituições e, especialmente, à Comissão Europeia e a Agência Europeia do Ambiente (AEA), informações sobre os benefícios e os efeitos nocivos das diversas práticas agrícolas sobre o ambiente, a dimensão específica de programas comunitários vis-à-vis a sustentabilidade da agricultura, os recursos atuais e potenciais para a diversidade e a sustentabilidade da agricultura europeia. Este projeto foi implementado em 1999 e seus resultados foram apresentados à Comissão Europeia em Bruxelas, em 1999. Em 2002, a “*United Nations Conference for the Commerce and Development*” (UNCTAD) e o “*International Institute for Sustainable Development*” (IISD) lançaram o “*Committee on Sustainability Assessment*” (COSA), desenvolvido no âmbito da “*Sustainable Commodity Initiative*” (SCI), que visa promover a sustentabilidade na produção e comércio entre as cadeias produtivas das principais *commodities* agrícolas. Uma das principais características do trabalho realizado no contexto SCI é o estudo do impacto e da avaliação dos custos e benefícios da implementação de programas de produção sustentável. O modelo específico para café foi avaliado em alguns países, mas ainda não é adotado regularmente. Na Suíça foi desenvolvido o “*Response Inducing Sustainability Evaluation*” (RISE) / “*Improving Sustainability of Agricultural Production*” (INFASA), desenvolvido no *Swiss College of Agriculture, University of Applied Sciences*. Este

modelo foi desenvolvido a fim de permitir uma visão holística da sustentabilidade da produção agrícola e melhorar o modelo de produção. Abrange aspectos ecológicos, sociais e econômicas da sustentabilidade.

Grande parte dos avanços feitos no Brasil na avaliação de impactos resulta dos trabalhos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Um marco importante é a publicação da metodologia de referência para avaliação de impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa realizada na Embrapa (Ávila, 2001). Essa metodologia foi atualizada por Avila *et al.* (2008) e, além de apresentar um novo sistema de avaliação de impactos sociais, inclui avaliação de impactos sobre o conhecimento, a capacitação e o ambiente político-institucional.

### **Seleção de informantes-chave**

A seleção dos interlocutores foi realizada com base no Sistema Lattes, do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico/CNPq, por meio de entrevistas exploratórias com representantes da cadeia agroindustrial do café e com a massa crítica identificada via CNPq, bem como por meio de revisões bibliográficas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Seleção da metodologia para avaliação de impactos efetivos: *ex post***

Verificou-se que a base de todos os modelos de avaliação de impactos disponíveis é a identificação de indicadores a serem incorporados ao sistema de análise. Uma vez que os indicadores são identificados e classificados, um sistema é desenvolvido para avaliar as suas dimensões. A partir da identificação e avaliação dessas metodologias, selecionou-se aquela utilizada nos Centros da Embrapa (Avila *et al.*, 2008; Rodrigues, 2008; Rodrigues, Capanhola e Kitamura, 2002; Irias *et al.* 2004), para avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos das nanotecnologias adotadas na cadeia industrial do café. Esta metodologia – o “Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas nos Segmentos Agropecuário, Produção Animal e Agroindústria (SISTEMA AMBITEC)”, tem por base uma análise *ex post* dos impactos das tecnologias consideradas, na medida em que ela deve conduzida após a conclusão das pesquisas que deram origem à tecnologia a ser analisada. O questionário que compõem a metodologia engloba: eficiência tecnológica, conservação ambiental, qualidade do produto e capital social. Cada um destes aspectos é composto por um conjunto de indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas, onde os componentes dos indicadores são valorados

com coeficientes de alteração, conforme conhecimento pessoal do adotante/responsável da tecnologia. O sistema de avaliação envolve três etapas:

- Coleta de dados gerais sobre a tecnologia: informações sobre seu alcance (abrangência e influência), delimitação da área geográfica e universo de adotantes.
- Aplicação individual dos questionários aos adotantes selecionados e inserção dos dados sobre os indicadores nas planilhas eletrônicas componentes do Sistema (plataforma MS-Excel<sup>®</sup>), para obtenção de resultados quantitativos dos impactos (índices de impactos parciais e agregados).
- Análise e interpretação desses índices e indicação de alternativas de manejo e de tecnologias que permitam minimizar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

O procedimento de avaliação do Sistema Ambitec consiste em solicitar ao adotante/responsável pela tecnologia que indique a direção (aumenta, diminui, ou permanece inalterado) dos coeficientes de alteração dos componentes para cada indicador, em razão específica da aplicação da tecnologia à atividade e nas condições de manejo particulares a sua situação. O avaliador deve informar ao adotante/responsável os aspectos e indicadores de impactos, e vistoriar a unidade do segmento em avaliação para averiguar a qualidade das informações. O resultado da avaliação depende dos coeficientes de alteração dos componentes, os quais são inseridos diretamente nas matrizes e sequencialmente nas planilhas, resultando na expressão automática do coeficiente de impacto ambiental da tecnologia, relativizada por fatores de ponderação devido à escala da ocorrência da alteração e ao peso do componente na composição do indicador. Os resultados são expressos graficamente na planilha, após ponderação automática dos coeficientes de alteração fornecidos pelo adotante/responsável, pelos fatores de ponderação dados. As matrizes automáticas incluem fatores de ponderação que se referem à importância do componente para a formação do indicador e a escala geográfica de ocorrência da alteração no componente. Os valores dos fatores variam com o número de componentes que formam determinado indicador e podem ser alterados pelo usuário do Sistema para melhor refletirem situações específicas, mas o valor total de todos os componentes deve ser igual a um (1), constituindo fatores de normalização definidos no teste de sensibilidade. A escala da ocorrência explicita o espaço onde se processa a alteração no componente do indicador, conforme a situação específica de uso da tecnologia, e pode ser: a) Pontual: quando os efeitos da tecnologia se restringem apenas ao local de sua ocorrência ou à unidade produtiva na qual ocorra a alteração; b) Local: quando



os efeitos são sentidos externamente à unidade produtiva, porém confinados aos limites do estabelecimento em avaliação; e c) No entorno: quando os efeitos são sentidos além dos limites do estabelecimento. Os fatores para ponderação da escala de ocorrência são fixos e expressam valor proporcionalmente maior quando a tecnologia afeta um espaço ou ambiente que extrapola os limites da unidade de negócio. A seguir os indicadores são considerados em conjunto, para composição do Índice de Impacto Ambiental. A composição deste índice envolve ponderação da importância do indicador e os pesos relativos aos indicadores podem ser alterados, desde que o total seja igual à unidade (1).

### **Seleção da metodologia para avaliação de impactos potenciais: *ex ante***

No caso das análises *ex-ante*, propõem-se a utilização da Técnica Delphi para a avaliação de impactos. Essa técnica permite previsões em situações em que não há dados históricos de parâmetro de desempenho ou onde se esperam mudanças estruturais no ambiente de negócios, tal como esperado no caso das nanotecnologias. Consiste em rodadas repetidas de questionários, entre um conjunto de especialistas anônimos entre si que, após a primeira rodada, passam a receber uma síntese das respostas dos demais participantes, estabelecendo-se a troca de informações e o estímulo à criatividade, garantindo a consideração de idéias minoritárias e facilitando a formação de consenso. Os critérios de representatividade são qualitativos. O Delphi também pode ser realizado em grupos ou via correio eletrônico. Ele tem sido empregado em pesquisas nas áreas mais diversas (BRÜGGEN e WILLEMS, 2009; DOULL, R., 1999; LUDWIG, B., 1997; JAIN *et al.* 1993).

### **Seleção de informantes**

A partir da do Sistema Lattes/CNPq, foram analisados mais de 1000 currículos relacionados ao tema nanotecnologia. Destes foram identificados 48 informantes, 31 deles relacionados de forma direta à agroindústria e os demais relacionados a setores afins, como farmácia, química e meio ambiente. Por meio das entrevistas exploratórias foram identificados outros 27 informantes-chave, compondo o total de 75 informantes, aos quais serão aplicados os questionários de avaliação, em estudo futuro.

## **CONCLUSÃO**

Existem inúmeros modelos de avaliação de impactos de tecnologias, os quais se baseiam na identificação de critérios e indicadores de impactos. Em geral esses

modelos são aplicados em avaliações dos impactos efetivos da adoção de determinada tecnologia. No caso da nanociência, em que se deseja disponibilizar subsídios para discussão de impactos potenciais de tecnologias em desenvolvimento, a análise *ex-ante* é primordial. Porém os dois tipos de análises estão pautados na aplicação de questionários a informantes-chave na cadeia agroindustrial. Assim, a identificação desses interlocutores é um ponto crítico para o sucesso das análises.

## AGRADECIMENTO

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, A.F.D. **Avaliação dos Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais da Pesquisa da Embrapa**: Metodologia de Referência. Brasília, DF: Embrapa-SAE, 2001. 132 p.

ÁVILA, A.F.D.; RODRIGUES, G.S.; VEDOVOTO, G.L. **Avaliação dos impactos de tecnologia geradas pela Embrapa**. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2008.

BRÜGGEN, E.; WILLEMS, P. A critical comparison of offline focus groups, online focus groups and e-Delphi. **International Journal of Market Research**. Vol. 51 Issue 3, p.363-381, 2009.

DOULL, R. Delphi forecasting: market research method of the 1990s. **Marketing News**. American Marketing Association. 29 ago. 1999.

IRIAS, L. J. M. Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas nos Segmentos Agropecuário, Produção Animal e Agroindústria (SISTEMA AMBITEC). 2004, 8 p. Embrapa Meio Ambiente. **Circular Técnica**, 5.

JAIN, K. R.; URBAN, L. V.; STACEY, G. S.; BALBACH, H. E. Environmental Assessment. United States of America: McGraw-Hill, Inc., 1993, 524 p.

LUDWIG, B. Predicting the Future: Have you considered using the Delphi Methodology? **Journal of Extension**, oct 1997, v 35, n 5.

MITCHELL, V. W. The Delphi Technique: an exposition and application. **Technology Analysis & Strategic Management**, Vol. 3, no- 4, 1991, p.333

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. An environmental impact assessment system for agricultural R&D **Environmental Impact Assessment Review** 23 (2003) 219–244.

RODRIGUES, G. S. Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisas - Fundamentos, Princípios e Introdução à Metodologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66 p. Embrapa Meio Ambiente. **Documentos**, 14.