

Revista de **Política** **Agrícola**

ISSN 1413-4969
Publicação Trimestral
Ano XIV - Nº 4
Out./Nov./Dez. 2005

Publicação da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Impactos econômicos, sociais e ambientais dos investimentos na Embrapa

Pág. 86



**A revolução
nanotecnológica
e o potencial para
o agronegócio**

Pág. 38

**Embrapa Labex:
avanzando com
os donos do
conhecimento**

Pág. 52

Ponto de Vista

**O amanhã se constrói
dia a dia**

Pág. 102

Sumário

Conselho editorial Eliseu Alves (Presidente) Ivan Wedekin Elísio Contini Hélio Tollini Antônio Jorge de Oliveira Regis N. C. Alimandro Bíramar Nunes Lima Paulo Magno Rabelo Marlene de Araújo	Carta da Agricultura O futuro da pesquisa agropecuária 3 <i>Roberto Rodrigues / Eliseu Alves</i>
Secretaria-geral Regina M. Vaz	A geração de conhecimento e o sucesso do agronegócio brasileiro 5 <i>José Roberto Mendonça de Barros / Alexandre Lahóz Mendonça de Barros</i>
Coordenadoria editorial Mierson Martins Mota	Agroenergia: uma opção estratégica para o Brasil 15 <i>Carlos Lovatelli</i>
Cadastro e distribuição Cristiana D. Silva	Worldwide adoption and profitability of precision agriculture: implications for Brazil 20 <i>T.W. Griffin / J. Lowenberg-DeBoer</i>
Revisão de texto Francimary de M. e Silva Raquel Siqueira de Lemos	A revolução nanotecnológica e o potencial para o agronegócio 38 <i>Luiz H. C. Mattoso / Eliton S. de Medeiros / Ladislau Martin Neto</i>
Revisão de referências Graciela Olivella Oliveira	Agricultura: dimensões de seus novos desafios e conquistas 47 <i>Carlos Bloch Jr.</i>
Projeto gráfico e capa Carlos Eduardo Felice Barbeiro	Embrapa Labex: avançando com os donos do conhecimento 52 <i>Luis Fernando Vieira / Pedro A. Arraes Pereira</i>
Imagem da capa Joniel Sergio R. Oliveira (arte) e Arquivo do Mapa (foto)	Formação de recursos humanos e os novos tempos 63 <i>Eliseu Alves / Renato Silva / José Prado Fonseca Filho</i>
Impressão e acabamento Embrapa Informação Tecnológica	O orçamento da Embrapa 73 <i>Eliseu Alves / Antônio Jorge de Oliveira</i>
	Impactos econômicos, sociais e ambientais dos investimentos na Embrapa 86 <i>Antonio Flavio Dias Avila / Marília Castelo Magalhães / Graciela Luzia Vedovoto / Luis José Maria Iriais / Geraldo Stachetti Rodrigues</i>
	Ponto de Vista O amanhã se constrói dia a dia 102 <i>Silvio Crestana / Renato Cruz Silva</i>

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

Roberto Rodrigues
Ministro

Secretaria de Política Agrícola

Ivan Wedekin
Secretário

**Departamento de Comercialização e
Abastecimento Agrícola e Pecuário**

José Maria dos Anjos
Diretor

Departamento de Economia Agrícola

Edilson Guimarães
Diretor

Departamento de Gestão do Risco Rural

Wellington Soares de Almeida
Diretor

Esta revista é uma publicação trimestral da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com a colaboração técnica da Embrapa e da Conab, dirigida a técnicos, empresários, pesquisadores que trabalham com o complexo agroindustrial e a quem busca informações sobre política agrícola.

Interessados em receber esta revista comunicar-se com:

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Secretaria de Política Agrícola**

Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 5º andar
CEP 70043-900 Brasília, DF
Fone: (61) 3218-2505
Fax: (61) 3224-8414
www.agricultura.gov.br
reginavaz@agricultura.gov.br

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Secretaria de Gestão Estratégica**

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4336
Fax: (61) 3347-4480
Mierson Martins Mota
mierson.mota@embrapa.br

É permitida a citação de artigos e dados desta Revista, desde que seja mencionada a fonte. As matérias assinadas não refletem, necessariamente, a opinião do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Tiragem

5.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Informação Tecnológica

Revista de política agrícola. – Ano 1, n. 1 (fev. 1992) - . – Brasília
: Secretaria Nacional de Política Agrícola, Companhia Nacional
de Abastecimento, 1992-

v. ; 27 cm.

Trimestral. Bimestral: 1992-1993.

Editores: Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento, 2004-

Disponível também em World Wide Web: <www.agricultura.gov.br>
<www.conab.gov.br> <www.bb.gov.br>

ISSN 1413-4969

1. Política agrícola. I. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e
Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. II. Ministério da
Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

CDD 338.18 (21 ed.)

O futuro da pesquisa agropecuária

Roberto Rodrigues¹
Eliseu Alves²

Dois conceitos sobre desenvolvimento econômico emergiram no pós-guerra: a educação do povo – o capital humano do País – e os investimentos em ciência são as variáveis que mais capacidade têm para explicar a riqueza das nações, e é menos relevante o papel dos recursos naturais. Assim, a construção da riqueza de um país fundamenta-se nas prioridades que são dadas pela sociedade para o investimento no povo, na ciência e na tecnologia. É óbvio que, na caminhada do desenvolvimento sustentável, a política agrícola, as políticas macroeconômicas, as de industrialização, de exportação, de distribuição de renda e de investimento em infra-estrutura não podem ser negligenciadas. Mas, numa democracia, elas mesmas dependem da compreensão do povo, do qual emana todo o poder.

As lideranças precisam antecipar-se à percepção popular para dar prioridade aos investimentos em educação, em ciência e tecnologia, e, assim, persuadir a sociedade de quão importante e benéfico é o sacrifício de pequena parte do consumo presente em favor desse tipo de gasto.

A compreensão do papel da educação e da ciência e tecnologia como investimento fundamental à modernização da sociedade chegou tarde ao Brasil. Em termos de educação, fizemos enormes progressos na década de 1990 e continuamos bem na década em curso. Quanto à ciência e à tecnologia, demos um grande salto na década de 70, mas ainda ficamos longe dos países asiáticos em desenvolvimento, e, infelizmente, retrocedemos no período 1980-2004.

Mas hoje se reconhece, tanto no executivo como no legislativo, a importância da educação, ciência e tecnologia. A aprovação de leis que protegem a propriedade intelectual e que, ainda, abrem caminhos para o governo subsidiar a iniciativa particular e os pesquisadores é um importantíssimo passo para incrementar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Com elas, a iniciativa particular, a exemplo dos países avançados e dos tigres asiáticos, passará a ter um papel ainda mais relevante no desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil. Certamente, vencida a difícil fase do ajuste macroeconômico, a motivação do governo em favor da ciência e tecnologia traduzir-se-á em investimentos crescentes do poder público nessas áreas³.

Pesquisa em ciências agrárias tem uma longa história no Brasil, que remonta à criação do Instituto Agrônomo de Campinas na segunda metade do século XIX. Exemplo mais tarde seguido por Rio Grande do Sul, Pernambuco e Minas Gerais, embora mais timidamente. No Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa), seguindo o exemplo de São Paulo, foram criados vários institutos de pesquisa, mais tarde coordenados pelo Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária (DNPEA). Em reais de 2004, em 1972, os investimentos do Mapa no DNPEA não ultrapassaram cinquenta milhões de reais, menos de 0,1% do PIB agropecuário. Em 1973, 26 de abril de 1973, foi implantada a Embrapa. E os investimentos do Mapa cresceram de forma impressionante. Em 1982, equivaleram à cerca

¹ Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

² Assessor do diretor-presidente da Embrapa e pesquisador.

³ Com o advento da Constituição de 1988, os estados criaram as fundações de amparo à pesquisa, e algumas delas, como a de São Paulo, têm recursos de vulto.

de 1 bilhão de reais, reais de 2004, e 1,09% do PIB agropecuário. No período 1982-2004, houve avanços e recuos, mas predominantemente em torno de 1 bilhão de reais, exceto no período 2001-2004, no qual ocorreu uma queda maior no orçamento da empresa. Recuamos, com essa queda, para 0,55% do PIB agropecuário⁴. Mas, o governo Lula está firmemente empenhado em recuperar o orçamento da Embrapa e o salário dos pesquisadores para níveis compatíveis com a grandeza do agronegócio. Em maio de 2005, o salário do pessoal da Embrapa foi reajustado em 8,5%. Está em curso a revisão da política de pessoal, visando recuperar os salários, e novamente tornar a Embrapa atrativa aos brasileiros de talento. Busca-se, ainda, dar condições de a empresa adicionar ao orçamento os recursos próprios. Como está, o recurso próprio reduz o orçamento do tesouro na mesma quantidade. E, assim, não existem incentivos para aumentar o seu montante.

A Embrapa desenvolveu-se num período em que não havia proteção adequada à propriedade intelectual, principalmente, no caso da agricultura. Por isso, ela evoluiu dentro da concepção de que cabia ao governo a responsabilidade da pesquisa em ciências agrárias. É verdade que a iniciativa particular teve alguns sucessos nesse campo, mas nas áreas em que foi possível manter o segredo da descoberta, sendo, assim, factível para ela apropriar-se dos resultados dos investimentos feitos. Nessa linha, um dos casos notáveis é o milho híbrido. Mas, no ambiente até a porteira da fazenda e em pesquisa básica, o domínio dos investimentos públicos, em ciência e tecnologia, tem sido absoluto.

Na agricultura e nos países avançados, a iniciativa particular se destacou em áreas em que as descobertas são patenteáveis, e, portanto, em áreas que os resultados, em termos de lucro, podem ser apropriados. Assim é em cultivares, máquinas e equipamentos, tecnologia de alimentos, genes, etc. Contudo, a pesquisa da

iniciativa particular é pouco relevante em práticas culturais, conservação de solos, manejo de animais, etc. Ou seja, em áreas do tipo bem público.

Com o advento, no Brasil, das leis que protegem a propriedade intelectual, a iniciativa particular terá um papel muito mais ativo em pesquisa em ciências agrárias e já está avançando nisso, sobretudo em biotecnologia. A história tem acumulado três lições. Em primeiro lugar, a pesquisa da iniciativa particular somou-se ao investimento público, aumentando substancialmente os fundos de pesquisa, sem, contudo, aliviar os gastos do governo. Em segundo lugar, a iniciativa particular, por intermédio de contratos, aliou-se à pesquisa pública, reforçando o seu orçamento. Em terceiro lugar, as organizações públicas se adaptaram de modo a competir por contratos e a tirar vantagens que a nova alternativa de financiamento trouxe. Nos países desenvolvidos, elas aprenderam a elaborar, discutir e honrar contratos. Reduziram o custo da pesquisa, prepararam os dirigentes e os cientistas para o novo cenário, além de flexibilizar os salários de modo a permitir uma remuneração adicional, sem que a mesma se incorporasse ao salário.

A Embrapa tem que ser ágil para se adaptar às exigências das três lições e, ainda, estar preparada para suprir as áreas de pesquisa de pouco interesse para a iniciativa particular, como em meio ambiente, defesa, agricultura familiar, plantas medicinais e aromáticas, avaliação de política agrícola e de tecnologia, em manejo de animais e práticas culturais. Ela precisa ajustar sua estrutura organizacional, com olhos críticos em cima dos custos fixos. Precisa flexibilizar os salários e manter nos seus quadros cientistas competentes e que, ainda, inspirem confiança da iniciativa particular na empresa. Felizmente, a Embrapa tem talento, competência e experiência para realizar, com sucesso, os ajustes que os novos tempos requerem, e dispõe de uma diretoria com visão de modernidade.

⁴ Os dispêndios do Ministério da Agricultura Americano (USDA) iguaram 1,13% do PIBAGR (Gross value added of de agricultural sector), em 2002. Estimativas indicaram, respectivamente, 1,12% e 0,86% para 2003 e 2004. Portanto, já estivemos bem.

A geração de conhecimento e o sucesso do agronegócio brasileiro

José Roberto Mendonça de Barros¹
Alexandre Lahóz Mendonça de Barros²

Introdução

O agronegócio brasileiro é um sucesso. Este trabalho pretende mostrar quais foram os elementos-chave para tal resultado, destacando especialmente a relevância da geração de conhecimento como alavancador das vantagens comparativas do País.

Na segunda parte do trabalho apresentam-se os principais traços da evolução da agropecuária desde o início dos anos 1970 até hoje, mostrando como se construiu, em pouco mais de três décadas, o sistema mais competitivo do mundo. Na terceira parte destacam-se as forças do sistema e os principais desafios que o País enfrenta, hoje, a análise complementada pela discussão dos novos paradigmas de produção e a distribuição que afetarão e estimularão nosso sistema produtivo. Busca-se, ainda, mostrar que a nova revolução produtiva dependerá, essencialmente, da geração, difusão e incorporação de novas informações e conhecimento.

Finalmente, as principais conclusões serão alinhadas, ressaltando mais uma vez o papel central da Embrapa no desenho de nosso futuro.

Agropecuária após 1970

Em 35 anos o Brasil construiu, após 1970, o sistema produtivo mais eficiente do mundo, como

se discute adiante. Uma primeira lição já pode ser sugerida: o desenvolvimento e a consolidação de vantagens comparativas sistêmicas é tarefa de muitos anos e de muitos tipos diferentes de ações.

A agricultura brasileira desempenha, hoje, um papel importante nos mercados internacionais. Como pode ser visto na Tabela 1, o Brasil é responsável por 38% das exportações mundiais de soja, 29% do açúcar e frango e 82% do mercado exportador de suco de laranja. Em todos os mercados listados, o País é um dos quatro principais exportadores, e as taxas de crescimento recentes sugerem que nossa posição ainda vai se consolidar mais.

Ao longo dos anos, a soja tornou-se o setor mais importante do agronegócio. Em 2004, o complexo soja (grãos, farelo e óleo) exportou 8.1 bilhões de dólares. Em seguida vem o complexo das carnes (frango, suína e bovina) e o açúcar. Como pode ser visto na Fig. 1 o saldo comercial agrícola responde pela totalidade do saldo comercial do País.

Este padrão de expansão é notável, especialmente se levarmos em consideração o elevado grau de proteção e distorções no comércio internacional, que tendem a reduzir o tamanho dos mercados e pressionar negativamente a taxa de retorno dos investimentos no setor.

A posição do Brasil nos mercados internacionais é resultado direto do alto grau de

¹ MB Associados, e-mail: jr.mendonça@ambassociados.com.br

² Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, e-mail: almb@fgvsp.br

Tabela 1. Posição das exportações brasileiras no *ranking* mundial (2003).

Produto	Valor em exportação (US\$ milhões)	Brasil/mundo		Taxa anual de crescimento (1990–2003) (%)
		Participação (%)	Ranking	
Soja em grãos	4.290	38	1	17
Farelos de soja	2.602	34	2	4
Açúcar	2.140	29	1	18
Frango	1.709	29	2	13
Carne bovina	1.538	20	1	9
Café	1.302	29	1	3
Óleo de soja	1.232	28	2	9
Suco de laranja	1.192	82	1	1
Tabaco	1.052	23	1	7
Carne suína	546	16	4	27
Milho	369	4	4	53
Algodão	189	5	4	12
Total agrícola	21.281	3,8	3	6,4

Fonte: ERS/USDA; FAO.

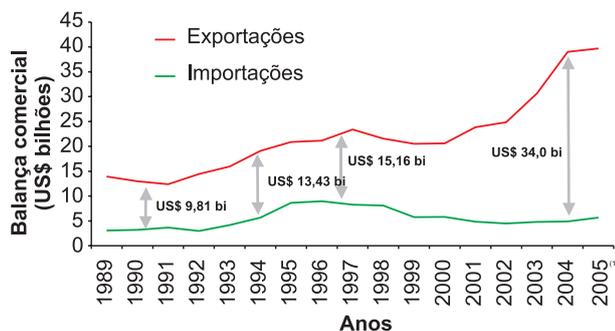


Fig. 1. Balança comercial do agronegócio (em US\$ bilhões).

⁽¹⁾ Previsão.

Fonte: Brasil (2004).

competitividade, sem subsídios, de nossa agricultura. Essa competitividade decorre de alta eficiência econômica, tecnologia e, como resultante, baixos custos. De fato, o País é o produtor de mais baixo custo numa importante cesta de produtos.

Várias razões podem ser levantadas no sentido de explicar a referida competitividade da agricultura brasileira. Dentre muitas, merecem destaque as seguintes³:

- Desde os anos 1970, o setor agrícola tem baixos níveis de proteção o que tendeu a estimular

exportações nos períodos de expansão do comércio internacional. Os casos mais conhecidos são o da soja, da laranja e da carne de frango que apresentaram desde essa época forte crescimento nas exportações.

- Entre o início dos anos 1970 e 1985 o crédito rural foi amplo e facilitado, o que inverteu o sinal das transferências intersetoriais. De fato, nesse período, o setor agrícola recebeu recursos do resto da economia, facilitando forte aumento no uso de fertilizantes, tratores e equipamentos.

- A criação da Embrapa, que passa a liderar o sistema brasileiro de pesquisa, produziu, após um período inicial de investimento, fluxo constante de inovações que se estende até hoje, alavancando conhecimento. Ao mesmo tempo, o sistema educacional especializado em ciências agrárias cresceu velozmente, elevando o número de profissionais graduados nas áreas de engenharia agrônoma, florestal, medicina veterinária e zootecnia⁴.

- Paulatina redução dos fortes controles existentes nas cadeias do trigo, leite e cana. Após 1990, os mercados ficaram livres para responder aos estímulos e oportunidades, resultando em in-

³ Para análise mais detalhada dos elementos citados, sugere-se a leitura de Dias; Barros (2000) e Barros (1999).

⁴ Ver Araújo et al. (2003).

crementos substanciais de produção e produtividade⁵.

- Nos anos 70 e 80 desenvolveram-se vários corredores de exportação que melhoraram a comercialização de produtos agrícolas. Entretanto, no período mais recente, a queda nos investimentos públicos e a piora na qualidade da malha rodoviária voltam a ser um problema de magnitude mais ampla.

- A abertura generalizada a partir de 1990 implicou em redução no custo de insumos e equipamentos importados que estimulou seu uso.

- A estabilização produzida pelo Plano Real elevou a renda do consumidor na medida em que o imposto inflacionário foi praticamente eliminado.

- Finalmente, a introdução do regime de câmbio flutuante completou o aparato macroeconômico, integrando de maneira mais sólida a economia brasileira e o agronegócio à economia mundial.

Desafios e características da atual fase do sistema

Após três décadas de mudanças parece que a agricultura brasileira começa a delinear um padrão agrícola único: moderno, intensivo em tecnologia e tropical. Não é fácil antever todos os aspectos desse modelo que ainda se encontra em construção, mas é possível levantar suas maiores forças, fraquezas e desafios.

Forças

Terra abundante e a baixo custo

O País possui um volume expressivo de área potencialmente agricultável. Existem diferentes estudos referentes à disponibilidade de terra que, em geral, tendem a convergir para uma área potencial superior a 100 milhões de hectares na região do Cerrado. Existe, ainda, uma enorme área de pastagem caracterizada por baixa produtivi-

dade das forragens e que atualmente começa a ser integrada ao sistema de grãos, configurando um inovador sistema de rotação. Em trabalho recente, Brandão et al. (2005) concluem que cerca de 80% do aumento da área cultivada com lavouras nos últimos 10 anos no Brasil deu-se em antigas áreas de pasto. Como observado anteriormente, a área total de pastagem no País situa-se ao redor de 170 a 180 milhões de hectares. A área agrícola atualmente cultivada no Brasil encontra-se em um patamar de 60 milhões de hectares, o que permite dar dimensão do enorme potencial produtivo do País.

Tecnologia

O evento tecnológico mais relevante ocorrido na agricultura brasileira nos últimos 30 anos foi sem dúvida o sistema de plantio direto. Esse sistema foi decisivo para viabilizar o desenvolvimento da agricultura nas áreas de cerrado. Clima tropical requer proteção do solo e o sistema de cultivo tradicional e o modelo de mecanização a ele atrelado mostrou-se inadequado a esse regime climático. Plantio direto, juntamente com nutrição de plantas e desenvolvimento genético, garantiu expressivo aumento da produtividade da agricultura na região central do País.

O domínio tecnológico da agricultura em ambiente tropical permitiu que a natural abundância de solo, luminosidade, temperatura e água pudessem ser utilizadas a fim de elevar a produtividade da agricultura. Em poucas palavras, o desenvolvimento tecnológico permitiu ao País fazer uso de suas vantagens comparativas na agricultura.

Duas safras em um ano

A possibilidade de produzir duas safras em um único ano tornou-se maior graças ao desenvolvimento do sistema de plantio direto. A realização de duas safras por ano é hoje usual no Mato Grosso, em Goiás e no Paraná, embora nesse último estado, em decorrência da elevada precipitação por quase todo o ano, o sistema de safra de verão e de inverno já era utilizado, no passado, com maior frequência⁶. A técnica de

⁵ Essa afirmação é menos verdadeira no caso do trigo.

⁶ O sistema de plantio direto foi inicialmente desenvolvido por agricultores paranaenses em meados dos anos 70. Após essas experiências iniciais, a tecnologia de plantio direto foi sendo desenvolvida, disseminada e adotada na região do Cerrado.

plantio direto reduz o tempo despendido com mecanização, permitindo a execução de duas safras com menor risco climático.

Sistema de integração lavoura-pecuária

Ao longo da última década, iniciou-se um sistema de produção que procura interagir a produção de culturas anuais (grãos e algodão) com a pecuária bovina. Esse sistema passou a ser conhecido como integração lavoura-pecuária. Existe um leque de variações dos tipos de integração, mas o princípio geral é a rotação de pastagem com grão, entre anos ou em um único ano (inverno e verão). O sistema de plantio direto requer palhada para proteger o solo. Ao final do período de chuvas é usual o cultivo de alguma lavoura para garantir a proteção do solo com palha quando do plantio da safra em setembro/novembro. Ocorre que o pasto pode perfeitamente ser utilizado para esse propósito, conferindo excelente proteção ao solo. Além disso, com a rotação com lavoura há melhoria da fertilidade do solo, elevando a produtividade das pastagens. A rotação com pasto permite, por sua vez, reduzir a infestação de doenças o que reduz as pulverizações necessárias às lavouras anuais.

A presença da agricultura permite ampliar a qualidade da nutrição dos bovinos. O processamento da safra colhida acaba por gerar subprodutos que podem ser utilizados em rações de confinamento, semiconfinamento ou suplementação a pasto a um custo reduzido, o que amplia consideravelmente a produtividade da pecuária. É interessante notar a presença de estruturas de confinamento disseminadas por todo o País, até em regiões do cerrado que nunca fizeram uso dessa tecnologia, por razões de custos de produção. Ademais, a presença de uma dieta de melhor qualidade amplia consideravelmente o benefício advindo do melhoramento genético, estimulando a adoção dessa tecnologia. É notório que ao longo dos últimos anos o uso de técnicas de melhoramento genético (tours provados, inseminação artificial, transferência de embrião, fertilização *in vitro*) cresceu muito no País.

Note-se, portanto, que há forte sinergia entre a produção de grãos e a pecuária bovina. Afora as vantagens tecnológicas, a diluição de risco

decorrente da diversificação configura outro ganho do sistema de integração.

Escala

O moderno sistema de produção do cerrado é concentrado. Em decorrência da escassez de capital no País e da relativa escassez histórica de mão-de-obra na região central, os preços relativos dos fatores (capital e trabalho) induziram a mecanização, configurando padrão semelhante ao dos Estados Unidos. Diversos fazendeiros estão se transformando em empresas com capacidade de produção, colheita, armazenagem e, em alguns casos, processamento e transporte. Em suma, relevo plano, grandes propriedades e bom clima permitem boa produtividade decorrente dos ganhos em escala.

Baixo risco climático nas áreas de cerrado

Como mencionado anteriormente, partes do Brasil central são caracterizadas por baixo risco climático. Esse elemento passou a ser decisivo para que o sistema informal de financiamento desenvolvido nos últimos anos entre empresas privadas do ramo de insumos e de exportação (*traders*) e os agricultores crescesse consistentemente. Boa parte dos fazendeiros do cerrado necessita do capital dos exportadores para financiar a produção. Os grandes *traders* sustentam suas operações através de diversos contratos, conhecidos como Cédula de Produto Rural. Esses contratos dão boa garantia de propriedade sobre o produto pré-comercializado, mas não cobrem o risco de produtividade (quebra da safra). Não existe no País um sistema de seguro generalizado; assim, baixo risco climático é condição indispensável para a sustentação do sistema informal de financiamento. É interessante notar que entrevistas conduzidas com empresas de insumos e grandes exportadores sugeriram que cerca de 60% da safra de soja do Mato Grosso é pré-comercializada, ou seja, vendida por ocasião do plantio. No Sul do País, especialmente no Rio Grande do Sul, onde o risco climático é alto, a pré-comercialização é da ordem de 10 a 20% da safra.

Pesquisa

O sistema agrícola brasileiro dependeu e continuará dependendo pesadamente de seu sistema de pesquisa. O sistema de pesquisa federal, liderado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolve pesquisas em todo o País, englobando diferentes condições edafoclimáticas e distintos produtos. Existe, ainda, um conjunto de centros de pesquisas estaduais, notadamente no Estado de São Paulo, que desenvolve tecnologia adaptada às condições locais. Além disso, diversas associações privadas de pesquisa foram criadas por produtores rurais, a fim de desenvolver pesquisa nas áreas de nutrição de plantas e de melhoramento genético de plantas. Existe amplo número de empresas privadas que adapta e desenvolve material genético, novos equipamentos e técnicas de pulverização e mecanização, nutrição de plantas, etc. A maior parte das multinacionais produtoras de insumos tem longa tradição no País.

Capital humano

No decorrer das últimas décadas, diversas escolas de engenharia agrônômica e florestal, medicina veterinária, zootecnia e biologia foram criadas no País, multiplicando consideravelmente o número de profissionais em ciências agrárias. Um número igualmente significativo de programas de pós-graduação foi fundado, elevando a qualidade dos profissionais que atuam na área. Atualmente, o Ministério da Educação requer que as universidades mantenham em seus quadros professores e pesquisadores com um mínimo padrão de formação. A maior parte das universidades públicas e parcela crescente das privadas apresenta, em seus quadros, profissionais com mestrado e doutorado. Parte desses profissionais obteve sua pós-graduação em instituições internacionais, elevando o padrão de conhecimento do País.

Os profissionais de ciências agrárias atuam nas empresas privadas de insumos, nos centros de pesquisas público e privado, nas empresas agrícolas, nas cooperativas, em empresas de consultoria, etc. É interessante notar que as propriedades mais modernas contam com

consultoria especializada nas diversas etapas do processo produtivo: nutrição, pulverização, mecanização, caracterizando forte especialização do conhecimento, o que acaba por elevar a produtividade do sistema. É importante mencionar que todas as empresas de insumos possuem em seus quadros um corpo de profissionais para aplicar e disseminar tecnologia. No passado, esse processo foi essencialmente feito pelo Estado, mas em decorrência tanto do crescimento do setor, quanto da crise fiscal dos anos 1980 e 1990, as empresas privadas assumiram a liderança na disseminação do conhecimento como uma estratégia de marketing. Atualmente, muitos encontros tecnológicos são organizados pelas empresas privadas e cooperativas.

Diversificação de produtos

Um aspecto interessante do agronegócio brasileiro é seu amplo número de produtos que são estruturados em uma cadeia completa. Açúcar e álcool, laranja, café, soja, algodão, madeira, tabaco, borracha, cacau, frutas, tomate, carne vermelha, carne de frango, ovos, leite e cadeias menores como flores e hortaliças encontram-se presentes no País. Essa diversificação garante estabilidade ao sistema, uma vez que as naturais variações de preços das commodities afetam menos o sistema como um todo. Ademais, note-se que o Brasil tem, além da diversificação das exportações, um grande mercado interno para produtos como café, açúcar, frutas, óleo de soja, frango, etc.

Boa oferta de água

Como se sabe, existe restrição na oferta de água em termos mundiais. O Brasil, entretanto, reconhecidamente dispõe de uma oferta abundante de água bem como de chuvas razoavelmente bem distribuídas no território (exceto no sertão nordestino).

Sistema de agronegócio sofisticado

Ao longo das últimas décadas, a qualidade e o controle da produção e dos processos produtivos melhoraram sistematicamente. Esse movimento foi conseqüência da elevação da qualidade das indústrias processadoras, da

sofisticação dos supermercados, da maior exigência por qualidade por parte dos consumidores e da introdução da tecnologia da informação. Esses movimentos sugerem que a rastreabilidade e a certificação da maioria dos produtos brasileiros é uma realidade não muito distante, como já pode ser vista em algumas cadeias. Esse aspecto é muito relevante para o comércio mundial. Além disso, o País possui boa indústria de insumos (máquinas, defensivos de fertilizantes), sendo o local de centros mundiais de produção de máquinas e equipamentos.

Rentabilidade e inovação

Finalmente, a mais importante força do sistema é a percepção generalizada que nunca mais o empresário inovador deixará de buscar ativamente novas técnicas de conhecimento.

Desafios de curto prazo

Dificuldades agrônômicas

A rápida expansão da produção, nos últimos cinco anos, mostra as dificuldades vindouras em termos de restrições agrônômicas. O súbito aumento da área plantada de soja conjuntamente com a ausência de rotação de culturas como consequência dos bons preços de soja espalhou amplo número de doenças que impressionou os produtores. A disseminação da ferrugem durante a safra 2003-04 foi intensa. A ferrugem surgiu na Bahia; na estação seguinte já se encontrava espalhada por todo o País de norte a sul. Em ambiente tropical não há inverno rigoroso que reduza a infestação de doenças. Essa é uma das principais restrições do ambiente tropical. É importante ressaltar que com a expansão da produção no futuro, os problemas surgirão não necessariamente com um padrão de crescimento linear.

O crescimento da agricultura brasileira implicará em grandes esforços no sentido de desenvolvimento de novas práticas produtivas, rotação de culturas, novos materiais genéticos, em suma, nova tecnologia. A pesquisa seguirá como a chave para o sucesso. É sempre bom manter a perspectiva histórica reconhecendo que o processo de expansão está apenas começando.

Infra-estrutura de transporte e armazenagem

Um dos principais problemas da região central do Brasil é o preço do frete. A logística reduz a rentabilidade da agricultura porque os insumos apresentam preços maiores e os produtos, menores. A maior parte da produção brasileira é transportada por rodovias, as ferrovias são escassas e com problemas de integração (por conta de bitolas diferentes) e de velocidade (as ferrovias cruzam por dentro de muitas cidades). A maior parte da soja produzida no Mato Grosso é exportada através dos portos de Santos e Paranaguá, sendo a trajetória composta por rodovias.

Com o rápido aumento da produção de soja, as estradas encontram-se congestionadas e em mau estado de conservação. Existe, entretanto, perspectivas de melhorias nas ferrovias e nas hidrovias. Nesse caso, há possibilidade de saída pelo norte do País reduzindo consideravelmente o preço do frete (entrevistas conduzidas com o setor privado sugerem que o frete pode cair 70%). É importante comentar que as restrições ambientais farão com que a expansão da infraestrutura logística siga uma tendência relativamente lenta.

Restrições ambientais

A expansão da agricultura brasileira atinge atualmente a região Amazônica. Apesar de existirem leis restringindo o desmatamento, este não está sendo contido. O estímulo econômico dos últimos cinco anos resultou em ampliação do processo de desmatamento. Existe claro conflito de interesses entre ambientalistas e agricultores. A abertura de uma nova estrada é ótima para a agricultura (e indústria), mas a expansão econômica advinda da implantação da estrada é ruim para a floresta. Não é certo qual força vencerá, mas torna-se claro que a expansão da infra-estrutura será mais lenta do que o imaginado. A sociedade brasileira é essencialmente urbana e, portanto, naturalmente mais sensível à causa ambiental.

Risco sanitário

O aumento no tamanho do agronegócio brasileiro elevará o risco sanitário envolvido na

produção, como mencionado anteriormente. Além disso, a expansão do comércio internacional traz consigo o risco de contaminação com doenças existentes no exterior. Em outras palavras, a probabilidade de problemas sanitários se eleva conforme a integração internacional aumenta.

As exportações brasileiras apresentam uma característica interessante, qual seja, envolve um amplo número de países. Por exemplo, a exportação de carne vermelha é feita para mais de 150 países diferentes. Esse vasto número de parceiros comerciais, embora reduza o risco de reduções abruptas nas exportações, impõe um complexo processo de administração para as empresas privadas. Nossas entrevistas indicaram que a estrutura comercial das empresas exportadoras tem que lidar com ampla variedade de legislações sanitárias presentes em cada país. Existe um ponto positivo nesse complexo sistema: as empresas estão melhorando o controle de qualidade e a rastreabilidade. Contudo, ao mesmo tempo, é oneroso lidar com tamanha variedade de especificações e restrições.

O governo federal está empenhado em organizar a legislação e em construir uma estrutura para lidar com os padrões de qualidade que as legislações sanitárias presentes nos parceiros comerciais do País exigem. Entretanto, as restrições financeiras parecem indicar que não haverá como a política acompanhar a velocidade do movimento privado. As restrições fiscais estão impondo cortes no orçamento da vigilância sanitária do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa). O déficit nominal do governo federal vem forçando cortes nas despesas que se generalizam por todo o governo federal. Politicamente é difícil estabelecer prioridades entre os diferentes ministérios. Por conta disso, a despeito do forte crescimento nas exportações do agronegócio (e conseqüentemente da necessidade de maior controle sanitário) recursos alocados para a segurança alimentar estão reduzindo a cada ano. A Fig. 2 apresenta o orçamento federal da Defesa Sanitária entre 1998 e 2005 (previsão). Pode-se observar que os recursos estão diminuindo e no ano corrente são significativamente menores (embora ainda possam ser revertidos). Em que

pese à existência de sistemas estaduais de vigilância sanitária, essa redução no orçamento federal merece forte preocupação.

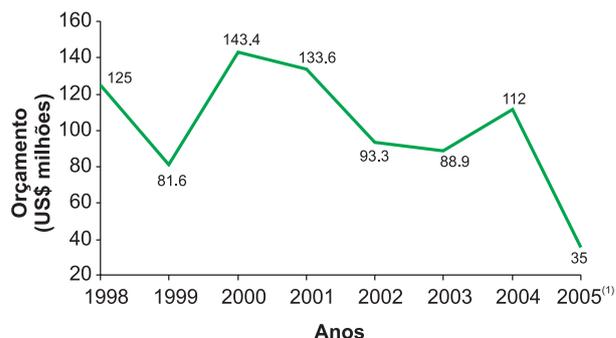


Fig. 2. Orçamento federal da Defesa Sanitária (milhões R\$).

⁽¹⁾ Previsão.

Fonte: Ministério da Agricultura (2005).

Pequenas propriedades

A modernização da agricultura brasileira foi marcada por uma dicotomia entre grandes propriedades intensivas em capital e a presença de pequenas propriedades intensivas em trabalho. A pequena produção vem sofrendo crescentes dificuldades para sobreviver, pressionada pela redução nos preços dos produtos, pelo alto custo do capital e com a sofisticação das novas tecnologias não viáveis em pequena escala. Não são claras quais são as soluções para esse setor da agricultura brasileira. Apenas as pequenas propriedades, que se integraram em sistemas produtivos maiores, como aves e ovos, fumo, certos casos de flores, frutas e vegetais conseguem progredir a despeito de seu tamanho.

Todas as limitações indicam quais são os maiores desafios da agricultura brasileira. Entretanto, dois tópicos especiais merecem atenção. Primeiro faz-se necessário melhorar os mercados financeiros. O sistema oficial de crédito é pequeno para as necessidades da produção. De acordo com nossas estimativas, o sistema de crédito oficial é suficiente para algo como 25% a 30% do total de capital requerido. A outra parte dos recursos é o capital próprio do produtor (ao redor de 35% das necessidades) e o capital oriundo das empresas de insumos e dos grandes *traders*, que, em muitos casos, são a mesma firma.

O sistema financeiro informal desenvolvido na agricultura brasileira é caro para os produtores. Por conta do alto custo de oportunidade do capital o sistema bancário não tem interesse em emprestar recursos aos fazendeiros. A baixa oferta de capital do sistema financeiro faz com que a única fonte de recursos privada sejam aquelas com interesse comercial com relação à agricultura.

A informalidade abre as portas para problemas judiciais. O ano de 2004 se caracterizou por um momento de perturbação na estabilidade do sistema informal de crédito. Com o alto preço da soja no início do ano alguns produtores não entregaram a soja que haviam pré-comercializado. Os grandes *traders* tiveram que recorrer à Justiça e alguns casos não conseguiram reaver o produto pelo qual haviam pago quando do plantio da safra. Esse fato foi o primeiro choque em larga escala para o sistema de financiamento.

O modelo de financiamento da agricultura brasileira necessita, ainda, desenvolver um amplo sistema de seguro. Embora o risco de produtividade seja relativamente baixo em partes do Mato Grosso, Goiás e Paraná, isso não é verdade para boa parte do País. Nesse ano, por exemplo, a seca afetou severamente a Região Sul do País.

Outro grande desafio para os setores público e privado consiste no desenvolvimento de inteligência para lidar com o comércio internacional. Existem diversas barreiras de comércio aos produtos agrícolas brasileiros que devem ser contestadas nos organismos internacionais. Ademais, as regulamentações sanitárias em todo o mundo são variáveis e complexas o que requer harmonização de princípios e procedimentos. Novas instituições devem ser construídas para lidar adequadamente com essas questões.

Novos paradigmas

A revolução da Tecnologia da Informação (TI) permitiu a consolidação de uma nova forma de organizar a produção e a distribuição de bens. De fato, a vertiginosa queda no preço dos equipamentos resultou na possibilidade de

gerenciamento de grandes massas de informações a custos acessíveis. Ademais, a explosão da internet e da comunicação reduziu a distância entre as pessoas, empresas e países, resultando em profundas transformações da sociedade, ainda em andamento e não completamente compreendidas. Oriunda e consolidada na área industrial, essa revolução está adentrando fortemente o setor agropecuário.

No plano dos bens, a agregação de valor passa a se dar pela diferenciação dos produtos a partir da introdução de novos atributos. Consumidores ou, mais precisamente, grupos de consumidores, estão dispostos a pagar mais por esta diferenciação. O caso mais geral (e que não é novo) é a diferenciação por qualidade, categoria que finalmente entrou para valer no nosso sistema produtivo, como mostram os casos da carne e do café. Os atributos também podem ser dirigidos a mercados específicos (flores que se abrem numa determinada data na Holanda, cortes muito específicos de carne para diferentes mercados). Os atributos também podem ser ligados a valores, como é o caso dos produtos orgânicos (mel no Nordeste), florestas certificadas ou de manejo sustentável, etc.

Produtos novos são também fruto da pesquisa: diferentes subprodutos de soja e milho, fitoterápicos, etc. Nessa direção, área especial constitui a utilização da modificação genética visando o desenvolvimento de produtos com propriedades específicas e qualidades mais adequadas para o processamento industrial, como tipos especiais de farinhas, óleos, frutas e legumes. Além disso, a inovação inclui a produção de alimentos funcionais, ou nutracêuticos, com a elaboração de itens dotados de atributos específicos, sobretudo saúde (por exemplo, o projeto da Embrapa da cenoura com mais vitamina A).

O Brasil, que domina a competitividade na área de *commodities*, está entrando firme na área de diferenciação por qualidade e para certos tipos de consumidores. A pesquisa de novos produtos, entretanto, é um desafio a vencer, apesar dos avanços recentes. Combinar volume e diferenciação será o futuro do agronegócio no Brasil.

No plano dos processos produtivos, o novo paradigma começa pela introdução da TI na análise, planejamento e controle da produção (exemplo da pecuária). Isso deve ocorrer na propriedade e na cadeia produtiva e, antes de tudo, deve levar ao atendimento de elevados padrões de sanidade e qualidade. A rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva (inclusive importações) é fundamental.

Além disso, a flexibilidade na produção é fundamental: aqui entram as rotações de culturas dentro do ano e entre anos, a resposta mais rápida da produção frente a alterações de preços relativos, etc.

Ainda no processo produtivo, um tópico essencial é a redução de custos. Fala-se, por exemplo, do controle de processo advindo da agricultura de precisão e também de resultados diretos de pesquisa e experimentação, como controle biológico de pragas (cigarrinha na cana, lagartas na soja, etc.).

E fala-se especialmente da produção de sementes transgênicas que permitem elevar a resistência de plantas e vários tipos de "stress", reduzindo o uso de insumos e os custos. Embora tardia, é extremamente bem vinda à aprovação da Lei de Biossegurança e o início do plantio legal de soja modificada, fruto de pesquisas locais.

Finalmente, a pesquisa pode gerar variedades adaptadas a diferentes ambientes. O sucesso do Brasil em criar a única agricultura tropical de larga escala amplamente competitiva em uma série de produtos é o melhor exemplo que se pode dar. *Commodities* e produtos diferenciados produzidos com alto padrão de qualidade e a custo mais baixo é o que se pode conseguir e vem sendo conseguido no Brasil.

Entretanto, isto ainda não é tudo. A transformação no paradigma produtivo passa pelo foco e desverticalização da produção ao longo da cadeia produtiva. A mudança na forma de organizar a produção a partir da fazenda só ocorre porque uma rede de fornecedores (públicos e privados) de conhecimento e insumos vai se criando, na área de software, serviços técnicos, sementes,

informações de mercado, etc. Além disso, a ponta final (supermercados e compradores no exterior) cada vez mais comanda o processo. A logística é, portanto, cada vez mais essencial.

Nesse plano, afora a restrição da infraestrutura do orçamento público, já apresentada, o Brasil está mal em dois quesitos: uma elevada carga tributária e um cipoal de impostos, contribuições, taxas e regulamentos, que elevam os custos de produção, de administração e paralisam a terceirização (o caso da MP 232 é antológico).

Ademais, cresce o papel dos contratos e do respeito às leis. É necessária a criação/desenvolvimento de mecanismos expeditos de solução de controvérsias, como a arbitragem.

Conclusões

O Brasil construiu o sistema agroindustrial mais competitivo do mundo. Água, sol e terra em abundância, recursos humanos e conhecimento desenvolvido e aplicado localmente atraíram o capital necessário para alavancar o processo. Políticas públicas adequadas (embora nem todas) e a abertura da economia completaram o processo.

Além da produção, do emprego e das exportações, também o consumidor saiu beneficiado, como já mostrado. É um processo que segue avançando, em que pesem desafios por nós apontados, que, incidentalmente, não são maiores que aqueles do passado. E esses avanços têm sempre mais um componente de conhecimento. Tome-se como exemplo, o processo de exportações, que comandado por Pedro de Camargo Neto o País aprendeu o jogo das leis comerciais e do tratado da Organização Mundial do Comércio, abrindo e ganhando painéis que julgaram ilegais os subsídios americanos ao algodão e europeus ao açúcar. Como consequência, segue sólida a possibilidade de avanços adicionais no mercado internacional, em que pese o atual surto de valorização do real.

O agronegócio seguirá como um propulsor do crescimento, mais do que tudo por ter

percebido a força que o conhecimento confere aos recursos naturais. Isto não ocorre apenas na cadeia de produção e comercialização de produtos agropecuários e florestais. Os benefícios vazam para o resto da economia, como ocorreu no caso do pólo de calçados de Birigui, a partir de uma pesquisa da Embrapa⁷.

O sistema Embrapa continuará tendo papel central no desenho e construção de nosso futuro.

Referências

ARAÚJO, P.F. de C.; SCHUH, G. E.; BARROS, A. L. M de; SHIROTA, R.; NICOLELLA, A. C. O crescimento da agricultura paulista e as instituições de ensino, pesquisa e extensão numa perspectiva de longo prazo. [São Paulo]: Fapesp, 2003. 176 p.

BARROS, A. L. M. Capital, produtividade e crescimento da agricultura: o Brasil de 1970 a 1995. 149 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BRANDÃO, A. S. P.; REZENDE, G. C. de; MARQUES, R. W. da C. Crescimento agrícola no período 1999-2004: explosão da área plantada com soja e meio ambiente no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA, 2005. 21 p. (Texto para discussão, 1062).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura: 145 anos. 2004. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 7/2005.

DIAS, G. L. S.; BARROS, A. L. M. Dynamics of the Brazilian small farm sector. In: VALDES, A. (Org.). Rural poverty alleviation in Brazil: towards an integrated strategy. Grass Valley, CA: World Bank, 2000. v. 1, p. 32-36.

FAO. FAOSTAT: agriculture. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 7/2005.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Agriculture. Economic Research Service. 2006. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov>>. Acesso em: 7/2005.

⁷ A utilização de uma tecnologia (hardware e software) desenvolvida para otimizar a aplicação de produtos em superfícies foliares foi adaptada para controlar a aplicação ótima de cola na sola de tênis infantis.

Agroenergia

Uma opção estratégica para o Brasil

Carlos Lovatelli¹

Motivações para o uso de biocombustíveis

O controle da contaminação atmosférica com gases provenientes da queima de combustíveis fósseis, responsáveis pelo chamado efeito estufa, é um tema que está cada vez mais presente na agenda da maioria dos países, principalmente após os compromissos assumidos com o Protocolo de Kioto.

A necessidade premente dos países ricos em reduzir seus níveis de emissões atmosféricas, buscando reverter ou minimizar seus efeitos danosos ao meio ambiente, tem levado nos últimos anos a uma tendência crescente de substituição dos combustíveis fósseis pelos chamados combustíveis de biomassa, ou simplesmente biocombustíveis.

O Brasil, mediante o Proálcool, é mundialmente reconhecido como o pioneiro dessa tendência, tendo-se notabilizado como o maior produtor e consumidor de biocombustíveis. O álcool brasileiro, já consolidado no mercado doméstico com uma produção de cerca de 15 bilhões de litros/ano e com a demanda crescente, devido aos carros bicombustíveis (*flexible fuels vehicles*), começa gradativamente a ganhar o mercado externo, configurando-se como uma *commodity* energético-ambiental.

Outro biocombustível que deve passar a ter grande importância no cenário mundial é o

biodiesel, um combustível renovável, biodegradável e ecologicamente correto, produzido a partir de óleos vegetais. Em função de suas enormes vantagens ambientais, como seu baixíssimo teor de enxofre e menor emissão de dióxido de carbono (apontado como principal responsável pelo efeito estufa), vários países estão produzindo comercialmente o biodiesel ou estimulando seu desenvolvimento em escala industrial para uso nos veículos do 'Ciclo Diesel'. A União Européia, pioneira no uso de biodiesel, com uma produção superior a 2 bilhões de litros em 2004, aprovou recentemente uma diretiva ambiental que recomenda a adição de 2% de biocombustíveis em todos combustíveis usados em seu território até 2005, com a ampliação para 5,75% até 2010.

A decisão sobre a adoção desses biocombustíveis como componentes significativos na matriz energética de diversos países baseia-se em motivações de caráter ambiental e também de ordem econômica e estratégica. Estas estão centradas basicamente em dois aspectos: a busca de combustíveis alternativos em função da tendência estrutural de aumento nos preços do petróleo e os efeitos positivos sobre o emprego e a renda, principalmente no campo, que a adoção de biocombustíveis pode proporcionar.

A substituição do petróleo por biocombustíveis, principalmente o biodiesel e o álcool combustível, tem se tornado fator cada vez mais importante para os países dependentes do petróleo

¹ Presidente da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove), presidente da Associação Brasileira de Agribusiness (Abag).

importado. O aumento da demanda mundial e as instabilidades políticas no Oriente Médio, que detém cerca de 65% das reservas mundiais, têm provocado um aumento crescente dos preços internacionais do petróleo. Enquanto o preço médio do barril de petróleo situou-se em cerca de US\$ 25/barril entre 1999 e 2003, o preço médio projetado para os próximos anos situa-se acima de US\$ 40/barril, representando uma mudança de patamar nos preços praticados no mercado internacional.

Entretanto, quando se compara a tendência histórica dos preços do petróleo com a dos óleos vegetais para a produção de biodiesel, por exemplo, nota-se claramente a inversão da tendência entre os preços relativos dos óleos vegetais e os preços do petróleo. Isto é um forte indicativo da competitividade que o biodiesel deve ganhar nos próximos anos (Fig. 1).

Assim, a produção nacional de biodiesel representa um posicionamento estratégico para o País em um momento de enorme instabilidade política mundial, que diversificará nossa Matriz Energética, eliminando nossa principal restrição: o óleo diesel. O Brasil é estruturalmente deficitário na produção de óleo diesel, importando em média 10% de seu consumo doméstico. Além disso, a produção e o uso em larga escala do biodiesel no País promoverá ganhos econômicos imensos no presente, com a geração de milhares de novos

empregos no campo e na indústria, assim como ganhos ambientais para as atuais e futuras gerações, com a melhora da qualidade do ar nas grandes cidades.

A produção de álcool combustível, extraído da cana-de-açúcar, e de biodiesel, produzido de óleos vegetais, representam uma extraordinária evolução na história da agricultura, que além de seus usos tradicionais passaram também a produzir insumos para a fabricação específica de combustíveis e co-geração de energia, inaugurando a fase da Agricultura Energética. O Brasil, que tem uma vocação agrícola invejável, disponibilidade de terras férteis ainda inexploradas e que construiu o maior programa mundial de biocombustíveis, o Proálcool, é um candidato natural a estar à frente desse processo e tornar-se também um grande produtor e uma referência mundial em biodiesel.

Efeitos da produção de biodiesel sobre o agronegócio brasileiro

A produção de biodiesel no País, apoiada pelo governo federal, tem como objetivos a redução da dependência atual de importação de óleo diesel, da ordem de 6 milhões de metros cúbicos por ano e, ao mesmo tempo, promover a inclusão social mediante fomento à agricultura, principalmente por meio da agricultura familiar.

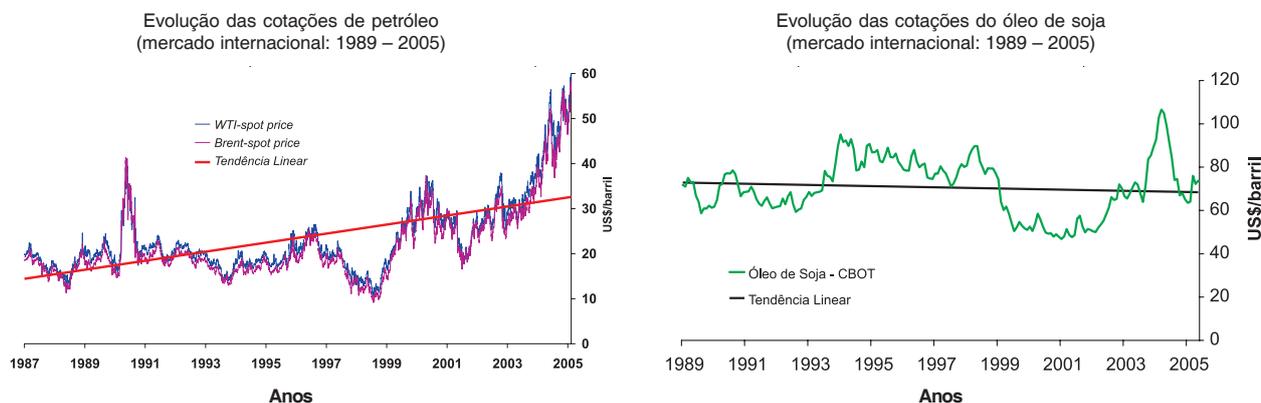


Fig. 1. Comparação dos preços do petróleo e dos óleos vegetais.

Elaboração: Abiove

Fonte: Zílio (2006).

Para isso, foram aprovadas as Leis Nº 11.097/05 e Nº 11.116/05 e as Resoluções ANP Nº 41 e 42 que tratam respectivamente do estabelecimento de mistura compulsória do biodiesel ao diesel, tributação federal sobre o biodiesel e especificação técnica do biodiesel. Este arcabouço institucional compõe o chamado marco regulatório do biodiesel.

A Lei Nº 11.097/05 estabelece que de janeiro de 2005 a janeiro de 2008 está autorizada a mistura de 2% de biodiesel ao diesel, e a partir de janeiro de 2008 esta mistura passa a ser compulsória, passando para 5% a partir de janeiro de 2013. Estima-se que no momento que a mistura de biodiesel ao diesel se tornar compulsória em 2008, serão necessários cerca de 1 bilhão de litros de biodiesel para atender ao percentual de 2%, o que demandará aproximadamente US\$ 120 milhões em investimentos em unidades industriais para produção desse novo biocombustível.

Em todo processo de mudança, no entanto, existem os fatores que são aliados naturais e a pré-condição para o sucesso de um projeto, como também existem fatores que podem representar pontos críticos e cuja antevisão não pode ser ignorada. Assim, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel pode ser analisado sob a ótica de seus fatores de impulso e de restrição.

Fatores de impulso

- O biodiesel proporciona a chance de substituição direta de um produto importado (óleo diesel) por um produto inteiramente nacional, sem que seja necessária qualquer alteração nos motores atuais.

- Cada quilograma de biodiesel utilizado em substituição ao óleo diesel evita a emissão de 2,5 quilogramas de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, além de outros gases poluentes presentes no diesel, principalmente os resíduos de enxofre que provocam chuvas ácidas e problemas respiratórios e cardiovasculares. Portanto, a utilização do biodiesel trará resultados ambientais imediatos, proporcionais ao percentual da mistura.

- O Brasil é o único país no mundo com grande capacidade de expandir sua produção de oleaginosas (soja, palma, mamona, semente de algodão, girassol, amendoim, canola, etc.) de forma sustentável para a produção de biodiesel. Essa expansão deverá ocorrer a partir da recuperação de áreas já degradadas, em substituição à áreas de pastagem, principalmente reforma de pastos e em áreas de expansão legal dos cerrados no Centro-Oeste.

- A produção de biodiesel representa uma nova dinâmica para toda cadeia produtiva dos óleos vegetais, desde a produção agrícola até a agroindústria, com a perspectiva de aumento de demanda por óleos vegetais e conseqüente efeito multiplicador pelos demais segmentos da economia.

- A demanda de óleos vegetais para fabricação de biodiesel tornará possível, dependendo de alguns fatores técnicos, ambientais e econômicos, o fortalecimento de lavouras que têm um forte impacto regional como a mamona e a palma. Essa nova demanda pode impulsionar os investimentos em pesquisas agrícolas, buscando o aumento de produtividade e assim, repetir a trajetória de sucesso da soja no Brasil, que se deve principalmente ao notável trabalho de pesquisa realizado pela Embrapa.

- Maior integração dos negócios do setor da cana-de-açúcar e de óleos vegetais, com a utilização do álcool anidro como insumo no processo de fabricação do biodiesel (rota etílica).

- Melhora da qualidade do óleo diesel que, com a adição do biodiesel, tem um significativo ganho na sua lubricidade.

- Diversificação de nossa matriz energética.

Fatores de restrição

Nas condições atuais de produção existe um diferencial de custo de produção do biodiesel em relação ao óleo diesel, cuja equalização requer o uso de algum tipo de desoneração tributária e o estabelecimento de mistura compulsória do biodiesel ao diesel.

Os dados apresentados na Fig. 2 mostram uma estimativa dos custos de produção do biodiesel, produzido a partir de óleo de soja e etanol, em planta de grande porte, para os anos de 2000 a 2005, ajustados pelos preços do óleo de soja e demais variáveis para aqueles anos. Percebe-se que o biodiesel é competitivo com o óleo diesel apenas quando os preços dos óleos vegetais estão relativamente baixos (anos de 2000 e 2001) ou quando os preços do petróleo estão elevados, como os praticados no atual momento.

Desse modo, a competitividade econômica do biodiesel frente ao diesel poderá ser alcançada com a desoneração dos tributos federais (Pis-Cofins), criando um degrau de competitividade de R\$ 0,218 por litro de biodiesel. Caso os custos de produção do biodiesel desonerado excedam aos do óleo diesel, essa diferença é absorvida através do mecanismo da mistura compulsória. Portanto, a viabilidade econômica do biodiesel depende enormemente desses dois mecanismos.

A Lei Nº 11.116/05 estabeleceu os mecanismos de tributação federal sobre o biodiesel, criando quatro faixas distintas de tributação, que vão da total desoneração, para o biodiesel produzido a partir de óleo de palma ou mamona produzidas pela agricultura familiar nas regiões Norte, Nordeste ou Semi-Árido nordestino, até o valor de R\$ 0,218 por litro de biodiesel

(equivalente ao valor dos tributos sobre o óleo diesel).

Essa estrutura tributária com quatro faixas diferentes de tributação não favorece a implementação do programa. Enquanto existe uma forte tendência mundial de desoneração do biodiesel, a exemplo da União Européia e dos Estados Unidos, o Brasil contrariando essa tendência estabeleceu uma estrutura tributária, na qual a maior parcela da produção nacional de biodiesel será tributada no mesmo patamar que o diesel mineral. Na Região Centro-Sul, por exemplo, que não é produtora de mamona e nem de óleo de palma, por restrições climáticas, e onde está a maior parte do consumo de diesel no País (77%) e, conseqüentemente, de onde virá também quase que a totalidade da demanda por biodiesel, não há qualquer incentivo tributário para o uso das oleaginosas produzidas nessa parte do Brasil para produção de biodiesel. Se um produtor no Centro-Oeste ou na Região Sul for produzir biodiesel a partir da soja, girassol, amendoim ou canola (colza), este biodiesel será tributado nos mesmos valores que o diesel mineral, num total de R\$ 0,218 por litro produzido. Portanto, o biodiesel na Região Centro-Sul terá que competir com o diesel nas mesmas condições tributárias, apesar de todos os benefícios ambientais, econômicos e sociais que este novo

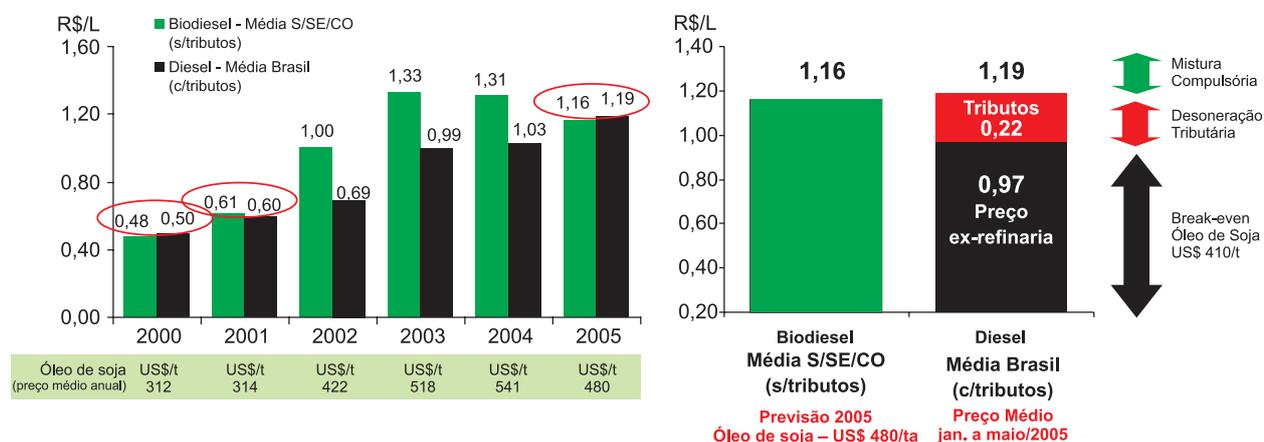


Fig. 2. Estimativas dos custos de produção do biodiesel (Éster-etílico de óleo de soja).

Fonte: Zílio (2006).

Elaboração: Nappo (2006).

biocombustível pode trazer para essas regiões. Isto é muito sério e pode dificultar enormemente a produção de biodiesel nesta parte do País.

Além disso, o modelo atual de desoneração seletiva exclui os grandes produtores, que poderiam fazer o mercado de biodiesel crescer de forma rápida, enquanto que a simples desoneração tributária não é suficiente para tornar o pequeno produtor competitivo. O governo deveria ter criado um incentivo fiscal geral para a produção de biodiesel com desoneração total, independente da região produtora, da oleaginosa ou do tamanho do produtor agrícola, e deveria prover incentivos adicionais para a agricultura familiar a fim de estimular a inclusão social. Isto seria muito mais efetivo para o desenvolvimento do programa como um todo e para a própria inclusão social, pois somaria esforços para o sucesso do programa entre todos os agentes envolvidos na produção de biodiesel, além de tornar a fiscalização mais simples, evitando fraudes.

Um momento histórico único

No momento que o mundo, especialmente o desenvolvido, caminha na direção do uso de combustíveis mais limpos e derivados da biomassa, nosso país não pode ficar alheio às

transformações que este processo vai provocar.

Primeiro porque o Brasil pela enorme tradição na produção e comércio agropecuário, disponibilidade de terras férteis ainda inexploradas e a força do seu agronegócio é um candidato natural a estar à frente desse processo e tornar-se uma referência mundial.

Segundo porque a destinação ao consumo não humano para determinados produtos agrícolas, mediante a Agricultura Energética, cria um horizonte imensurável de expansão das atividades do agronegócio com todo seu cabedal de oportunidades sobre toda a cadeia produtiva.

Finalmente é um momento histórico e único, e o Brasil não pode ignorar a grande oportunidade que o uso de combustíveis renováveis o está proporcionando.

Referências

NAPPO, Márcio. Competitividade econômica do biodiesel no Brasil. In: SEMINÁRIO COMBUSTÍVEIS, LUBRIFICANTES E ADITIVOS, 2005, São Paulo. Panorama automotivo do Brasil: anais eletrônicos. Disponível em :<http://www.aea.org.br/br/paginas.asp?id-site=br&cod-pagina=1858codsecao=55>. Acesso em: 9 jan. 2006.

ZILIO, José. Biodiesel economics in Brazil - May 2005. In: BIOFUELS SEMINAR, 2005, São Paulo. [Anais eletrônicos]... Disponível em: <http://www.ahk.org.br/upload-arq/JoseZilio-ABIOVE.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2006.

Worldwide adoption and profitability of precision agriculture Implications for Brazil

T.W. Griffin¹
J. Lowenberg-DeBoer¹

Abstract: Precision agriculture (PA) technology has been on the market for almost 15 years. Global Positioning Systems (GPS), Geographic Information Systems (GIS), yield monitors, variable rate technologies (VRT) and other spatial management technologies are being used by farmers worldwide, but questions remain about the profitability of the technology and its future. This paper summarizes: 1) data on worldwide adoption of PA technology, 2) review of PA economics studies and 3) implications for Brazil. Worldwide adoption estimates are based on reports by an international network of collaborators. The PA profitability summary goes beyond previous reviews by including a large number of publications from the last three years, a more detailed breakdown of results by technology type and new technologies. For Brazil, low land prices, low wage rates, focus on commodity crops, and the high cost of imported technology would tend to discourage PA adoption, especially for the classic PA technologies like VRT. The large scale of many Brazilian farms may favor adoption of GPS guidance and use of PA to automate record keeping, employee supervision and quality control. PA adoption may grow rapidly in areas with higher value crops, such as citrus and sugar cane, states with higher land values and regions with a strong agricultural research base. Strong public sector agricultural research organizations will help Brazil develop site-specific PA uses, but the shortage of farm and field level economics in those public sector research organizations may inhibit PA adoption decisions.

Key-words: precision agriculture, adoption, profitability,

Introduction

The adoption and profitability of precision agriculture (PA) technologies has been site specific. In some areas of the world variable fertilizer application is highly profitable, while in other areas it rarely covers costs. Some farmers and agribusinesses focus on analysis and use of combine yield monitor data, others find guidance systems to be the most profitable aspect of PA. As

a globally competitive agricultural producer, Brazilian agriculture needs to identify which PA technologies fit its economic, social and ecological conditions. The objectives of this article are to summarize the worldwide picture of PA adoption and profitability, and outline implications of the worldwide patterns for Brazilian agriculture.

Precision agriculture (PA) is an application of spatial information technologies to crop

¹ Dept. of Agricultural Economics, Purdue University
West Lafayette, Indiana, 47907
twgriffi@purdue.edu
lowenbej@purdue.edu

production. PA technologies such as Global Positioning Systems (GPS), Geographic Information Systems (GIS), yield monitors, variable rate technology (VRT) and other spatial management technologies have been on the market for about 15 years and are used by farmers worldwide, but questions remain about the profitability of these technologies and their future. This paper summarizes: a) data on worldwide PA technology adoption; b) a literature review covering more than 200 studies reviewing PA profitability; and c) implications for Brazilian agriculture. These overlapping themes can be thought of as what we have learned, what we are doing, and where we go from here.

Adoption estimates are based on reports from an international network of collaborators, and publicly available literature, such as refereed journal articles, technical magazines, and conference proceedings. United States PA adoption numbers draw on USDA Agricultural Resource Management Survey (ARMS) data. The PA profitability summary extends the review of 108 documents by Lambert and Lowenberg-DeBoer (2000) with an additional 126 studies and a breakdown of technology profitability by type and new technologies. Following the adoption and PA economics sections, the paper applies the lessons learned in PA adoption and economics worldwide to Brazil.

Current adoption trends

Several studies have examined PA adoption since its debut in the late 1980s (DABERKOV et al., 2002; DABERKOV; McBRIDE, 1998; FOUNTAS et al., 2003; GRIFFIN et al., 2000; POPP; GRIFFIN, 2000; ENGLISH et al., 2000; GRIFFIN et al., 2002; GRIFFIN et al., 2004; KHANNA, 2001). PA has slowed in recent years compared to the mid- and late 1990's (DABERKOV et al., 2002; POPP et al., 2002; WHIPKER; AKRIDGE, 2005). Still others present possible constraints impeding PA adoption (FOUNTAS et al., 2003; GRIFFIN et al., 2004; KITCHEN et al., 2002; POPP et al., 2002; WIEBOLD et al., 1998).

The USDA ARMS survey provides the most detailed information with respect to PA adoption in the U.S. The survey is a collaborative effort by the Economic Research Service (ERS) and the National Agricultural Statistics Service (NASS). Since 1996, the ARMS Survey has provided information on production practices and resource use of America's farmers through face-to-face interviews. The 2002 ARMS survey targeted soybean (*Glycine max*, L. Merr.) production and the 2003 targeted cotton (*Gossypium hirsutum*, L.). This section reports results of the updated 1996 through 2003 ARMS.

Yield monitor adoption

Yield monitor adoption is often the yardstick by which PA is measured. Around the world yield monitors are the single most common PA technology (LOWENBERG-DeBOER, 2003a). About 90% of the world's yield monitors are in the United States. Corn (*Zea mays*, L.) and soybean yield monitor adoption rates have steadily increased since the introduction. Corn and soybean yield monitors were used on 15.6% and 13.3% of planted area in 1996 (Table 1). Yield monitor use exceeded 35% of planted corn acreage in 2001. However, the soybean acreage harvested with a combine yield monitor was still less than 30% by the end of 2002. Wheat (*Triticum aestivum*, L.) and cotton have not experienced the same level of adoption as corn and soybean. Approximately 9% and 2% percent of planted wheat in 2000 and cotton in 2003, respectively, were harvested with machines equipped with yield monitors.

One might expect high value crops like cotton to have higher adoption rates. One reason for the lag in yield monitor adoption in cotton is the uniqueness of the crop's harvesting machine. The cotton picker is used only for cotton, as opposed to the grain combine, which is used for corn, soybean, wheat, and other grain and oilseed crops. While a combine harvests multiple crops and can have costs spread over many hectares, the cotton picker has its costs spread over cotton only. The cotton yield monitor became

Table 1. Share of U.S. corn, soybean, all wheat, and cotton acres on which precision agriculture technologies were used, 1996-2003⁽¹⁾.

Technology/year	Corn	Soybeans	All wheat	Cotton
Yield monitor	(percent of planted acres)			
1996	15.6	13.3	5.9	NA
1997	19.9	16.1	7.4	NA
1998	26.0	20.2	8.5	*
1999	32.0	21.6	NA	1.7
2000	34.2	25.4	9.1	1.3
2001	36.5	NA	NA	NA
2002	NA	28.7	NA	NA
2003	NA	NA	NA	1.7
Yield map (Yield monitor with GPS)				
1996	NA	8.1	*	NA
1997	9.5	5.2	*	NA
1998	12.7	10.2	*	*
1999	18.4	9.9	NA	1.0
2000	13.8	7.8	*	*
2001	13.7	NA	NA	NA
2002	NA	10.7	NA	NA
2003	NA	NA	NA	*
Geo-referenced soil map ⁽²⁾				
1998	18.6	14.4	6.6	3.1
1999	23.8	16.7	NA	7.6
2000	25.0	18.5	12.2	14.2
2001	25.0	NA	NA	NA
2002	NA	11.2	NA	NA
2003	NA	NA	NA	4.8
Remotely sensed image ⁽³⁾				
1999	12.7	6.9	NA	NA
2000	7.3	4.4	3.9	NA
2001	3.4	NA	NA	NA
2002	NA	1.7	NA	NA
2003	NA	NA	NA	4.6

* = Less than 1 percent. NA = not available

⁽¹⁾ These estimates are revised from previously published estimates based on updated weights from the ARMS.

⁽²⁾ Prior to 2002, respondents were asked if the soil characteristics of this field had ever been geo-referenced. Beginning in 2002, respondents were asked about geo-referencing in the current and previous year.

⁽³⁾ The question was reworded in 2002 to better define the term "remotely sensed".

Source: USDA/ERS (2005a). For more information, go to <http://www.ers.usda.gov/Briefing/ARMS/>.

commercially available in 1998, at a time when over 20% of corn and soybean hectares were harvested with yield monitors.

Cross-country technology comparisons are important for tracking global trends in competitive advantage and in understanding the underlying economics of the technology. Assessing which

technologies do well in different economic environments gives indication about the perceived benefits and costs. To make this comparison it is essential to count yield monitors the same way in each country. Some observers report only yield monitors used with GPS because it is only with GPS that full use can be made of the data, but to be consistent with the USDA ARMS data we have

tried to count all yield monitors and report separately on the percentage used with GPS. It is also important to understand yield monitor numbers relative to the total crop are.

In 2000, the U.S. had about 335 yield monitors per million hectares of grain or oilseeds (Table 2) with about 37% associated with GPS. Anecdotal information suggests that the situation is similar in Canada. The only country that may have had a higher level of yield monitor use is Germany, with over 523 yield monitors per million hectares of grain and oilseeds. Denmark had approximately 247 yield monitors per million hectares, while the U.K. and Sweden had only 107 and 119 yield monitors per million hectares, respectively. Outside U.S., Canada and Western Europe the highest density of yield monitor use is in Argentina and Australia, with an estimated 64 and 42 yield monitors per million hectares, respectively. It should be noted that because of differences in farm size and combine ownership (more custom cutters in Argentina), a combine in that country may annually cover as much as five times as a similar machine in the U.S. Thus, the use of yield monitors in Argentina probably surpasses that of most Western European countries and approaches that of the U.S. in the late 1990s. In addition about 87% of yield monitors in Argentina are used with GPS, compared to only about one third in the U.S. Without GPS growers can not make yield maps and can not use yield monitor data in most management information decisions.

Yield monitors are being used on some larger farm operations in Brazil and Mexico (NORTON; SWINTON, 2001). Although there are only four yield monitors per million hectares reported in Brazil, all are said to be used with GPS. Informal reports indicate that about 800 yield monitors were used in Australia for the 2000 harvest. Some fifteen farmers used yield monitoring in South Africa for the 1999-2000 crop season.

Variable rate technology use by farmers

The second most common yardstick to measure PA adoption is variable rate technology

(VRT). In the later part of the 1990's, VRT was used to manage soil fertility (mainly nitrogen, phosphorous, potassium, and lime) on nearly 18% of planted corn area (Table 3). However, ARMS data indicate that this rate was less than 10% of corn planted in 2001. Soybeans showed a similar trend, albeit a lesser magnitude. Soybean area fertilized with VRT peaked at 8% in 1999, but fell to 5% in 2002. Part of the difference is that soybeans require no applied nitrogen, the nutrient that is most widely applied using VRT in corn (LAMBERT; LOWENBERG-DeBOER, 2000). These fluctuations are in part explained by soil mapping adoption rates in those years since VRT applications are coincident with soil mapping. Corn acres with VRT seeding declined steadily, while soybean VRT seeding fell to below 1% of planted area in 2002. Some studies have concluded that VRT seeding is not profitable in corn (LOWENBERG-DeBOER, 2003 b; BULLOCK et al., 1998). However, other studies suggest that VRT seeding for cotton shows some profit potential (LARSON et al., 2004). VRT for pesticides seems to be increasing for corn, soybean, wheat and cotton, even though overall rates are still low at 1% to 3% in the most recent ARMS data.

Variable rate technology services offered by agricultural industry

The Precision Agricultural Services Dealership Survey Results has been published annually by Whipker and Akridge since 1996. In 2005, 388 useable respondents from 41 states were included in the survey. Of the service providers who offered custom applications, 67% expected to offer VRT services by the end of 2004 (WHIPKER; AKRIDGE, 2005). In 2005 and 2004, 43% and 41% of dealers offered controller-driven single product application, down from 45% and 50% in 2003 and 2002, respectively. Controller-driven multi-product application was offered by 22% of service providers in 2005, approximately the same levels as in 2002, 2003, and 2004 when 20%, 26%, and 23% of service providers, respectively, offered the service (WHIPKER; AKRIDGE, 2005). Only 30% of providers expect

Table 2. Number of yield monitors by country.

Country	Estimated number	Year of estimate	Source of estimate	Yield monitors per million hectares
Americas				
United States	30.000	2000	Daberkow et al. (2002)	335
Argentina	1.500	2005	Bongiovanni (2005) ¹	64
Brazil	130	2004	Molin (2003) ⁴	4
Chile	12	2000	Bragachini (2001) ²	19
Uruguay	4	2000	Bragachini (2001) ²	7
Europe				
U.K.	400	2000	Stafford (2000) ⁶	107
Denmark	400	2000	Stafford (2000) ⁶	247
France	50	2000	Stafford (2000) ⁶	5
Germany	4.250	2003	Wagner (2004) ⁷	523
Netherlands	6	2000	Stafford (2000) ⁶	27
Sweden	150	2000	Stafford (2000) ⁶	119
Belgium	6	2000	Stafford (2000) ⁶	17
Spain	5	2003	ECPA participants (2003) ⁴	1
Portugal	4	2003	Conceicao (2003) ³	6
Other				
Australia	800	2000	Lowenberg-DeBoer (2003a)	42
South Africa	15	2000	Nell (2000) ⁵	3

¹Bongiovanni, R. INTA Manfredi, Córdoba, Argentina, Personal communication, 2005.

²Bragachini, M. INTA Manfredi, Córdoba, Argentina, Unpublished manuscript, 2001.

³Conceicao, Luis Aleino. Personal communication. Escola Superior Agrária, De Elvas, Portugal, 2003.

⁴Molin, José Paulo. Personal communication, University of São Paulo, College of Agriculture (ESALQ), Piracicaba, SP, Brazil, 2003.

⁵Nell, Wilhem. Personal communication, Centre for Agricultural Management, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa, 2000, 2004.

⁶STAFFORD, J. Personal communication. 5th International Conference on Precision Agriculture, 2000.

⁷WAGNER, P. Personal communication. Martin-Luther-Universitaet Halle-Wittenberg Professur fuer Landwirtschaftliche Betriebslehre, 2004.

Table 3. Share of U.S. corn, soybean, all wheat, and cotton planted area on which VRT was used by input, 1998-2002.

Year	Fertilizer	Seed	Pesticides	Fertilizer	Seed	Pesticides
Corn			Soybean			
Percent of planted area						
1998	12.3	4.1	2.4	6.7	*	*
1999	17.5	4.2	1.1	8.3	2.0	1.7
2000	14.5	4.5	3.8	5.8	2.5	1.0
2001	9.8	2.4	3.8	NA	NA	NA
2002	NA	NA	NA	5.0	*	1.3
All wheat			Cotton			
1998	2.6	1.5	1.7	2.0	1.3	1.5
1999	NA	NA	NA	1.0	1.8	2.0
2000	3.1	*	*	3.8	2.4	2.7

* = Less than 1 percent. NA = not available.

Source: Griffin et al. (2004), based on ARMS.

to offer multi-product applications by 2007 (WHIPKER; AKRIDGE, 2005). Although single nutrient application is the most common use of VRT, the %-increase in VRT multi-nutrient application offered was greater than for single nutrient. Whipker and Akridge found that the agricultural industry is not as interested in VRT seeding as in other PA services, with less than 10% of dealerships offering the service.

Commercial applicators are increasingly using PA technology to deliver conventional services. Pierce et al. (1999) segregate PA technologies into one of two groups. One group deals with yield monitors, soil mapping, and other sensors that provide spatial information and the second group deals with using PA technologies such as GPS to control or improve conventional applications. Sixty-four percent of applicator services use GPS guidance with manual control or light bar navigation, however only 6% use GPS auto-guidance (WHIPKER; AKRIDGE, 2005). GPS guidance has become standard practice on aerial applicators.

Yield mapping adoption (Yield monitor plus a GPS)

Most crop management uses of yield monitor data are only possible if the sensor is linked to GPS to provide location information. The yield maps which have become the icon of PA are only possible with GPS. However, yield-mapping adoption seems to be occurring at a much slower pace than yield monitoring. Although the percentage of acres of corn and soybeans harvested with a yield monitor-equipped combine gradually increased since 1996, corn and soybean area harvested with a combine yield monitor attached to a GPS did not follow the same trend as yield monitor adoption. In the U.S., corn area yield mapped peaked in 1999 at 18.4% and decreased to 13.7% in 2000. Since 1998, mapped soybean area dipped to 9.9% and 7.8% in 1999 and 2000, respectively. Soybean area yield mapped had the highest reported rate in 2002 at 10.7%, breaking the previous high of 10.2% set in 1998.

There may be several reasons why yield mapping adoption rates lag behind yield monitor adoption rates. Many combine manufacturers offer yield monitors as standard equipment on their larger machines, but GPS is often not included (GRIFFIN, 1999; LOWENBERG-DeBOER, 2003a). Thus, some combine owners acquire yield monitors whether they want the sensors or not. In some of those cases, the yield monitor is not even switched on. In other cases, it is used uncalibrated to provide rough yield differences. Some combine owners who do not wish to use the yield monitor themselves will buy it in a new combine because it is perceived that combine trade-in values are higher with a yield monitor. Logistical reasons for having a yield monitor without a GPS is that yield monitors can be used for the associated moisture measurements. Some growers use the yield monitor moisture readings to decide whether grain can be sold directly from the field or needs to be dried before sale. Case studies by Urcola (2003; LOWENBERG-DeBOER; URCOLA, 2003) showed that some farmers use the combine yield monitor as a replacement for weigh wagons by recording "loads" of field, block or strip averages rather than within-field variability.

The most often cited reason provided by farmers for not yield mapping are problems associated with data analysis. Yield data analysis requires substantial time and skill of the farm operator, crop consultant, or other analyst. Rather than farmers learning to conduct analysis, Griffin and Lambert (2005) suggest analysts teach farmers how to interpret results and make appropriate decisions. In spite of the recently released step-by-step instructions on use of spatial statistics in analysis of yield maps (GRIFFIN et al., 2005a), interpretation of yield maps is still as much an art as a science. Uncertainty about the reliability of yield maps for crop management reduces their perceived value. Thus, the cost of yield map analysis in terms of management time is perceived to be high, while the benefit is uncertain.

Some countries appear to have higher rates of yield mapping than the U.S. Some 87% of combines with yield monitors in Argentina use GPS compared to only about one-third in the U.S. For

northern Europe, some evidence suggests that the number of combines with yield monitors, but no GPS, is similar to that of the U.S. (LOWENBERG-DeBOER, 2003a). Part of the difference is due to farm structure. United States and northern European farms are often run by owner-operators who do much of their own fieldwork. In contrast, many Argentine farms are run by managers who have less direct experience with field conditions because they hire custom operators to do fieldwork. Therefore, yield data may provide more new information for Argentine managers than it does for U.S. or European owner operators. Because of high unemployment in Argentina and downward pressure on wages, management time may be less expensive than in the U.S.

Soil mapping adoption

Leading up to 2000, a positive general trend for soil mapping was observed for corn and soybean with approximately 2% increase in area each year for soybean (DABERKOW et al., 2002). One-fourth of U.S. corn area had soils that were geo-referenced. This trend appears to be leveling off for the time being. The proportion of area planted to wheat has values comparable to corn, cotton, and soybeans at 12.2% in 2000. Cotton area soil mapped has doubled each year between 1998 and 2000, starting at 3.1% and rising to 14.2%. Similar to the problems associated with yield map interpretation, understanding the spatial and temporal dynamics between soil test variables and yield is difficult, and maybe more of an art than science.

Coupled with the expenses associated with grid sampling, this uncertainty with respect to data processing and application may be another constraint with respect to soil mapping adoption. A related problem is that of resolution. How fine of a grid is needed before solid recommendations can be made? Mallarino and Wittry (2004) and Peone (2004) have recently tackled some of these questions with respect to soil test resolution. Unfortunately, like site-specific management in general, optimal soil sample resolution tends to be field-specific. On-the-go technologies such as

the Veris Technologies Mobile Sensor Platform (MSP) automate high-resolution electrical conductivity and pH sampling at relatively low costs (LOWENBERG-DeBOER, 2003c). These technologies collect data on almost a continuous basis rather than on discrete grids.

Remote sensing

Anecdotal accounts indicate that remotely sensed (RS) images are being widely used for management of fruits and vegetables. For grains and oilseeds, RS images were the least adopted technology among the group reviewed in the ARMS data set (Table 1). In 2002, only 1.7% of soybeans in the U.S. had RS images or photographs made during the growing cycle. This was the lowest reported use of RS images for any crop in any year since data collection began in 1999. The trend for both corn and soybeans was the same; fewer RS images were used over time.

One reason for the decrease in the use of RS maps is the lack of perceived usefulness of mapping growing crops. A second reason is that maps of bare soils do not change over time and are only needed once. A third reason for low RS adoption rates is that there are relatively few reliable RS analysis or consulting firms.

The way in which RS images have been marketed may also discourage adoption by grain and oilseed growers. In the past, RS providers have tried to market subscriptions with an image every week or ten days. This may be good for orchards, vegetables and cotton, but not for corn and soybean for which most decisions are made around planting time. Although the ARMS survey did not examine RS in cotton during the same years as corn and soybean, evidence suggests that RS image use for cotton exceeds that of corn and soybean substantially and is expected to remain at higher levels.

In spite of the long history of research on RS imagery use in agriculture, the economics of this technology are not well researched. Tenkorang and Lowenberg-DeBoer (2004) reviewed 10 articles reporting RS economic benefits (Table 4).

Table 4. Studies citing returns to use of remote sensing in agriculture.

Authors	Type of imagery	Crop	Input managed	Average return \$USD/hectare
Zone Determination using Images from Previous Seasons:				
Carr et al. (1991)	Aerial and Satellite	Wheat Barley	P&K fertilizer	\$2.15
OSU (2002)	Aerial	Cotton	Fertilizer, insecticide, growth regulator	\$148.26 - \$370.66 ⁽¹⁾
Larson et al. (2004)	Aerial	Cotton	Fertilizer, insecticide, growth regulator	-\$5.71 to -\$36.97
Seelan et al. (2003)	Satellite	Wheat, sugar beet	Nitrogen	\$244.09 ⁽¹⁾
In-season management				
Copenhaver et al. (2002)	Aerial	Soybeans	Herbicide	\$4.15
Long (2002)	Aerial	Wheat	Herbicide	\$2.27
Reynolds et al. (2002)	Aerial	Cotton, corn	Herbicide	\$67.88 to \$184.46 ⁽¹⁾
Watermeier et al. (2003)	Aerial	Corn	Nitrogen	\$32.12
White et al. (2002)	Aerial	Wheat	Nitrogen	-\$2.99
White and Gress (2002)	Aerial	Corn	Nitrogen	-\$2.62

⁽¹⁾ No details given on how benefit was estimated. Appears to be gross benefits without subtracting costs of images, analysis and VRA implementation. Source: Tenkorang and Lowenberg-DeBoer (2004).

Seven of the ten report positive returns. Many studies did not report the budgeting details. Very high returns appear to be gross value, with no deductions for RS image cost and analysis, or implementation of VRT management plans based on the image. Tenkorang and Lowenberg-DeBoer (2004) argue that to make progress in understanding the economics of RS for agriculture, researchers need to report yield and budget details. In addition, they advocate repeated testing of multiple locations of the same management approach to RS use. The ten RS economics studies seem to be one-of-a-kind trials or case studies that are hard to compare.

Auto-guidance

Automated guidance systems, or auto-guidance, have become commercially available in the last three years. However, benefits from this technology are not yet established. Auto-guidance makes use of GPS information automatically controlling steering of farm equipment, effectively reducing human error. This technology works in various adverse conditions including dust and

nighttime dark. Accuracy differs between systems and so do costs (WATSON; LOWENBERG-DeBOER, 2003). As with most new technologies, initial costs are relatively high, but will become less expensive over time. Benefits include allowing the operator to safely work more hours in a day, increasing ground speed, and reducing overlap. In some cases, auto-guidance allows more acres to be farmed with the same equipment set (GRIFFIN et al., 2005b). Some studies estimate that auto-guidance could increase net revenues above variable and technology costs by \$69 USD to \$74 USD per acre (WATSON, 2003) and allowing a 1,214 hectare farm to expand to 1,350 hectares and remain as timely (GRIFFIN et al., 2005b).

Because auto-guidance technology is new, there are at present no reliable adoption numbers available. The USDA ARMS data indicates that in 2001 and 2002 about 7% of U.S. corn and soybean farmers used some type of GPS guidance, including lightbars. Anecdotal information indicates that the use of guidance technology has grown rapidly in the last few years in the U.S., Australia, Brazil, Argentina, South Africa and other

countries. Griffin et al. (2005b) indicate that the worldwide implications for auto-guidance adoption depend on cost and availability of capital and labor, as well as potential for farm expansion. For instance, in countries such as the U.S. and European Union (E.U.), labor costs are very high relative to capital costs so labor effects of auto-guidance are valuable. In South Africa, experienced tractor operators have been lost to the AIDS epidemic and being replaced by auto-guidance. Conversely, in Brazil and Argentina where labor is relatively cheap and readily available compared to capital, the increased efficiency from reducing overlap and increasing ground speed dominate economics.

On-the-go technologies

From a logistical and economic perspective on-the-go sensing linked to application equipment has many advantages (LOWENBERG-DeBOER, 2004). In particular, on-the-go technologies reduce the management time and associated cost in implementation of VRT. The most commercially viable on-the-go technologies for crop production focus on changing nitrogen fertilizer application within fields. Both Greenseeker and Yara N-Sensor technology were originally developed for on-the-go changes in nitrogen application rates in wheat and other small grains. In addition, active normalized difference vegetative index (NDVI) readings from Greenseeker have been found to be useful in determining management zones in cotton (SHARP et al., 2004).

There are other sensor technologies that automate the collection of soils data and greatly increase the resolution of that information, but are not yet linked directly to applicators. Measurements of resistance of electrical flow through soil are being made by electrical conductivity (Veris) and electromagnetic induction (Geonics EM38) giving information about soil chemical levels and physical properties on a nearly continuous level. The Veris Technologies Mobile Sensor Platform (MSP) automates pH sampling in addition to its electrical conductivity readings. Veris MSP's were sold in at least five U.S. states since being offered in the fall of 2003 (LOWENBERG-DeBOER, 2003c) taking measurements from more than 20,000 hectares (ERICKSON, 2004).

Profitability studies

This section summarizes publicly available studies of the profitability of PA. It is an update of the PA profitability review by Lambert and Lowenberg-DeBoer (2000). Studies since 2000 are summarized by Peone et al. (2004). The information sources are refereed articles from scientific journals or proceedings, and non-technical or non-refereed magazines and monographs specializing in agribusiness services. Of the 210 of the 234 reviews reporting losses or benefits, 68% reported benefits from some sort of PA technology. Approximately half (52%) of those studies reporting benefits were written or co-authored by economists.

Profitability by technology – Of the technologies specifically mentioned in the articles, PA summaries were most frequent, appearing in one-third of the literature (34%) (Table 5). GPS was mentioned in 6.4% of the articles. This does not include articles mentioning the combined use of GPS and other technologies, like yield mapping and VRT. VRT was mentioned with GPS in 4% with VRT/Yield Monitor and VRT/Seed mentioned in roughly 3% of the articles each.

Crops – Thirty-seven percent of the articles reviewed discussed economic returns from PA experiments with corn alone, and 73% of those reporting some benefit from using PA (Table 6). The second most common crop mentioned was wheat at nearly 11% of the articles, with half of those

Table 5. Frequency (%) of PA technologies reviewed in articles.

Technology	Frequency	Percent
VRT, N	28	11.97
VRT, Seed	7	2.99
VRT, Weeds/Pests	7	2.99
VRT, Irrigation	2	0.85
VRT, P,K	7	2.99
VRT, GPS	10	4.27
VRT, Yield Monitor	8	3.42
VRT, Lime	4	1.71
Soil Sensing	5	2.14
GPS	15	6.41
PA(Summary)	82	34.94
VRT(General)	59	25.21
Total	234	

Table 6. Percent of studies reporting PA benefits for specific crops.

Crop	Percent	Percent reporting benefits from PA
Corn	37.0	73
Potato	2.1	75
Wheat	10.9	52
Soybean	2.1	100
Sugarbeet	2.6	80
Barley	1.0	100
Oats	0.5	100
Corn e Cotton	0.5	0
Corn e Soybean	8.9	76
Soybean, Corn & Rice	1.6	33
Mixed	9.4	62
Sorghum/Millet	2.6	60
Cotton	1.6	33
NA	19.3	

reporting PA benefits. Other crops mentioned were corn and soybean studies accounting for 9%, however three-fourths of those reported PA benefits. All soybean, barley and oats studies reported benefits. Corn and cotton combination studies reported no benefits to PA.

Time scale and discount rate – Factors relating to time scale include the period of test validity (soil tests, yield maps), whether costs were spread out over an area per time period, and the net revenue period. When these details were mentioned in articles, they were noted. Twenty-nine percent of the articles reviewed included one or more of these factors.

Input and VRT/PA costs – Input costs considered in this review were fertilizer costs, seed costs, application costs, and any variable and fixed costs mentioned in the article. Variable rate technology and PA costs were considered separately for comparative purposes to verify whether benefits espoused by the authors(s) included PA technology costs, other farm input costs, and crop yield. Seventy-one percent of the articles included farm inputs in the budget analyses while 62% included PA technology costs. One-fourth mentioned equipment costs. Forty percent mentioned yield monitors. One-third of the articles reported environmental costs and benefits associated with PA.

Human capital and information costs -

Conventional economic feasibility studies of PA technology have often failed to include human capital and information costs in budget analyses. In all, nearly 21% of the articles reviewed mentioned human capital costs. Although this may be a difficult cost to compute, it should always be addressed in economic analyses since PA is generally human-capital intensive.

Information costs are associated with grid soil sampling, lab testing, GPS services, or any PA activity that generates data conducive to becoming useful information. Information costs were mentioned in 34% of the articles reviewed. In Table 7, benefits to specific crops from different PA technologies are presented. This table summarizes results from articles where a mention of a specific crop(s) was explicitly managed by a specific PA technology. It omits reports that reported benefits to PA but were not explicit which technology corresponded to a particular crop (for example, whole-farm PA benefits), or reports that were not specific about which crops directly benefited from a PA technology in the article.

Discussion - future directions: where do we go from here?

It is crucial to identify key constraints before anticipating the future of new technologies. Fernandez-Cornejo et al. (2001) contrasted adoption patterns of biotechnology and PA. The question that remains with PA users and those considering PA is whether 'information-intensive' management is profitable, or whether we continue with the 'embodied knowledge' approach. 'Information-intensive' management refers to strategies that depend on farm and field level data to make decisions about input application and cropping practices. That data may be collected manually or electronically. VRT soil fertility management and integrated pest management are examples of information intensive approaches. In embodied knowledge technologies, information is purchased in the form of an input. The manager requires minimal additional data. An example of 'embodied knowledge' is hybrid corn. When it was

Table 7. Crop and Technology-Specific Benefits from PA Technology⁽¹⁾.

Crop	Technology	Percent reporting benefit
Corn	VRT, N	72
Potato	VRT, N	NO
Wheat	VRT, N	20
Sugarbeet	VRT, N	YES
Barley	VRT, N	YES
Corn & Soybean	VRT, N	YES
Corn	VRT,Seed	86
Corn	VRT, Weed/Pests	100
Wheat	VRT, Weed/Pests	50
Soybean	VRT, Weed/Pests	100
Corn	VRT, Irrigation	YES
Corn e Cotton	VRT, Irrigation	NO
Corn	VRT, P & K	60
Potato	VRT, P & K	YES
Corn e Soybean	VRT, P & K	YES
Corn	VRT,GPS	100
Wheat	VRT,GPS	YES
Corn e Soybeans	VRT,GPS	100
Corn	VRT, Lime	100
Corn e Soybean	VRT, Lime	YES
Corn	Soil Sensing	33
Sugarbeet	Soil Sensing	NO
Corn e Soybean	Soil Sensing	YES
Corn	GPS	50
Wheat	GPS	50
Corn e Soybeans	GPS	YES
Sorghum/Millet	GPS	NO
Cotton	GPS	NO
Corn	PA Technology (In General)	67
Wheat	PA Technology (In General)	YES
Soybean	PA Technology (In General)	YES
Barley	PA Technology (In General)	YES
Corn e Soybean	PA Technology (In General)	50
Corn, Soybeans, Rice	PA Technology (In General)	50
Sorghum/Millet	PA Technology (In General)	100
Corn	VRT, Yield Monitor	33
Sorghum/Millet	VRT, Yield Monitor	NO
Cotton	VRT, Yield Monitor	50
Corn	VRT, General	81
Potato	VRT, General	100
Wheat	VRT, General	60
Sugarbeet	VRT, General	100
Oats	VRT, General	YES
Corn e Soybean	VRT, General	60
Corn, Soybeans, Rice	VRT, General	NO
Sorghum/Millet	VRT, General	YES

⁽¹⁾ Entries with "Yes" or "No" are based on a single article.

introduced in the U.S. in the 1920s, hybrid corn was a new technology, but the knowledge needed to implement the technical package was already well-established. Two other good agricultural

examples of 'embodied knowledge' are Bt Corn and Round-up Ready soybeans. The skill needed to successfully apply these new technologies is relatively small in that the technological packages

are 'self-contained', requiring no new equipment purchases, or additional cultivating skills. An example in PA would be GPS automated guidance.

The 'information-intensive' technologies that characterize many PA technologies not only require time-costs, but they are scale-sensitive as well. For a producer willing to spend \$150,000 USD to \$200,000 USD on a combine, the extra \$3,000 USD for GPS equipment is negligible. However, the size in area of the farm to spread the costs makes a difference. Spreading capital over area is probably less important than being able to spread human capital over the same area. For example, someone who learns how to interpret yield maps for a 2,000-hectare farm can probably interpret yield monitor data for a 20,000-hectare farm. Fountas et al. (2003) note that a key constraint to 'spreading of human costs' over farm acres is that of learning new software and other analysis skills. The opportunity cost of time may often be sufficiently high to discourage producers from learning how to accumulate, store, process, and interpret electronically generated data in the field or office computers.

Although the human cost of information intensive processes limit use, crop producers seem to be skeptical of 'closed-looped' approaches that automate decision-making. An example of a closed loop process in agriculture is the use of automated chicken feeders which adjust feed rations by average bird weight. In this instance, the producer spends less time worrying about matching feed requirements with bird growth: rations are adjusted automatically over the course of bird growth. Crop farmers argue that a 'human touch' is still needed in cropping because crop management is still more of an art than a science. The environment of a chicken house is very controlled compared to field conditions for rain fed crops. Some farmers might feel they are giving up production control by handing over their human-made decisions to the 'black-box' decision-making processes.

Earlier mentioned studies outline reasons for non-adoption, but few give alternative

encouragement for PA adoption. Overall, information technology software and hardware costs are continually declining at the same time its capacity is increasing. In a broader view, societies in developed nations are readily incorporating technology in everyday life such as personal computers, GPS in cars, and cellular telephones. People are becoming more comfortable with technology. USDA Farm Service Agency (FSA) and Natural Resources and Conservation Service (NRCS) have moved to a GIS based system to replace photocopied aerial imagery, potentially increasing producer awareness of PA benefits. Identity tracking (IT) and identify preservation (IP) of agricultural commodities from seed production through farmer fields site-specifically, all the way through the marketing, processing, and distribution chains can either offer premiums for specialty crops or segregation of transgenic varieties. Another motivation for PA adoption may be through environmental regulations for monitoring input use that could potentially affect water quality and wetlands. PA could assist in pesticide recordkeeping in much the same way as with grain with IT and IP. In addition, cost sharing of PA technologies may entice farmers to adopt. This may occur by way of studies documenting environmental benefits from PA use.

When understanding adoption trends, cultural and socio-economic factors certainly come into play. For example, anecdotal evidence suggests that auto-guidance will be adopted by grain producers in South Africa for very different reasons than those in Brazil or the U.S. In South Africa, farm workers specialized in combine and tractor operations have been lost to the AIDS epidemic. In response, some owner-operators are considering purchasing auto-guidance to replace years lost in driver skill. In contrast, in Brazil where farm labor is comparatively abundant and wages relatively low, the time and chemical savings might be the driving motivation for use of GPS guidance for sprayers. Additional examples of PA technologies being adopted in different parts of the world because of differing environmental, economic, and social conditions include:

- Auto-guidance is popular in Australia for controlled traffic because their soils are particularly susceptible to compaction and they do not have freezing and thawing to counteract that compaction.

- Outside of North America most farmers apply their own fertilizer and pesticide, so there has not been the growth of PA services experienced in the U.S. and Canada.

- In South Africa and Argentina most phosphorus and potassium is applied with the planter. For farmers using air seeders it is relatively easy to modify their equipment for VRT.

- Grid soil sampling is used commercially mainly in the U.S. and Canada, in part because soil analysis is relatively cheap.

- Agronomic skills are relatively inexpensive in Latin America, so knowledge-intensive management may catch on in countries such as Brazil before the U.S.

- Much of the VRT in Europe has focused on nitrogen because of the environmental rules regulating nitrogen application.

Implications for Brazil

While Brazil is being touted by some analysts as a good market for U.S. PA technology (CS UNITED STATES OF AMERICA, 2004), this is largely based on general arguments and informal observation. The economics of PA in Brazil have not been intensively studied, so this section will attempt to apply the lessons of PA adoption from other parts of the world. Brazil is a large country and agriculture differs from one region to another. This analysis will focus on the rapidly growing agriculture in the Center-West "Cerrados" region with some comments on how PA adoption in other parts of the country may differ from the situation in the Center-West.

Some key characteristics of Brazilian agriculture as they affect PA adoption include:

- Low cost land – The original PA concepts (e.g. variable rate input, yield monitoring) focused

on fine tuning production systems to make the most of high cost farmland in Europe and North America. When land is relatively inexpensive it may be more profitable to farm additional land with uniform rate, embodied knowledge technology, than it is to invest in the technology for information intensive variable rate input application, yield monitoring and other fine tuning. The classic PA concepts may fit better in Rio Grande do Sul and other parts of Southern Brazil where farms are smaller and land prices higher.

- Large scale – PA is essentially automation of certain management tasks. Variable rate application and yield monitoring automate agronomic management. GPS guidance automates part of equipment operations. One of the main benefits of GPS guidance is farming more land with the same equipment by reducing skip and overlap, as well as lengthening the workday (WATSON; LOWENBERG-DeBOER, 2003; GRIFFIN et al., 2005b). In the Cerrados where land is available for farm expansion, farming more land with a given set of equipment will be a substantial economic advantage.

In addition, PA tools may be useful in record keeping, supervising employees and quality control for the work of custom operators. As-applied maps and other sensor data can automatically record input application, cutting the time required for record keeping and also reducing human error in data entry. Many trucking companies in the U.S. and Europe use GPS and telemetry to track and supervise drivers. Similar software is being adapted for use by ag retailers. The next step would be adaptation for large farming operations giving the manager information in the farm office on location, speed, quality of work (e.g. combine grain loss) and other parameters. In Argentina one of the key uses of yield maps is quality control for the work of custom operators (LOWENBERG-DeBOER, 1999; BONGIOVANNI; LOWENBERG-DeBOER, 2001). PA technology may also facilitate recordkeeping for traceability and identify preservation. Automation of recordkeeping, supervision of employees and quality control is of greatest benefit on large scale farming operations such as those in the Cerrados.

- High cost of DGPS – One of the reasons cited for slow growth of GPS use in Brazil is the lack of low cost differential correction. In the 1990s, the only differential correction option was by satellite at around \$2,000 USD per year per unit. This was substantially higher than the roughly \$600 USD annual per GPS unit for FM sideband differential correction in Argentina at the time. In the U.S., Coast Guard and Wide Area Augmentation Service (WAAS) is available without charge. In cooperation with the Brazilian government, the U.S. Federal Aviation Agency (FAA) plans to extend WAAS to Brazil (STIGLER, 2003). Free WAAS availability should reduce this constraint to GPS use.

- Protectionist Policies & No Frills Preferences – Precision agriculture innovation in Brazil is hampered by the high cost of imported equipment and the market's preference for "no frills" machinery (McMAHON, 2005). Imported equipment can be twice the cost of Brazilian equipment because of import taxes and financing restrictions. This has motivated multinational companies to invest in manufacturing capacity in Brazil, but it has not necessarily caused them to sell their most innovative products in the country.

The "no frills" preference makes economic sense for farms on the frontier far from service and parts. Service for specialized equipment might take days and require hundreds of kilometers of travel. The "no frills" preference also reflects the fact that in Brazil farm equipment is often operated by employees, not by the farm operator and his family as is often the case in the U.S. and Canada. In Brazil, farm labor is in good supply, so farmers usually do not need to invest in comfort and convenience to attract and retain employees.

The combination of a market dominated by "no frills" equipment and the high cost of imported machinery means that Brazilian innovators may find it difficult to find and to afford precision agriculture technology.

- Low cost labor – Some precision agriculture technology is labor saving (e.g. GPS guidance). When labor costs are lower, the value of saving labor is reduced.

- Commodity crops – The main crops in the Cerrados are relatively low per unit price commodity grains and oilseeds. Economic research indicates that precision agriculture is more likely to be profitable with higher value crops (SWINTON; LOWENBEG-DeBOER, 1998). The original PA concepts of variable rate application of inputs and yield monitoring may be more valuable in citrus groves and on sugar plantations, than in the Cerrados.

- Input costs – One situation in which precision agriculture has profit potential is when input costs are high and large quantities of inputs are used. Cerrados soils are generally low fertility and acidic. Large applications of fertilizer and lime are required to make them productive. While overall production costs for grains and oilseeds are lower in Brazil than they are in the U.S., Cerrados fertilizer cost per hectare is often 2 or 3 times the cost in the U.S. Corn Belt (HUERTA; MARSHALL, 2002). Variable rate application of fertilizer could help reduce fertilizer costs in Brazil.

In addition, some PA technologies have the potential to reduce energy costs. Using GPS guidance to reduce overlap, cuts energy use because less land is unnecessarily covered twice. Controlled traffic farming with GPS auto-guidance can reduce fuel use because equipment is always traveling on a firm path, rather than making its way through soft soil.

- Soil variability – Variable rate fertilizer application is only profitable if there is substantial soil variability. In the U.S., natural soil variability has been increased by management-induced variability due to former feedlots, lanes and fence lines, as well as by fertilizer spreading patterns. Much of the farmland in the Cerrados is newly cleared and does not suffer from this long history of management-induced soil variability. In this sense, the Brazilian situation is similar to that of Argentina (LOWENBERG-DeBOER, 1999; BONGIOVANNI; LOWEBERG, 2001). Management-induced soil variability may be much more common in long-term farmed eastern and southern parts of Brazil than it is in the Cerrados.

- On-farm computer use – Evidence suggests that computer use in farm offices is lower in Brazil than it is in the U.S. or in Argentina. A survey in Sao Paulo state found that in 2001, about 13% of farms had a computer (FRANCISCO; PINO, 2002). The CS Market Research study estimates that in 2004 about 14% of commercial farms in Brazil have computers. In the U.S., about 50% of farms owned or leased a computer in 2001, and about 55% in 2005 (USDA, 2005b). Computer use is higher than the national average in the Corn Belt states that have been the center of PA adoption. A 2001 survey in Argentina showed that 47% of farm managers used a computer at that time (SEIFERT, 2001). The relatively low computer use on Brazilian farms can be linked to protectionist policies in computers markets in the 1970s and 80s (BUCKLEY, 2000). Will precision agriculture in Brazil suffer a similar fate because of barriers to technology imports?

Farmers can use PA technology without directly using a computer, but farm office computer use is an index of the level of comfort with electronic technology and farmers that are comfortable with computers are more likely to use PA. For classic PA technologies, such as VRT, farmers can hire a crop consultant or agronomist to analyze the data for them. They do not need to analyze the data themselves. Computers are embedded in GPS guidance and sensor technologies; users do not need to directly use or understand computers.

- Site-specific research – Classic precision farming technologies, like variable rate input application and analysis of yield maps require site-specific research. Some Latin American countries, such as Argentina, have cut back funding for agricultural research in favor of a strategy that relies on borrowing technology from abroad. For conventional uniform rate technology this was a successful strategy because it is usually much less expensive to borrow or buy technology than to develop it. Classic precision farming technologies are difficult to borrow because they rely on site-specific research.

Brazil has the advantage over many of its neighboring countries because it has an effective

and relatively well financed public agricultural research system that could do much of this site-specific research. One weakness of the Brazilian public agricultural research system is that there is relatively little farm and field-level economic work providing growers and agribusinesses guidance on which technologies are likely to prove profitable in their conditions. The publicly available Brazilian PA economics research (BRUSCO et al., 2005a, 2005b; MATTOSO, 2003) has often focused on use of PA tools in decision making (e.g. profit maps), instead of the "head-to-head" comparisons of profitability that have characterized much of the U.S. PA economics literature (SWINTON; LOWENBERG-DeBOER, 1998; LAMBERT; LOWENBERG-DeBOER, 2000; GRIFFIN et al., 2004). In the U.S., research on the economics of PA has been widely reported in the press and that has helped guide farm and agribusiness PA adoption choices.

Conclusions

Worldwide the adoption of PA technology has been slower and more localized than many analysts in the 1990s expected. The characteristics of Brazilian agriculture suggest that that pattern maybe repeated there. Relatively low land prices, modest labor costs, low management induced soil variability, relatively low on-farm computer use, production of relatively low price commodities and the relatively high cost of imported high tech equipment suggest that Brazilian growers as a whole may lag in PA adoption, particularly the classic PA concepts of yield monitor data analysis for fine tuning crop management and variable rate application.

The conditions of large scale farming operations, particularly in the Cerrados, would tend to favor adoption of GPS guidance technologies, especially as the cost of technology and GPS differential correction declines. PA technology automation of recordkeeping, employee supervision and quality control would also have its greatest advantage in large scale operations.

These overall adoption trends may differ widely in specific areas of Brazil. For example, the classic PA technology may be rapidly adopted for higher value crops (e.g. citrus) and in areas with higher farmland values (e.g. Sao Paulo, Parana and Rio Grand du Sul). If fertilizer and energy prices continue to rise rapidly, growers in the Cerrados may find it worth their while to do variable rate application. Some areas or groups of farms may benefit from targeted public or private research that adapts the general PA concepts to their particular problems.

References

- BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DeBOER, J. Precision agriculture in Argentina - 2001. 2001. 15 p. Available at: <<http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/analecon.htm>>. Accessed on: 19 Jan. 2006.
- BRUSCO, J.; SOUZA, E. G. de; RODRIGUES JUNIOR, F. A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Performance of corn profit maps in relation to productivity. p. 6-9. Work presented at III International Symposium on Precision Agriculture, Sete Lagoas, MG, Brazil, August, 2005a.
- BRUSCO, J.; SOUZA, E. G. de; RODRIGUES JUNIOR, F. A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Profit maps for soybeans in precision agriculture and conventional systems. p. 1-5. Work presented at III International Symposium on Precision Agriculture, Sete Lagoas, MG, Brazil, August, 2005b.
- BULLOCK, D. G.; BULLOCK, D. S.; NAFZIGER, E. D.; DOERGE, T. A.; PASZKIEWICZ, S. R.; CARTER, P. R.; PETERSON, T. A. Does variable rate seeding of corn pay? *Agronomy Journal*, Madison, v. 90, n. 6, p. 830-836, 1998.
- BUCKLEY, S. Brazil battles over beans; farmers at odds over genetically modified crops" *Washington Post*, June 27, 2000. Available at: <http://www.biotech-info.net/Brazil_battles_beans.html>. Accessed on: 19 Jan. 2006.
- CARR, P. P.; CARLSON, G. R.; JACOBSEN, J. S.; NIELSEN, G. A.; SKOGLEY, E. O. Farming soils, not fields: a strategy for increasing fertilizer profitability. *Journal of Production Agriculture*, Madison, v. 4, n. 1, p. 57-61, 1991.
- COPENHAVER, K.; GRESS, T.; SPRAGUE, C.; ALDERKS, D. Variable rate application of post-emergence herbicide to soybeans using remotely sensed imagery. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., 2002, Madison. Proceedings... Madison, Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA, 2002. Edited by P. C. Robert et al.
- DABERKOW, S.; McBRIDE, W. D. Socioeconomic profiles of early adopters of precision agriculture technologies. *Journal of Agribusiness*, Athens, v. 16, p. 151-168, 1998.
- DABERKOW, S.; FERNANDEZ-CORNEJO, J.; PADGITT, M. Precision agriculture technology diffusion: current status and future prospects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE AND OTHER PRECISION RESOURCES MANAGEMENT, 6., 2002, Madison, WI. Proceedings... Madison, WI: ASA/SSA/CSSA, 2002. Edited by P. C. Robert et al.
- ENGLISH, B. C.; ROBERTS, R. K.; SLEIGH, D. E. Spatial distribution of precision farming technologies in Tennessee. Knoxville: Department of Agricultural Economics and Rural Sociology: The Tennessee Agricultural Experiment Station: The University of Tennessee, 2000. (Report, 00-08).
- ERICKSON, B. Field experience validates on-the-go soil pH sensor. *SSMC Newsletter*, West Lafayette, Dec. 2004. Available at: <<http://www.purdue.edu/ssmc>>. Accessed on: 23 Jan. 2006.
- FRANCISCO, V. L. F. dos S.; PINO, F. A. Farm computer usage in São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Agroinformática*, São Paulo, v.4, n.2, p.81-89, 2002.
- FERNANDEZ-CORNEJO, J.; DABERKOW, S.; McBRIDE, W. Decomposing the size effect on the adoption of innovations: agrobiotechnology and precision agriculture. *AgBioForum*, Columbia, v. 4, n. 2, p. 124-136, 2001. Available at: <<http://www.agbioforum.org/>>. Accessed on: 23 Jan. 2006.
- FOUNTAS, S.; ESS, D. R.; SORENSEN, C. G.; HAWKINS, S. E.; PEDERSEN, H. H.; BLACKMORE, B. S.; LOWENBERG-DEBOER, J. Information sources in precision agriculture in Denmark and the USA. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE 4., 2003, Berlin. Precision agriculture: proceedings... Berlin: Wageningen Academic Pub., 2003. p. 211-216. Edited by A. Werner and A. Jarfe.
- GRIFFIN, T. W. In search of precision: the assessment of Arkansas's early adopters of precision farming and an economic analysis of the profitability of variable rate technology in a simulated rice and soybean rotation on Arkansas silt loam and clay soils. 1999. Thesis (Master)-Department of Agricultural Economics and Agribusiness, University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas, 1999.
- GRIFFIN, T.; LAMBERT, D. Teaching interpretation of yield monitor data analysis: lessons learned from Purdue's 37th Top Farmer Crop Workshop. *Journal of Extension* [on line], v. 23, n. 3, Jun. 2005. Available at: <<http://www.joe.org/joe/2005june/iw5.shtml>>. Accessed on: 23 Jan. 2006.
- GRIFFIN, T. W.; BROWN, J.; LOWENBERG-DeBOER, J. Yield monitor data analysis: data acquisition, management and analysis protocol. West Lafayette: Purdue University: SSMC, 2005a. 27 p. Available at: <<http://www.purdue.edu/ssmc>>. Accessed on: 24 Jan. 2006.
- GRIFFIN, T. W.; LAMBERT, D. M.; LOWENBERG-DeBOER, J. Economics of lightbar and auto-guidance GPS navigation technologies. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2005, Uppsala, Sweden. Precision agriculture 05, Uppsala, Wageningen Academic Pub., 2005b. p. 581-587. Edited by John Stafford.
- GRIFFIN, T.W.; LAMBERT, D. M.; LOWENBERG-DeBOER, J. Testing for appropriate on-farm trial designs and statistical methods for precision farming: a simulation approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE AND OTHER PRECISION RESOURCES MANAGEMENT, 7., 2004, Madison. Proceedings... Madison: ASA/SSSA/CSSA, 2004.
- GRIFFIN, T. W.; POPP, J. S.; BULAND, D. V. Economics of variable rate application of phosphorous on a rice and soybean rotation in Arkansas. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2001, Madison, Wisconsin. Proceedings... Madison, Wisconsin: ASA/SSSA/CSSA, 2001. Edited by P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson.

- GRIFFIN, T. W.; LOWENBERG-DEBOER, J.; LAMBERT, D. M.; PEONE, J.; PAYNE, T.; DABERKOW, S. G. Adoption, profitability and making better use of precision farming data. West Lafayette, IN, USA: Department of Agricultural Economics, Purdue University, 2004. 20 p. (Staff paper, 04-06).
- GRIFFIN, T. W.; ROSKAMP, G. K.; TERRY, D.; BAKER, W. H.; BRINKLEY, L. E.; ANTUNIASSI, U. R.; JACCOUD-FILHO, D. S.; MUSSELMAN, A. L.; SHARP, T. C. International advancement & achievement in global precision agriculture in the United States and Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., 2002, Madison, Wisconsin. Proceedings... Madison, Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA, 2002. Edited by P. C. Robert et al.
- HUERTA, A.; MARTIN, M. Soybean production: competitive positions of United States, Brazil and Argentina. Purdue Agricultural Economics Report, West Lafayette, p. 5-10, Nov. 2002. Available at: <<http://www.agecon.purdue.edu/extension/pubs/paer1102.pdf>>. Accessed on: Jan. 2006.
- KHANNA, M. Sequential adoption of site-specific technologies and its implications for nitrogen productivity: a double selectivity model. American Journal of Agricultural Economics, Ames, v. 83, n. 1, p. 35-51, Feb. 2001.
- KITCHEN, N. R.; SNYDER, C. J.; FRANZEN, D. W.; WIEBOLD, W. J. Educational needs of precision agriculture. Precision Agriculture, New York, v. 3, n. 4, p. 341-351, Dec. 2002.
- LAMBERT, D.; LOWENBERG-DeBOER, J. Precision agriculture profitability review West Lafayette: Site-Specific Management Center, Purdue University, 2000. Available at: <<http://www.purdue.edu/SSMC/>>. Accessed on: Jan. 2006.
- LARSON, J.A.; ROBERTS, R. K.; ENGLISH, B. C.; COCHRANE, R. L.; SHARP, T. A case study analysis of a precision farming system for cotton. Paper presented at the Beltwide Cotton Conference, San Antonio, TX, 2004.
- LONG, D. Large-scale aerial remote sensing to improve management of agricultural chemicals: report prepared for the Chouteau County Conservation District, July, 2002. Available at: <<http://www.ag.montana.edu/narc/PDF%20Doc/Final%20Report.pdf>>. Accessed on: Jan. 2006.
- LOWENBERG-DeBOER, J. Economics of variable rate planting for corn. 2003b. Available at: <<http://www.agriculturadeprecision.org/enscamp/VariableRatePlantingLDB.htm>>. Accessed on: Jan. 2006.
- LOWENBERG-DeBOER, J. The management time economics of on-the-go sensing for nitrogen application. SSMC Newsletter, West Lafayette, May, 2004. Available at: <http://www.purdue.edu/ssmc>>. Accessed on: Jan. 2006.
- LOWENBERG-DeBOER, J. Precision agriculture in Argentina. Modern Agriculture. 1999. Available at: <<http://www.eomonline.com/modernagsite/department/>>. Accessed on: Jan. 2006.
- LOWENBERG-DeBOER, J. Precision farming or convenience agriculture. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 11., 2003, Geelong, Victoria. Solutions for a better environment: proceedings... Geelong, Victoria: Australian Society of Agronomy, 2003. Available at: <<http://www.regional.org.au/au/asa/2003/i/6/lowenberg.htm>>. Accessed on: Jan. 2006.
- LOWENBERG-DeBOER, J. Soil pH sensor commercialized. SSMC Newsletter, West Lafayette, Dec. 2003. Available at <<http://www.purdue.edu/ssmc>>. Accessed on: Jan. 2006.
- LOWENBERG-DeBOER, J.; URCOLA, H. How should yield monitor data be combine with other information sources in choosing hybrids and varieties? SSMC Newsletter, West Lafayette, Jan. 2003. Available at: <<http://www.purdue.edu/ssmc>>. Accessed on: Jan. 2006.
- LOWENBERG-DEBOER, J.; LAMBERT, D. M.; BONGIOVANNI, R. Appropriate on-farm trial designs for precision agriculture. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., 2003, Wageningen. Proceedings... Wageningen: Academic Publishers, 2003. Edited by J. Stafford & A. Werner.
- MALLARINO, A. P.; WITTRY, D. J. Efficacy of grid and zone soil sampling approaches for site-specific assessment of phosphorus, potassium, pH, and organic matter. Precision Agriculture, New York, v. 5, n. 2, 2004.
- MATTOSO, M. J. Viabilidade econômica da agricultura de precisão. Presentation at the 1st International Precision Agriculture Workshop for the Southern Cone, Oct., 2003.
- McMAHON, K. Buying in Brazil. Farm Industry News, Minneapolis, July, 2005. Available at: <http://farmindustrynews.com/mag/farming_buying_brazil/>. Accessed on: Jan. 2006.
- NORTON, G.W.; SWINTON, S. M. Precision agriculture: global prospects and environmental implications". In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ECONOMISTS, 24., 2000, London. Tomorrow's agriculture: incentives, institutions, infrastructure and innovations: proceedings. London: Ashgate, 2000. p. 269-286. Edited by G.H. Peters and P. Pingali.
- OKLAHOMA STATE UNIVERSITY. Reducing cotton production costs using remote sensing and spatially variable insecticide/defoliation (SVI/SVD) technologies. 2002. Available at: <http://www.cotton.org/cf/projects/general-prof-precision-ag.cfm>. Accessed on: Jan. 2006.
- PEONE, J. Management strategy for corn-soybean fields with isolated low phosphorus and potassium soil test areas. 2004. Thesis (Master)-Department of Agriculture Economics, Purdue University, West Lafayette, IN, 2004.
- PEONE, J.; LOWENBERG-DeBOER, J.; LAMBERT, D. M.; GRIFFIN, T. W. Precision agriculture profitability review - part 2. West Lafayette: Site-Specific Management Center; Purdue University, 2004.
- PIERCE, F.; NOWAK, P.; ROBERTS, P. C. Aspects of precision agriculture. San Diego: Academic Press, 1999. p. 1-85. (Advances in Agronomy, 67).
- POPP, J.; GRIFFIN, T. Adoption, profitability and potential trends of precision farming in Arkansas. Selected paper for the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting Lexington, KY, January 29-February 2, 2000.
- POPP, J.; GRIFFIN, T.; PENDERGRASS, E. How cooperation may lead to consensus assessing the realities and perceptions of precision farming in your state. Journal of the American Association of Farm Managers and Rural Appraisers, Denver, p. 26-31, 2002.
- REYNOLDS, D. B.; SHAW, D. R.; COX, M. S.; BRUCE, L. M. Detection and site-specific control of weeds through remote sensing. 1999. 2 p. Available at: <http://www.rstc.msstate.edu/publications/99-01/rstcof01-010.pdf>>. Accessed on: Jan. 2006.

- SEELAN, S.; LAGUETTE, S.; CASADY, G.; SEIELSTAD, G. Remote sensing applications for precision agriculture: a learning community approach. *Remote Sensing & Environment*, New York, v. 88, n. 1-2, p. 157-169, Nov. 2003.
- SEIFERT, R. Más cerca del mundo. *La Nación*, Buenos Aires, Nov. 2001. (Agricultural supplement el campo). Disponible at: <<http://www.lanacion.com.ar/>>. Accessed on: Jan. 2006.
- SHARP, T.C.; EVANS, G.; SALVADOR, A. Weekly NDVI relationships to height, nodes and productivity index for low, medium, and high cotton productivity zones. Paper presented at the Beltwide Cotton Conference, San Antonio, TX, 2004.
- SIGLER, E. WAAS international expansion. *SatNav News*, Washington, n. 20, p. 2-3, June 2003. Available at: <<http://gps.faa.gov/Library/Data/SatNav/satnavJune-2003.htm#2>>. Accessed on: Jan. 2006.
- SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site specific farming. *Journal of Production Agriculture*, Madison, v. 11, n. 4, p. 439-446, Oct./Dec. 1998.
- TENKORANG, F.; LOWENBERG-DeBOER, J. Observations on the economics of remote sensing in agriculture. *SSMC Newsletter*, West Lafayette, 2004. Available at: <<http://www.purdue.edu/ssmc>>. Accessed on: Jan. 2006.
- UNITED STATES OF AMERICA . Department of Agriculture, Economic Research Service. Agricultural chemicals and production technology: questions and answers. Washington, 2005. Available at: <<http://www.ers.usda.gov/Briefing/AgChemicals/Table1.htm>>. Accessed on: Jan. 2006.
- UNITED STATES OF AMERICA . Department of Agriculture, National Agriculture Statistics Service. Farm computer usage and ownership. Washington, 2005. Available at: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/reports/nassr/other/computer/fmpc0705.pdf>>. Accessed on: Jan. 2006.
- UNITED STATES OF AMERICA. Department of Commerce. Commercial Service. Market research: Brasil. Precision agricultural equipment: August 2004. 6p. Available at: <http://www.buyusainfo.net/docs/x_1228091.pdf>. Accessed on: 20 Jan. 2006.
- URCOLA, H. Economic value added by yield monitor data from the producer's own farm in choosing hybrids and varieties. 2003. Thesis (Master)-Department of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, IN, 2003.
- WATERMEIER, N.; WHITE, S.; RZEWNICKI, P. In-season variable rate application of nitrogen in corn-based on remotely sensed imagery. In: OHIO GEOSPATIAL TECHNOLOGIES CONFERENCE AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES 2003, Columbus, Ohio. Proceedings... Columbus: Ohio State University, 2003. 1 v. Edited by Lawrence Spencer. Available at: <<http://geospatial.osu.edu/conference/proceedings/index.html#link5>>. Accessed on: Jan. 2006.
- WATSON, M. Economic feasibility of auto guidance in the midwest. 2003. Thesis (Master)-Department of Agriculture, Economics, Purdue University, West Lafayette, IN, 2003.
- WATSON, M.; LOWENBERG-DeBOER, J. Who will benefit from GPS auto guidance in the corn belt? *SSMC Newsletter*, West Lafayette, 2003. Available at: <<http://www.purdue.edu/ssmc>>. Accessed on: Jan. 2006.
- WHIPKER, L. D.; AKRIDGE, J. T. Clear reception. *Croplife*, June 2005. Available at: <<http://www.croplife.com/>>. Accessed on: Jan. 2006.
- WHITE, S. E.; GRESS, T. The use of remotely sensed imagery to make in-season nitrogen recommendations for corn. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE AND OTHER PRECISION RESOURCES MANAGEMENT, 6., Madison, 2002. Proceedings... Madison: ASA/SSA/CSSA, 2002. Edited by P. C. Robert et al.
- WHITE, S. E.; BETHEL, M.; GRESS, T. The use of remotely sensed imagery to make nitrogen recommendations on winter wheat in Western Kentucky. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE AND OTHER PRECISION RESOURCES MANAGEMENT, 6., Madison, 2002. Proceedings... Madison: ASA/SSA/CSSA, 2002. Edited by P. C. Robert et al.
- WIEBOLD, W. J.; SUDDUTH, K. A.; DAVIS, J. G.; SHANNON, D. K.; KITCHEN, N. R. Determining barriers to adoption and research needs of precision agriculture. Report to the North Central Soybean Research Program, 1998. Available at: <<http://www.fse.missouri.edu/MPAC/pubs/parpt.pdf>>. Accessed on: Jan. 2006.

A revolução nanotecnológica e o potencial para o agronegócio

Luiz H. C. Mattoso¹
Eliton S. de Medeiros²
Ladislau Martin Neto³

Resumo: A nanotecnologia é atualmente um negócio mundial de 100 bilhões de dólares, que atrai, a cada dia, mais investimentos devido ao seu enorme potencial de aplicação tecnológica nos mais variados setores industriais. O agronegócio é sem dúvida uma das áreas onde o nosso país pode ter a maior competitividade em nanotecnologia, graças às especificidades e oportunidades de questões vinculadas ao nosso clima e agricultura tropical. Este artigo apresenta a origem e os fundamentos básicos da nanociência e nanotecnologia e descreve exemplos de algumas áreas, nas quais a nanotecnologia pode alavancar o agronegócio, dentre elas estão a indústria de insumos (fertilizantes, pesticidas) e medicamentos para uso veterinário, agricultura de precisão, rastreabilidade, indústria de alimentos, certificação e qualidade de produtos agrícolas, segurança alimentar, biotecnologia, agroenergia, monitoramento ambiental, novos usos de produtos agropecuários e vários outros setores da agroindústria.

Palavras-chave: nanotecnologia, agronegócio, nanociência.

Introdução

A nanotecnologia tem provocado uma revolução em vários setores da ciência e tecnologia, pela descoberta de que os materiais em escala nanométrica (milionésimo de milímetro, nm) – nanoescala – podem apresentar novas propriedades e comportamentos e melhores desempenhos do que aqueles que geralmente são apresentados em escala micro ou macroscópica. O domínio da nanotecnologia encontra-se compreendido entre 0,1 e 100 nm, ou seja, desde as dimensões dos átomos e moléculas até próximo

a valores do comprimento de onda da luz visível. A nanotecnologia é claramente uma área de pesquisa e desenvolvimento muito ampla e interdisciplinar uma vez que pode interferir nos mais diversificados tipos de materiais (naturais e sintéticos) estruturados em escala nanométrica – nanoestruturados – de modo a formar blocos de construção (*building blocks*) na nanoescala, tais como: nanopartículas, nanotubos, nanofibras, que apresentam novas propriedades e levam a um ganho significativo no desempenho dos produtos resultantes. Dessa forma, a síntese, fabricação ou modificação e controle da matéria em escala

¹ Doutor em Engenharia de Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, mattoso@cnpdia.embrapa.br

² Doutorando em Engenharia de Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, eliton@cnpdia.embrapa.br

³ Doutor em Física, pela Universidade de São Paulo, chefe-geral da Embrapa Instrumentação Agropecuária, martin@cnpdia.embrapa.br

nanométrica e seu subsequente arranjo e aproveitamento para formar materiais e/ou dispositivos nanoestruturados representa o início de uma nova era, em que se pode ter acesso a novas propriedades e comportamento de materiais e de dispositivos de modo nunca visto antes (DREXLER, 1992).

A habilidade de medir, manipular e organizar a matéria em nanoescala e os novos fenômenos apresentados pelos materiais nanoestruturados são descobertas científicas que já têm promovido avanços tecnológicos inusitados e apontam para muitos outros que ainda virão num futuro cada vez mais próximo. Cientistas da universidade de Berkeley (FORESIGHT INSTITUTE, 2005), por exemplo, vêm desenvolvendo um sistema integrado de detecção de doenças patogênicas quase em tempo real, usando a nanotecnologia para o desenvolvimento de sensores ultra-sensíveis. Doenças em plantas e em animais podem diminuir a produtividade e fornecimento de alimentos, a menos que sejam detectadas logo no seu início sem que haja maiores proliferações para as áreas e animais ainda não contaminados. Esses dispositivos são capazes de detectar essas doenças em cada planta, de forma inteligente e em tempo real, baseando-se nas mudanças no metabolismo e na respiração, sendo apenas um exemplo de como a nanotecnologia abre possibilidades inovadoras para a agropecuária.

Neste artigo, os autores apresentam uma breve introdução sobre nanotecnologia descrevendo a origem e os fundamentos básicos da nanociência e apresentando exemplos de algumas áreas, nas quais a nanotecnologia pode revolucionar o agronegócio.

A revolução nano

Com o passar dos séculos, a concepção a respeito da constituição da matéria foi evoluindo, à medida que novos métodos e equipamentos de investigação científica foram sendo aperfeiçoados e incorporados à ciência (HAWKING, 1988). Não obstante a preocupação da ciência em estudar

os elementos constitucionais da matéria, para a partir desses elementos poder compreender e controlar seu comportamento macroscópico, e de grande parte do conhecimento científico atual ser proveniente do conhecimento que vem se acumulando ao longo dos séculos, a manipulação de átomos e/ou moléculas individuais em escala nanométrica – a nanomanipulação – é uma idéia relativamente recente que só ganhou maior consistência a partir de 1959, quando Richard Feynman, um dos mais renomados cientistas do século 20 e ganhador de dois prêmios Nobel (DREXLER, 1992) mostrou que não há razões físicas que impeçam a fabricação de dispositivos através da manipulação de átomos individuais. Ele destacou, ainda, que essa manipulação não só era perfeitamente possível, como também inevitavelmente resultaria na fabricação de dispositivos úteis e aplicações incríveis para todos os campos do conhecimento (FISHBINE, 2002).

A palavra usada para denominar essa ciência em nanoescala sugerida por Feynman, ou mais precisamente, o termo nanotecnologia, surgiu apenas em 1974, quando um pesquisador da Universidade de Tóquio, Norio Taniguchi, fez a distinção entre engenharia em escala micro-métrica (por ex: a microeletrônica) e o novo campo da engenharia, em escala sub-micro-métrica, que estava começando a emergir (FISHBINE, 2002; TANIGUCHI, 1996).

Avanços significativos em nanotecnologia não foram notados até o início da década de 1980, devido à ausência de novos instrumentos que permitissem a nanomanipulação, como por exemplo, os microscópios de varredura por sonda (SPM), de varredura por tunelamento (STM), de campo próximo (NFM) e de força atômica (AFM). Esses instrumentos vêm promovendo os "olhos" e os "dedos" necessários para medir e manipular materiais em escala nanométrica (FISHBINE, 2002; SAKAKI, 1999) permitindo assim manipular átomos, moléculas, proteínas, DNA, etc.

Em 1986, Richard Smalley da Universidade de Rice descobre uma nova forma de blocos de construção, os fulerenos buckminster ou "buckyballs", que por sua vez conduziram à

descoberta dos nanotubos de carbono, em 1991, por Sumio Iijima (AMATO, 1999). Essa última forma de bloco de construção é basicamente formada por uma folha de carbono, enrolada de forma a conectar suas extremidades formando um tubo. Os nanotubos de carbono (Fig. 1) vêm revolucionando a nanotecnologia por exibirem resistência mecânica extremamente alta, podendo chegar a ser até 400 vezes maior que a do aço, conseguida apenas pela forma como o carbono se organiza na escala nanométrica. Adicionalmente estes materiais possuem propriedades elétricas e aplicações singulares, em particular para aplicação em sensores que podem ter um enorme potencial no agronegócio tanto para a rastreabilidade de processos como para a certificação de produtos agroindustriais. Atualmente muitos outros materiais ou fenômenos em nanoescala têm sido estudados, por nanocientistas do mundo inteiro, com o objetivo de compreender melhor os fundamentos e as leis da nanotecnologia para explorar todo o potencial de suas aplicações (SIEGEL et al., 1999).

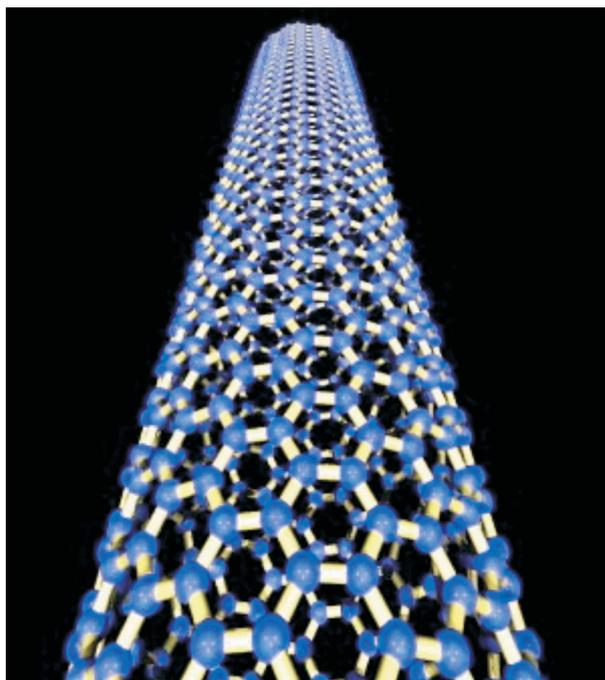


Fig. 1. Modelo mostrando um nanotubo de carbono. Os átomos de carbono estão representados pelas esferas azuis e as ligações químicas entre eles pelos bastonetes amarelos.

Fonte: <http://www.ewels.info/img/science/nanotubes/>
Acessado em: 26/10/2005.

Além disso, cientistas e órgãos governamentais tanto nos Estados Unidos como na Europa reconhecem o potencial das chamadas Tecnologias Convergentes de transformarem todos os setores da economia, assim como a própria compreensão do ser humano. O governo americano refere-se a essas tecnologias como Nanotechnology-Biotechnology-Information technology-Cognitive science (NBIC), mas também conhecida por BANG (derivado de bites, átomos, neurônios e genes), e reconhece que o domínio da escala nano integrando essas tecnologias proporcionará ao domínio da natureza (ROCO et al., 1999).

O mega efeito do nano

Na nanoescala surgem novos fenômenos que não aparecem na macroescala. As mudanças mais importantes de comportamento são causadas não apenas pela ordem de magnitude da redução de tamanho, mas por novos fenômenos intrínsecos observados ou que se tornam predominantes em nanoescala e que não são necessariamente previsíveis a partir do comportamento observável em escalas maiores. Essas alterações de comportamento estão relacionadas com as forças naturais fundamentais (gravidade, atrito, eletrostática, etc.) que mudam de importância quando a escala é reduzida (FISHBINE, 2002).

No mundo macroscópico dos seres humanos, as forças gravitacional e de atrito são mais predominantes. Além das forças naturais, existem as forças "dominadas" pelo homem, como a proveniente dos motores de combustão interna ou as forças eletromotoras que impulsionam as máquinas elétricas. Essas forças são dominantes desde a escala macroscópica até dimensões de cerca de um milímetro, permitindo a tecnologia industrial conhecida hoje (FISHBINE, 2002; ROCO et al., 1999). Porém, a medida que as dimensões dos corpos diminuem, as forças de atrito, gravitacional e de combustão tornam-se de menor importância, enquanto novas forças ganham mais importância – forças eletrostáticas. Por exemplo, em escala subatômica, a força eletrostática entre dois prótons é cerca de 10^{36}

vezes mais forte que a força gravitacional, e pode ser utilizada, por exemplo para mover nanodispositivos. A força gravitacional começa a dominar o universo dos corpos e partículas apenas quando uma quantidade significativa de matéria se faz presente e, nesta escala mais ampla, é a força dominante (FISHBINE, 2002; ROCO et al., 1999).

Pelo menos dois efeitos principais são induzidos pela estruturação de materiais em escala nanométrica:

- Efeitos de tamanho – quando a matéria, como por exemplo, partículas magnéticas são reduzidas a dimensões muito pequenas, sua estrutura atômica dá origem a novos fenômenos, como o super-paramagnetismo, mudança nas propriedades óticas e elétricas, que podem ser exploradas para a fabricação de nanosensores e outros dispositivos para aplicação no agronegócio e em muitos outros campos do conhecimento aplicado.

- Efeitos induzidos pelo aumento na área superficial – o aumento na área superficial de nanomateriais provoca um aumento significativo na sua reatividade, permitindo, por exemplo, a redução do uso de insumos (fertilizantes, pesticidas) na agricultura, melhoria no desempenho de essências aromáticas e paladar em alimentos e de catalisadores para, por exemplo, produção de biocombustível, dentre outros.

Potencial da nanotecnologia para o agronegócio

Embora o agronegócio brasileiro ocupe hoje uma posição de líder mundial, é essencial o investimento contínuo em novas tecnologias, para o País poder continuar crescendo e abrir novos mercados nesse setor tão dinâmico da economia (ALVES, 2001; BANCO DO BRASIL, 2004). Assim a nanotecnologia oferece oportunidades extremamente promissoras para melhoria da competitividade e do desempenho de processos e produtos agropecuários em várias áreas, agregação de valor a produtos, e aproveitar nichos de mercado que pelas nossas características

tropicais teremos vantagens competitivas, e algumas destas serão descritas brevemente abaixo (DURÁN et al., 2005, ETC GROUP, 2004; MATTOSO, 2005).

A importância da nanotecnologia no agronegócio começa desde o início das cadeias produtivas, contribuindo de forma significativa na melhoria do desempenho, eficiência e economia de insumos (fertilizantes, pesticidas, etc.), por meio do desenvolvimento de nanopartículas e nanoencapsulação para liberação controlada de fertilizantes e pesticidas em solos e também de fármacos para uso veterinário (DURÁN et al., 2005, ETC GROUP, 2004; MATTOSO, 2005). Em anos recentes tem aumentado a pressão no Brasil para o desenvolvimento de insumos agropecuários de melhor qualidade e desempenho, em função do maior acesso a produtos externos, bem como da necessidade de diminuir o impacto ambiental associado ao uso desses insumos.

Há uma demanda crescente por fertilizantes que apresentem maior absorção pelas plantas, que não sofram segregação durante a etapa de formulação e transporte, e que sejam mais fáceis de manusear e aplicar. Pesticidas com eficácia na aplicação cada vez maior também são desejáveis não apenas pela vantagem econômica, mas, sobretudo, pela redução do impacto ambiental, diminuição da toxidez para o homem durante a sua aplicação e diminuição da carga poluente alimentada ao meio físico. Assim, a aplicação da nanotecnologia no setor de insumos agropecuários tem a finalidade de melhorar a eficiência funcional de produtos como nutrientes, pesticidas sintetizados quimicamente (herbicidas, inseticidas e parasiticidas) ou de natureza biológica (microorganismos com atividade específica contra uma praga-alvo), bem como a segurança no manuseio desses produtos, reduzindo riscos de toxidez para o homem, de concentrações elevadas na lavoura e de contaminação ambiental. Tal abordagem está alinhada com as exigências pertinentes à preservação de qualidade de vida e redução dos riscos de contaminação do meio ambiente.

O Brasil economiza atualmente 1,5 bilhão de dólares por ano em fertilizantes nitrogenados

somente na cultura da soja, graças, especialmente, as pesquisas desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e instituições parceiras, no desenvolvimento da fixação biológica de nitrogênio na cultura dessa leguminosa, o que demonstra o potencial que a agregação de novas tecnologias pode ter nesse setor.

A nanotecnologia também pode contribuir significativamente na melhoria do desempenho de produtos agropecuários e no desenvolvimento de novas aplicações, agregando valor, abrindo novos mercados e ajudando assim a capacidade do País de passar de simples produtor de commodities, na forma de alimentos in natura, para gerador de uma série de outros produtos de fontes renováveis e obtidos de forma sustentável, tal como é o caso mais recente da agroenergia. A partir do momento que se passar a conhecer, dominar e manipular cada vez mais as plantas, animais, alimentos e outros produtos agropecuários em geral, no nível da nanotecnologia, conseguir-se-á explorar melhor todos as propriedades de seus constituintes e ser capaz de um mesmo grão de soja, por exemplo, extrair alimento, leite, óleo comestível, óleo combustível, tinta, plástico, borracha, remédios e outros produtos, cujo potencial ainda estão desconhecidos. Assim, o desenvolvimento de novos usos

de produtos agrícolas é uma área que pode ser significativamente impulsionada explorando-se a nanotecnologia.

Com o uso de recursos renováveis, os recursos fósseis podem ser parcialmente substituídos, levando a uma diminuição da poluição e impacto ambiental e do próprio efeito estufa. Para substituir matérias-primas não renováveis, uma solução natural é a fotossíntese, a transformação da energia solar e gás carbônico em substâncias orgânicas, isto é, biomassa vegetal. A biosfera apresenta 27×10^{10} t de carbono em organismos vivos e deste total, mais de 99% está contido nas diferentes espécies de plantas. Dentre os componentes da planta, destacam-se os lignocelulósicos que possuem propriedades extremamente promissoras para substituição de vários materiais sintéticos, como, por exemplo, fibras de sisal (Fig. 2) que já podem substituir fibras de vidro em algumas aplicações da indústria de plásticos e peças automobilísticas.

Com o aumento da preocupação com a poluição ambiental e os problemas com o aumento de desperdício, gerando cada vez mais lixo não degradável, o uso de produtos naturais biodegradáveis, tais como polímeros vindos da agricultura para confecção de plásticos e embalagens biodegradáveis é uma necessidade

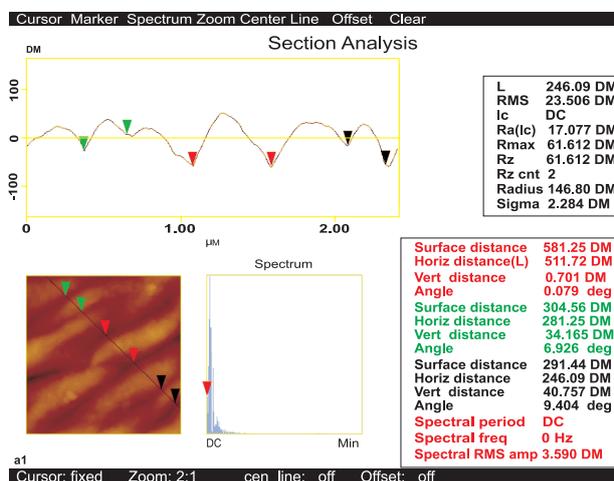
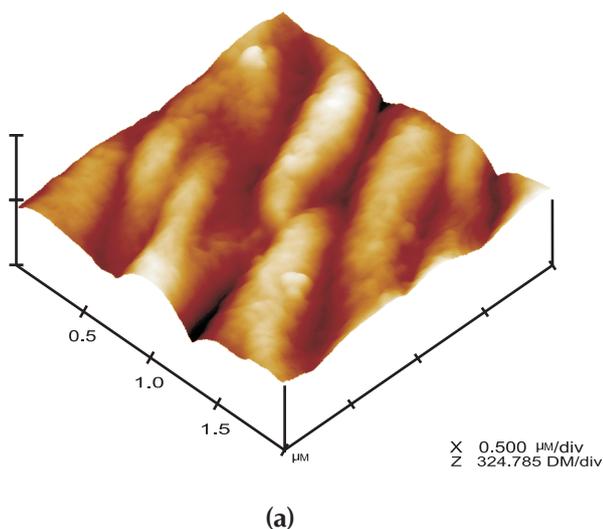


Fig. 2. Imagens obtidas em microscópio de força atômica de fibras de sisal mostrando: (a) ordenamento das fibras e (b) medida das características das fibras.

premente. Outro problema é que o volume de resíduos gerados de atividades de base agrícola e florestal é bastante elevado, cerca de 50% a 70% na indústria madeireira (serrarias e indústria de móveis) e de quase 50% nas indústrias de papel e celulose. Além da ampliação do mercado, pela disponibilização e valorização de novos produtos, o desenvolvimento de tecnologias que revertam o conceito de resíduo para o de matéria prima, como a extração de nanofibras vegetais ou nanopartículas de sílica de resíduos da agroindústria para a produção de nanocompósitos plásticos, ou produção de outros produtos de interesse industrial, é imprescindível para otimizar a eficiência da indústria, podendo contribuir para agregação de valor e rentabilidade de produtos agrícolas e melhorar a competitividade e estabilidade econômica do País (DURÁN et al., 2005; ETC GROUP, 2004; MATTOSO, 2005).

Na agroindústria são inúmeras as áreas onde a nanotecnologia pode dar contribuição expressiva para aumentar a competitividade do setor. Um exemplo é na melhoria do desempenho de processos e produtos agroindustriais, através do desenvolvimento de membranas de separação e/ou barreira para vários processos agroindustriais e embalagens ativas e inteligentes para alimentos e bebidas e purificação de água, com controle da nanoestrutura, que possuem uma enorme importância neste setor.

A agroindústria de alimentos tem enfrentado enormes perdas durante o armazenamento, transporte e distribuição de alimentos frescos, pré-cortados e embalados. Para a redução das perdas quantitativas e qualitativas dos alimentos durante o armazenamento, transporte e distribuição estão sendo desenvolvidos sistemas de embalagem (ativas e inteligentes) que monitoram não só a qualidade dos alimentos bem como a condição do ambiente que os circunda. Essas embalagens também podem indicar a quebra da cadeia de frio e podem revelar o histórico desses produtos durante as principais etapas da comercialização. As embalagens podem regular a taxa de respiração de produtos vegetais, reduzir o processo de degeneração de alimentos e/ou produtos perecíveis por ação de microorganismos

em condições reais de estocagem e conservação, aumentando a sua vida útil e também introduzir elementos no envasamento capazes de reter componentes indesejáveis desses alimentos, que deterioram a sua qualidade, introduzindo compostos como agentes antimicrobianos que podem melhorar as características sensoriais do produto, aumentando o seu tempo de conservação com conseqüente abertura de novos mercados para exportação, e ganhos econômicos extremamente significativos (DURÁN et al., 2005; ETC GROUP, 2004; MATTOSO, 2005).

Para finalizar, citam-se, ainda, pelo menos outras três áreas interligadas, onde a nanotecnologia pode também revolucionar o agronegócio na área da agropecuária de precisão, são elas: a rastreabilidade e certificação de produtos agropecuários e a segurança alimentar, através do desenvolvimento de nano sistemas inteligentes de monitoramento e tomada de decisão e nanobiosensores e nanodispositivos eletrônicos dedicados para o agronegócio. Na agricultura de precisão todos os ganhos em capacidade, memória e velocidade alcançados na computação e no desenvolvimento de circuitos eletrônicos cada vez menores e mais potentes possibilitarão ter, por exemplo, rede de sensores inteligentes no campo que monitorem desde a produtividade até o amadurecimento ou início de doenças em plantas ou animais diretamente no campo, em escala e níveis nanométricas, impossíveis de serem detectadas sem o desenvolvimento de nanodispositivos. Nessa linha, cientistas da Universidade de Michigan (Kopelman Laboratory, EUA) (FORESIGHT INSTITUTE, 2005) estão desenvolvendo nanosensores bioanalíticos, que poderão ser implantados na glândula salivar de um animal, capazes de detectar um único vírus na saliva até mesmo antes que eles possam se proliferar ou que os sintomas sejam evidentes. Assim, existe uma exigência crescente da rastreabilidade da qualidade de produtos agropecuários desde a sua produção até a sua comercialização final, importantíssimo para aumentar a competitividade e garantir a sustentabilidade do agronegócio brasileiro. Quando se pensa no mercado internacional, as exigências

por rastreabilidade, qualidade e certificação são ainda maiores. Adicionalmente a avaliação do impacto ambiental causado pelas atividades agropecuária é, portanto, também uma necessidade vital. O aumento crescente de resíduos das atividades produtivas, incluindo o agronegócio com uso indiscriminado de pesticidas que causam contaminações de solos e águas, tem chamado a atenção não só de cientistas, mas de toda sociedade para as questões ambientais, e a nanotecnologia pode também dar contribuição significativa nessa área.

Nos últimos anos, descobertas de destaque, por exemplo, demonstraram a importância do uso de materiais nanoestruturados para atingir altas sensibilidades em vários tipos de sensores. Algumas dessas descobertas foram realizadas por brasileiros, como é o caso da língua eletrônica de alta sensibilidade, desenvolvida pela Embrapa Instrumentação Agropecuária (Fig. 3) (DURÁN et al., 2005), que é hoje a mais sensível já relatada na literatura, liderança que se deve à sinergia de colaborações científicas de pesquisadores de variadas formações e instituições, que está sendo utilizada para o programa de qualidade do café da Associação Brasileira das Indústrias de Café (Abic) e estará expandindo suas aplicações para qualidade de sucos de frutas (Fig. 4) e rastreabili-

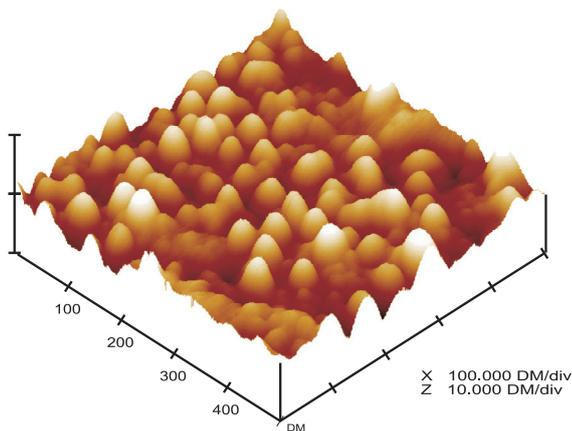


Fig. 3. Imagem obtida em microscópio de força atômica de nanoestruturas utilizadas no sistema sensor conhecido como língua eletrônica.

dade e certificação de vários outros produtos, desde que o País consiga priorizar mais investimentos em ciência e tecnologia para o agronegócio.

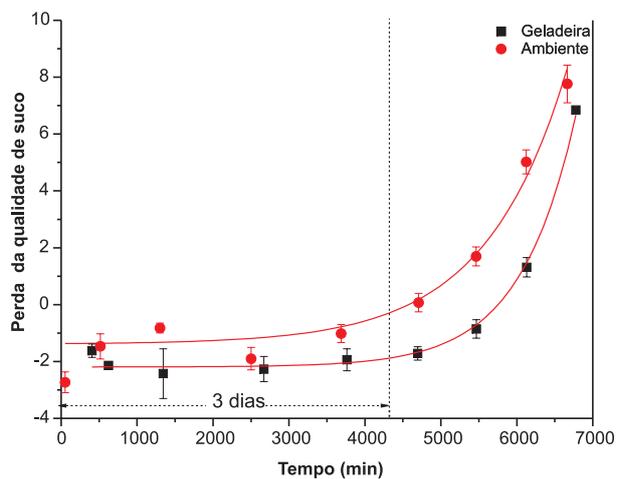


Fig. 4. Perda da qualidade de suco de laranja em função do tempo e da temperatura de armazenamento.

O Brasil carece de investimentos em nanotecnologias para o agronegócio

A nanotecnologia é atualmente um negócio de 100 bilhões de dólares que possui a previsão de um enorme crescimento, devendo atingir 1 trilhão até 2011 (ETC GROUP, 2004; HASSAN, 2005), em virtude do seu potencial de aplicação nos mais variados setores industriais e ao impacto que seus resultados podem dar ao desenvolvimento tecnológico e econômico. Nesse contexto, existe uma infinidade de áreas, para as quais a nanotecnologia pode dar uma contribuição significativa, algumas delas, inclusive, já estão sendo comercializadas. O Brasil tem procurado não ficar de fora da corrida por essa tecnologia, e o governo começou um esforço conjunto nessa área conhecida com a Iniciativa Brasileira em Nanotecnologia em 2001, para formar redes de pesquisa no tema em áreas estratégicas.

As oportunidades são imensas e altamente promissoras, mas até o momento o País apenas conseguiu priorizar os escassos recursos para áreas mais tradicionais como a física, química e engenharia onde os países desenvolvidos tem maior poder de fogo, mas que não são necessariamente as áreas em que o nosso país possui mais necessidade, potencial e competitividade, como é o caso do agronegócio.

O agronegócio é, certamente, uma área em que nosso país pode ter a maior competitividade em nanotecnologia, graças as especificidades e oportunidades de questões vinculadas ao nosso clima e agricultura tropical. Adicionalmente, as universidades e demais instituições de pesquisa do nosso país, tais como a Embrapa, possuem grupos de excelência de pesquisadores altamente capacitados para promover avanços do conhecimento nesse tema. No entanto, o País ainda não tem priorizado recursos para explorar as potencialidades da nanotecnologia para o agronegócio, e começa a se comprometer se um esforço conjunto dos órgãos de fomento não for feito nesse sentido. Um estudo recente da universidade de Toronto (The University of Toronto Joint Centre for Bioethic), que ranqueou as dez áreas onde as aplicações de nanotecnologia possuem o maior potencial de impacto, colocou a agricultura em segundo lugar (ETC GROUP, 2004). No entanto, levantamento similar feito no Brasil deixou o agronegócio fora das dez prioridades, enquanto a agricultura americana e européia já atuam nesse setor há alguns anos, tendo inclusive inúmeros produtos nanoestruturados, melhorando de forma impressionante o desempenho desde fertilizantes até alimentos industrializados.

Os desafios são enormes, em particular da capacidade do País reconhecer o potencial dessa nova tecnologia e conseguir rapidamente priorizar investimentos significativos numa área tão estratégica para o Brasil, como é o caso do agronegócio, integrando esforços das mais variadas instituições de pesquisa e empresas desse setor.

Assim, uma maior conscientização dos nossos gestores é imprescindível para termos uma

política coesa de desenvolvimento científico e tecnológico em áreas estratégicas que gere mais desenvolvimento econômico e social para o País. O Brasil não pode mais perder um bonde da inovação, em particular quando se trata de uma área em que o País tem demonstrado tanta vocação, capacidade e competência – o agronegócio – não somente para garantir a sua competitividade e agregar valor aos seus produtos, mas para poder alavancar o desenvolvimento econômico e social do País. A Embrapa, por sua vez, empenha-se em não perder esta oportunidade e definiu a nanotecnologia como uma de suas áreas estratégicas para fazer parte do Laboratório no Exterior (Labex), desenvolvido em cooperação, até o momento, com os Estados Unidos e Europa (sede na França). Também coordena a iniciativa de organização de uma grande rede de cooperação de pesquisa em nanotecnologia no agronegócio, que ainda está em busca de investimentos e de um Instituto Alan MacDiarmid de Inovação e Negócios, com a colaboração do Prêmio Nobel de Química, que dá nome a este instituto, para incrementar as ações em P&D&I no agronegócio, em particular inovações em nanotecnologia.

Conclusões

A nanotecnologia está tendo um enorme investimento nos mais variados setores da economia, em todo o planeta, em razão do enorme potencial de desenvolvimento tecnológico, econômico e social que ela pode proporcionar. Os países ou setores da economia que não dominarem essa tecnologia poderão ficar seriamente comprometidos e/ou dependentes dos detentores deste know-how. O Brasil possui uma oportunidade única de ser competitivo no domínio da nanotecnologia aplicada ao agronegócio, desde que tenha a capacidade de priorizar recursos para essa área no qual o Brasil possui vocação e competência, e que pode ser alavancada com o uso da nanotecnologia. Esforços têm sido feitos com a formação de uma rede de pesquisa envolvendo especialistas de diferentes instituições de excelência de todo o

País, mas têm esbarrado na falta de financiamento, que no caso de tecnologias como essa deveria ser certamente encaradas como estratégicas e prioritárias para um país que não pode ficar para trás, mas que deseja crescer e liderar o agronegócio em nível mundial. Assim, o Brasil tem nas mãos a oportunidade preciosa de ser não apenas um dos maiores produtores de alimentos do mundo, mas de se tornar um país mais desenvolvido, graças ao agronegócio mais desenvolvido do planeta, para produzir desde alimento até agroenergia, incluindo uma série enorme de outros produtos, em que a nanotecnologia será a tecnologia propulsora e ao mesmo tempo vital para se ter um agronegócio competitivo.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Programa Labex-EUA, e à Embrapa e instituições parceiras pelo apoio concedido.

Referências

- ALVES, E. A. Neutralidade da tecnologia. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 10, p. 38-52, out./dez. 2001.
- AMATO, I. *Nanotechnology: shaping the world atom by atom*. Washington: NSTC, 1999. 8 p.
- BANCO DO BRASIL. O agronegócio brasileiro: desempenho, mercados, potencialidades. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 13, n. 4, p. 4-9, out./dez. 2004.
- DREXLER, K. E. *Nanosystems: molecular machinery, manufacturing, and computation*. New York: Wiley, 1992. 556 p.
- DURÁN, N. C.; MATTOSO, L. H. C.; MORAIS, P. C. (Ed.). *Nanotecnologia: introdução preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicações*. São Paulo: Artliber, 2005. No prelo.
- ETC GROUP. *Down on the farm: the impact of nano-scale technologies on food and agriculture*. 2004. Disponível em: <<http://www.etcgroup.org>>. Acesso em: 10 set. 2005.
- FISHBINE, G. *The investor's guide to nanotechnology & micromachines*. New York: Wiley, 2002. 272 p.
- FORESIGHT INSTITUTE. Disponível em: <<http://www.foresight.org/challenges/agriculture001.html>>. Acesso em: 04 out. 2005.
- HASSAN, M. H. A. Small things and big changes in the developing world. *Science*, Washington, v. 309, n. 5731, p. 65-66, jul. 2005.
- HAWKING, S. W. *Uma breve história do tempo: do big bang aos buracos negros*. 30. ed. Rio de Janeiro: Rocco, 1988. 262 p.
- MATTOSO, L. H. C. *Rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. (Projeto de pesquisa).
- ROCO, M. C.; WILLIAMS, R. S.; ALIVISATOS, P. (Ed.). *Nanotechnology research directions: IWGN Workshop report: vision for Nanotechnology R & D in the next decade / on behalf of NSTC/CT/IWGN*. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. 316 p.
- SAKAKI, H. Fabrication of atomically controlled nanostructures and their device application. In: TIMP, G. (Ed.). *Nanotechnology*. New York: Springer-Verlag, 1999. p. 207-256.
- SIEGEL, R. W. Introduction and overview. In: SIEGEL, R. W.; HU, E.; ROCO, M. C. (Ed.). *Nanostructure science and technology: a worldwide study: final report*. Maryland: Loyola College Maryland; WTEC, 1999. p. 1-14.
- TANIGUCHI, N. (Ed.). *Nanotechnology: integrated processing systems for ultra-precision and ultra-fine products*. Oxford: Oxford University Press, 1996. 424 p.

Agricultura

Dimensões de seus novos desafios e conquistas

Carlos Bloch Jr.¹

Introdução

O presente artigo tem como principal motivação o desejo de compartilhar algumas expectativas, reflexões e fatos relevantes que possam contribuir para a elaboração de políticas que possibilitem avanços significativos nos modos de produção de alimentos, de forma a contemplar responsabilmente a preservação da variabilidade genética de que ainda dispomos. O setor agrícola foi escolhido, em meio a tantos outros, tão-somente como modelo estratégico de avaliação, devido muito mais à minha proximidade circunstancial com a área, do que a qualquer mérito profissional ou mesmo à minha autoridade acadêmica no assunto.

A questão de como são vistas as coisas

Intui-se facilmente com o auxílio da linguagem matemática, que um conjunto de menores dimensões jamais poderá conter um outro que seja maior que ele próprio. Em termos filosóficos, o célebre pensador judeu holandês Espinosa (Baruch Spinoza, 1632-1677), considerava que, para compreender o universo, é necessário libertar-se dele e, por conseqüência, para compreender-se tudo, é preciso ser livre de tudo. Se é verdade que o homem é escravo de tudo que ignora, por conseguinte a ignorância o mantém em uma condição menor do que a daquele que detém a compreensão, pois aquele que compreende torna-se, necessariamente,

maior e mais livre, do que aquele que é compreendido.

Assim, o que parece ser para toda e qualquer atividade humana, com a agricultura não poderia ser diferente. Após milhares de anos de extrativismo e observação da natureza ao seu redor, o homem conseguiu extrair também dela alguns princípios básicos de renovação e manejo de seres vivos, os quais se constituem até hoje nos fundamentos da agroatividade moderna. Séculos de observação e experimentação testemunham o laborioso e contínuo processo de aprendizado e compreensão dos mais variados aspectos desse setor, cuja importância não tem precedentes quando avaliada à luz da sobrevivência, manutenção e desenvolvimento do ser humano. Basta lembrar que sem alimento não há vida. O setor agrícola, talvez por essa razão, teve que aprender rapidamente a não mais depender de práticas meramente predatórias dos recursos naturais, como ainda é o caso de outros setores. A agricultura foi, provavelmente, a primeira atividade produtiva a inaugurar a era da renovação consciente da energia por meio de numerosas ações intencionais de reciclagem de nutrientes.

Sob a óptica espinosiana, a agricultura pode ser considerada um dos mais antigos exemplos de elevação da condição humana. A partir do domínio de alguns princípios fundamentais dessa atividade, o homem demonstrou a capacidade de sair de um estado inicial de ser “compreendido” pela natureza, para um patamar mais elevado, o

¹ Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Laboratório de Espectrometria de Massa.

de "compreensor" de pelo menos parte dela. Progressivamente torna-se livre da histórica dimensão politeística minimizante, na qual as relações de causa e efeito de um determinado evento natural não mais poderiam estar circunscritas a um cenário mítico de imagens, de sacrifícios expiatórios e do eterno obséquio de oblações divinas, que não correspondiam à realidade.

Em termos matemáticos, o desenvolvimento das Ciências Agrárias pode ser comparável à invenção do zero. Da mesma forma que esse algarismo proporcionou aumento na precisão dos cálculos, trazendo enorme avanço às demais ciências, a Agricultura, como registra a História, ofereceu uma nova dimensão ao esforço de sobrevivência para as dezenas de espécies diferentes de homínídeos nômades, completamente à mercê do que pudessem extrair das savanas africanas e elevou, pelo menos uma delas, à categoria de operadora dessa poderosa ferramenta de subsistência, detentora de significativo grau de previsibilidade e acurácia.

Em suma, a Agricultura permitiu ao homem sair da condição de apenas mais um elemento contido no complexo "conjunto" dos seres vivos, cujas dimensões físicas e comportamentais eram simplesmente indomáveis, para conceber e manipular um novo "subconjunto" particularmente seu, sob constante interferência sua, no qual variáveis importantes, até então imperscrutáveis, passaram a ser conhecidas e administradas, proporcionando assim a primazia atual de nossa espécie sobre as demais.

Conseqüências de uma visão incompleta das coisas

Contudo, parece que se está chegando aos limites tecnológicos e conceituais dessas invenções. O assustador aumento das áreas de intercessão destrutiva entre o conjunto das atividades agroindustriais e o conjunto dos últimos biomas depositários do patrimônio genético diversificado representa a mais clara evidência de que alguma

mudança sistêmica na compreensão desse modelo de produção precisa ser feita.

O subconjunto agricultura que se conhece, só pôde surgir porque sempre foi subordinado ao domínio da biodiversidade e, por conseqüência, amplamente contido no conjunto maior do ecossistema terrestre. Não pode-se esquecer jamais de que a biodiversidade foi sempre a base da sobrevivência humana e que, diante de pressões evolutivas mais variadas, foi ela que sempre funcionou como um tipo de "apólice de seguro" para a conservação da vida e, como tal, precisa continuar. Mediante o surgimento de acontecimentos inesperados no futuro, ela representa reais possibilidades de alternativa de sobrevivência e desenvolvimento, constituindo uma resposta adequada a eventuais decréscimos de suprimento, tanto para nós como para todas as demais espécies.

O que seria capaz de unificar esses dois processos que agora se apresentam tão divergentes? Como se poderia compatibilizar o desenvolvimento agrícola à imperativa necessidade de manutenção da biodiversidade? Diferentemente do parasitismo predatório, que aniquila a sua fonte primordial de sobrevivência, o modo de produção de alimentos para o ser humano precisa desenvolver alternativas análogas ao do seu próprio processo de reprodução. Ou seja, assim como o feto não pode permanecer *ad eternum* no ventre de sua mãe, sob pena de provocar a morte de ambos, precisando continuar o seu desenvolvimento em outra dimensão, fora do útero, a agricultura terá que encontrar novas formas, parâmetros de preservação e desenvolvimento, diante não somente das condições ora experimentadas, mas, sobretudo daquelas que serão enfrentadas futuramente. Para a sobrevivência de todas as espécies, principal-mente aquelas mais ameaçadas pela natureza, pela voracidade do comportamento do homem, outra dimensão que permita o desenvolvimento da atividade agrícola e que, ao mesmo tempo, permita a manutenção da variedade de seres vivos que ainda existe, terá que ser encontrada.

Mas será que já não existe essa nova dimensão ou pelo menos elementos que permitam

a humanidade vislumbrá-la? Acredita-se que sim, e não se trata da colonização de novos planetas. As ferramentas tecnológicas que vêm sendo produzidas, desde o último século, já fornecem valiosas pistas de como já se pode desenvolver estratégias para se chegar a uma compreensão maior e "pra fora" desse sistema que limita o homem.

O estado da arte

A era pós-genômica, com suas contribuições conceituais e metodológicas, talvez seja a mais importante de todas nesse aspecto. A capacidade de se desvendar o código genético completo de várias espécies de seres vivos colocou o homem diante da real possibilidade de identificar o conjunto de genes mínimos necessários para que a vida possa existir. O Projeto Genoma Mínimo (HUTCHISON III et al., 1999), iniciado em dezembro de 1999 por pesquisadores da The Institute of Genomic Research (TIGR), <http://www.tigr.org/minimal/>, não somente abriu a perspectiva de se conhecer (MARSHALL, 2002), quantificar (SMALLEY et al., 2003), compreender a ordenação (FEDOROV; HARTMAN, 2004) e a hierarquização dos agentes fundamentais da vida (KATINKA et al., 2001), mas principalmente ofereceu a expectativa de um dia se poder emulá-los, completa ou parcialmente (ISLA et al., 2004), em favor de um processo de produção de alimentos mais eficientes e muito menos agressivos às demais espécies.

De modo geral, os últimos avanços nos permitem sugerir propostas que conduzam a uma progressiva substituição dos atuais meios de produção de nutrientes, já identificados como fonte de enorme desperdício energético e sobrecarga ambiental, por meio de processos equivalentes oriundos da utilização de novos seres com genomas minimamente desenhados para esse fim. A criação de organismos com eficiência metabólica selecionada para cumprir uma determinada função, de maneira sistemática, precisa e menos dispendiosa, não é novidade para o setor agrícola. Gado leiteiro, cavalos de corrida, cultivares mais resistentes a patógenos são apenas alguns poucos

exemplos consagrados da incessante busca por melhoria da produtividade. Contudo, se os avanços que vimos registrando até agora não significam, necessariamente, uma redução global do desperdício energético ou do impacto ambiental que se deseja para atingir o equilíbrio de sobrevivência de todos, tampouco a pura e simples criação de novos organismos "mais eficientes", porém descontextualizados dessas premissas, resolverá o problema.

O desafio primário que agora se enfrenta não está somente no que se busca, mas sim na escala de trabalho (WHITESIDES, 2003) do que se procura e em suas conseqüências. A criação de organismos com genoma mínimo pode ser emblemática dentro dessa perspectiva de crescimento futuro, mas esbarra na capacidade de se desenvolver, desde já, as ferramentas apropriadas (FREDERIX et al., 2005) para efetuar essa tarefa satisfatoriamente e, ao mesmo tempo, monitorar os seus efeitos colaterais. Assim como se foi capaz de desenvolver telescópios, sondas espaciais e todo tipo de artefato, desde a escala cósmica até a manipulação microscópica, precisa-se compreender melhor o ambiente específico da escala nanobiológica (PENNADAM et al., 2004), as leis que a ele se aplicam (BALL, 2005) e os seus limites (GRUNWALD, 2004).

Por onde começar?

Iniciativas de pesquisa em Nanobiotecnologia começam a florescer por todo o mundo inclusive no Brasil (DURÁN, 2004). Os órgãos de fomento à pesquisa, bem como várias instituições científicas nacionais demonstram concretamente que não estão alheios a essa tendência e já iniciaram uma decisiva reestruturação de seus quadros e recursos com esse propósito.

A Embrapa, a partir de décadas de investimento nas áreas de biosensores, de biologia molecular, de biofísica e de bioquímica direcionadas à resolução de problemas do setor agropecuário, encontra-se hoje em uma posição estrategicamente privilegiada de inserção nesse novo contexto da pesquisa científica. A sistemática

demonstração de sua capacidade de acesso qualificado ao sistema biológico, associada à compreensão das constantes necessidades de gerar soluções tecnológicas inovadoras para problemas de um agronegócio interno crescentemente globalizado, atesta o enorme potencial de crescimento científico e produção industrial que se espera.

Exemplos como o da Língua Eletrônica (RIUL JUNIOR et al., 2003), da capacidade de manipulação e desenvolvimento de clones animais (IGUMA et al., 2005), de transferência de genes para embriões (RIBEIRO et al., 2001) e de métodos e processos em escala molecular que garantam rastreabilidade e segurança alimentar (BLOCH JUNIOR et al., 2002) são alguns registros do sucesso da instituição no uso de nano ferramentas, quando ainda nem eram reconhecidas como tal. Tais referências mostram que os fundamentos desse novo ramo do conhecimento, a nanobiotecnologia a serviço do agronegócio, estão associados ao cotidiano de trabalho da Embrapa, constituindo um tema de crescente interesse entre os seus pesquisadores.

Projetos que contemplem a urgente necessidade de desenvolvimento de testes para a detecção direta, rápida e inequívoca de vírus como o da "influenza asiática"; de métodos confiáveis e práticos para diferenciação in vivo de prions infectivos; para rastreabilidade molecular de animais de corte que não só possibilite avaliações de sanidade, desde o nascimento até o seu ponto final de utilização, mas também que sejam viáveis sob o ponto de vista econômico são alguns dos desafios atualmente assumidos por vários grupos de pesquisa da Embrapa e que ilustram a expressiva demanda por ferramentas e abordagens nanotecnológicas.

Conclusão

É fato que as iniciativas em nanobiotecnologia, divulgadas até o momento, podem ser consideradas muito tímidas e ainda bem distantes, quando comparadas àquelas necessárias para se

atingir o domínio tecnológico que a utilização rotineira de organismos com genomas minimamente desenhados para o agronegócio exige. Contudo, é da maior importância registrar-se que esses são tempos decisivos para a consolidação de novos fundamentos técnicos, conceituais e éticos muito mais abrangentes do que aqueles com os quais hoje se trabalha. Urge a necessidade de uma visão mais qualificada sobre fluxo energético e sobre os meios de sustentação da vida no planeta, para que possa ser pensada dentro de bases científicas sólidas e não permaneça refém de especulações feitas ao sabor de cenários conjunturais ou modismos tecnológicos.

Esse é, sem dúvida, o maior desafio de todos. Seria um desperdício incalculável inaugurar um novo capítulo da ciência, em um setor da atividade humana tão importante como a agricultura, limitado pelo mesmo olhar antropocêntrico que vem caracterizando a esmagadora maioria de todas as ações. Precisa-se, sim, resolver os problemas de hoje com a maior competência técnico-científica possível. Contudo, é preciso ir mais além. É necessário planejamento de atividades de pesquisa, produção e uso dos recursos disponíveis de uma forma mais conseqüente: deslocando o foco do subconjunto que foi inventado, direcionando-o para o conjunto do ecossistema terrestre como um todo.

A nanobiotecnologia aplicada à agricultura, sob todos os aspectos, parece ser o melhor ambiente possível para que se possa desvendar os caminhos que poderão levar o homem a essa nova dimensão de manutenção da vida que tanto se precisa. A escala nanométrica exige que a nossa mente macroscópica (algumas vezes cósmica) elabore estratégias que a liberte dos seus limites físicos e psicológicos inatos, para "enxergar" no "invisível" os espaços de trabalho, as oportunidades de interações, de desenvolvimento e de criação, inconcebíveis para a maior parte das gerações anteriores. Quem sabe, nesse processo de busca pelos pontos de intercessão entre o infinitésimo e o infinito encontre-se o que de fato está faltando.

Glossário

Conjunto: Reunião de objetos, determinados e diferenciáveis, quer esses objetos pertençam à realidade exterior, quer sejam objetos do pensamento.

Domínio: Conjunto a que uma variável está confinada.

Subconjunto: Conjunto cujos elementos pertencem a outro conjunto; conjunto que está contido em outro; subclasse.

Referências

- BALL, P. Synthetic biology for nanotechnology. *Nanotechnology*, Bristol, v. 16, n. 1, p. R1-R8, Jan. 2005.
- BLOCH JUNIOR, C.; PRATES, M. V.; CASTRO, C. S. P. de. Método de detecção de proteínas animais em misturas complexas. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002.
- DURÁN, N. (Coord.). Rede nacional de nanobiotecnologia. 2004. Disponível em: <<http://www.nanobiotec.iqm.unicamp.br/>>. Acesso em: 16 jan. 2006.
- FEDOROV, A.; HARTMAN, H. What does the microsporidian *E. cuniculi* tell us about the origin of the eukaryotic cell? *Journal of Molecular Evolution*, Cambridge, v. 59, n. 5, p.695-702, Nov. 2004.
- FREDERIX, P. L. T. M.; GULLO, M. R.; AKIYAMA, T.; TONIN, A.; ROOIJ, N. F. de; STAUFER, U.; ENGEL, A. Assessment of insulated conductive cantilevers for biology and electrochemistry. *Nanotechnology*, Bristol, v. 16, n. 8, p. 997-1005, Aug. 2005.
- GRUNWALD, A. O. The case of nanobiotecnology: towards a prospective risk assessment. *EMBO Reports*, London, v. 5, p. S32-S36, Sp. Iss. Oct. 2004.
- HUTCHISON III, C. A.; PETERSON, S. N.; GILL, S. R.; CLINE, R. T.; WHITE, O.; FRASER, C. M.; SMITH, H. O.; VENTER, J. C. Global transposon mutagenesis and a minimal mycoplasma genome, *Science*, Washington, v. 286, n. 5447, p. 2165-2169, Dec. 1999.
- IGUMA, L. T.; LISAIUKAS, S. F. C.; MELO, E. O.; FRANCO, M. M.; PIVATO, I.; VIANNA, G. R.; SOUSA, R. V.; DODE, M. A. N.; ARAGÃO, F. J. L.; RECH, E. L.; RUMPF, R. Development of bovine embryos reconstructed by nuclear transfer of transfected and non-transfected adult fibroblast cells. *Genetics Molecular Research*, Ribeirão Preto, v. 4, n. 1, p. 55-66, Mar. 2005.
- ISLAS, S.; BECERRA, A.; LUISI, P. L.; LAZCANO, A. Comparative genomics and the gene complement of a minimal cell. *Origins of Life Evolution of the Biosphere*, Dordrecht, v. 34, n. 1-2, p. 243-256, Feb. 2004.
- KATINKA, M. D.; DUPRAT, S.; CORNILLOT, E.; METENIER, G.; THOMARAT, F.; PRENSIER, G.; BARBE, V.; PEYRETAILLADE, E.; BROTTIER, P.; WINCKER, P.; DELBAC, F.; EL ALAOUI, H.; PEYRET, P.; SAURIN, W.; GOUY, M.; WEISSENBACH, J.; VIVARES, C. P. Genome sequence and gene compaction of the eukaryote parasite *Encephalitozoon cuniculi*. *Nature*, London, v. 414, n. 6862, p. 450-453, Nov. 2001.
- MARSHALL, E. Genetics: Venter gets down to life's basics. *Science*, Washington, v. 298, n. 5599, p. 1701, Nov. 2002.
- PENNADAM, S. S.; FIRMAN, K.; ALEXANDER, C.; GÓRECKI, D. C. Protein-polymer nano-machines. Towards synthetic control of biological processes. *Journal of Nanobiotechnology*, v. 2, n. 8, Sept. 2004.
- RIBEIRO, L. A.; MARIANI, P. D.; AZEVEDO, J. L.; RECH, E. L.; SCMIDT, G. S.; COUTINHO, L. L. A biolistic process for in vitro gene transfer into chicken embryos. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Ribeirão Preto, SP, v. 34, n. 9, p. 1115-1124, Sept. 2001.
- RIUL JUNIOR, A.; MALMEGRIM, R. R.; FONSECA, F. J.; MATTOSO, L. H. C. An artificial taste sensor based on conducting polymers. *Biosensors and Bioelectronics*, Oxon, v. 18, n. 11, p. 1365-1369, Oct. 2003.
- SMALLEY, D. J.; WHITELEY, M.; CONWAY, T. In search of the minimal *Escherichia coli* genome. *Trends in Microbiology*, London, v. 11, n. 1, p. 6-8, Jan. 2003.
- WHITESIDES, G. M. The 'right' size in nanobiotecnology. *Nature Biotechnology*, New York, v. 21, n. 10, p. 1161-1165, Oct. 2003.

Embrapa Labex

Avançando com os donos do conhecimento¹

Luis Fernando Vieira²
Pedro A. Arraes Pereira³

Introdução

Desde sua criação, a Embrapa adotou a cooperação internacional como um de seus instrumentos estratégicos de desenvolvimento. Ao longo de sua existência, da mesma forma e ao mesmo tempo em que soube reformar, aperfeiçoar e inovar em seus modelos e instrumentos de gestão, a Empresa avançou nos seus modelos e instrumentos de relacionamento e cooperação internacional.

Neste artigo procura-se mostrar que a concepção e implementação do projeto Labex – Laboratório Virtual da Embrapa no Exterior foi resultado de uma decisão estratégica da alta direção da Embrapa, contextualizada por uma visão bastante elaborada de futuro e com possibilidades de se tornar viável, em razão do caráter de abertura e inovação que historicamente norteou a cooperação internacional na Embrapa.

Para esse fim, em uma primeira seção apresenta-se uma breve descrição da trajetória da cooperação internacional na Empresa; na segunda seção, busca-se registrar justificativas e fatos relevantes na formação do conceito e na concretização do Labex. Nas duas seções posteriores discute-se a situação do projeto Labex, respectivamente, nos Estados Unidos e na Europa para, finalmente, chegar-se à última seção, contendo conclusões e recomendações.

Marcos do desenvolvimento da cooperação internacional na Embrapa

O processo de implantação e consolidação da Embrapa começou com a implantação de um inédito e intenso programa de capacitação de pesquisadores e técnicos nos centros mais desenvolvidos e nas instituições universitárias de maior renome do planeta. Esse programa, que ainda hoje perdura, agora ajustado à realidade da disponibilidade e oferta de cientistas no País, ao mesmo tempo em que representou um investimento seguro na formação de capacidade intelectual de alto nível, significou também o estabelecimento de laços fortes entre a Embrapa e os principais centros mundiais de excelência em ciência e tecnologia, em áreas estratégicas para o desenvolvimento agropecuário.

Paralelamente, a Embrapa buscou entre instituições como Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Banco Mundial os meios para o estabelecimento de sua estrutura institucional e para a implementação do seu programa de pesquisa, dando origem a relações duradouras que se estendem até hoje, e que, sem dúvida, se revestem de caráter estratégico, tanto para a Embrapa quanto para as mencionadas instituições (EMBRAPA, 2002).

¹ O título faz referência à concentração dos investimentos em C&T e registros de patentes na América do Norte, Europa e Ásia Industrial (CONTINI et. al., 2004).

² Pesquisador da Embrapa, coordenador do Labex França.

³ Pesquisador da Embrapa, coordenador do Labex Estados Unidos.

A cooperação com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), com o Instituto Interamericano para Cooperação em Agricultura (IICA), com o Grupo Consultivo em Pesquisa Agropecuária Internacional (Cgiar) e com os centros internacionais de pesquisa agrícola, bem como com instituições dos países europeus, notadamente o Centro de Cooperação Internacional de Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento (Cirad), da França, cuja relação de cooperação com a Embrapa já atinge duas décadas, e com o Japão, foi fundamental na construção e organização da Embrapa, tanto no que tange ao seu modelo de pesquisa quanto no seu próprio modelo de gestão.

Mesmo na fase embrionária da Embrapa, os exemplos mencionados não esgotam todas as relações de cooperação internacional estabelecidas pela instituição, servem, porém, para mostrar que naquele momento o sentido dessas relações era, predominantemente, norte-sul, com caráter de "cooperação recebida".

Pouco mais à frente, a Embrapa envolve-se em modalidades mais complexas de cooperação. Em uma iniciativa pioneira, a Empresa alia-se ao IICA e a instituições de pesquisas agropecuárias latino-americanas para a formação de redes regionais de pesquisas. O primeiro exemplo foi o Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (Procisur), estabelecido em 1980 (PROCISUR, 2005). Algum tempo depois, estabeleceu-se o Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología para los Trópicos Suramericanos (Proctropicus). Por meio dessas iniciativas, a cooperação internacional na Embrapa começou também a assumir uma dimensão mais horizontal, estabelecendo relações sul-sul, abrindo, ainda, oportunidades para relações do tipo "cooperação fornecida". Essas redes, organizadas na forma de consórcios foram denominadas Programas Cooperativos para o Desenvolvimento Agropecuario, respectivamente, do Cone Sul e dos Trópicos.

Posteriormente, esses programas, o Procisur em particular, serviram de exemplo para a

formação de consórcios semelhantes em outras regiões da América Latina, no Caribe e na América do Norte.

Ao longo do tempo, como consequência do crescente reconhecimento internacional da qualificação de seu corpo técnico e de sua contribuição para o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico para a atividade agropecuária, sobretudo para as regiões tropicais, a Embrapa, ao mesmo tempo em que se qualifica como parceira e busca receber cooperação de instituições de alto nível em todo o mundo, passa também a ser cada vez mais demandada como fornecedora de cooperação (BARBOSA; COSTA, 2005). Gerenciamento competente e inovador e instrumentos criativos acompanharam e acompanham o desenvolvimento e a intensificação da cooperação internacional.

A partir dos anos 90, inicia-se um processo muito rápido de intensificação científica das inovações tecnológicas em praticamente todos os setores produtivos. A tecnologia agropecuária não é exceção. Um dos marcos dessa revolução foi o lançamento, em 1996, do primeiro produto biotecnológico de grande impacto comercial, a soja geneticamente modificada (RUNGE; RYAN, 2005). Em 1995, registra-se o primeiro caso de morte de um ser humano acometido da doença de Creutzfeldt-Jakob, associado à ingestão de carne bovina contaminada pela Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE), o mal da "vaca louca" (DE CICCIO, 2005).

Esses eventos trazem importantes consequências em pelo menos duas vertentes: o primeiro mostra que as prospecções de futuro apontando para a construção de um novo paradigma tecnológico universal começam a ser concretizadas, dando uma nova dimensão estratégica às ciências emergentes, como, por exemplo, as nanociências, alargando os espaços de aplicação e desenvolvimento das tecnologias de informação, e apontando para imensas oportunidades para a inovação de base científica avançada e de caráter interdisciplinar. O segundo traz consigo o sentimento de insegurança da

sociedade em relação aos avanços científicos e tecnológicos, a desconfiança da população nas instituições e nos instrumentos de regulação e uma forte demanda por novos métodos de avaliação de riscos associados às novas tecnologias. O efeito sinérgico desses dois eventos tem provocado novos e acirrados debates sobre ética, regulação e modelos de comunicação entre cientistas e sociedade, que estão promovendo a construção de um novo pano de fundo político, legal e institucional para a atividade de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Ainda, ao longo da década de 90, foi colocado no alto das prioridades políticas e da pesquisa científica e tecnológica todo um leque de temas e conceitos relacionados com o alívio da pobreza e o desenvolvimento econômico e social das agriculturas de base familiar, de sustentabilidade e mitigação das mudanças ambientais globais, de valorização da biodiversidade e conhecimentos tradicionais e de proteção à propriedade intelectual (EMBRAPA, 1992, 1998). Esses marcos fixam-se, tendo como pano de fundo o processo de globalização.

Esse momento, bastante complexo para os indivíduos, grupos sociais e instituições, apresenta grandes riscos, mas também oferece muitas oportunidades (SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM COMPANY, 1998). A direção da Embrapa, percebendo que esse momento significava um momento de inflexão na trajetória para o futuro, buscou encontrar os espaços de oportunidades. No bojo da estratégia global da Embrapa para fazer frente a esse complexo futuro, surgiu o projeto Labex, como um dos instrumentos estratégicos capazes de alinhar a Embrapa e o Brasil à trajetória da fronteira da inovação e do conhecimento científico e tecnológico para o setor agropecuário e o agronegócio.

Conceitos e implementação do Projeto Labex

A Embrapa, desde a sua fundação, junto com seus parceiros nacionais e internacionais, já havia provocado uma "revolução tecnológica" no

setor agropecuário brasileiro. Isso já era visível para a sociedade e as instâncias políticas brasileiras e para as instituições de pesquisa internacionais ligadas à área. As estimativas do impacto da pesquisa agropecuária, calculadas por vários autores durante os anos 80 e 90, medidas pela taxa interna de retorno aos investimentos, mostram predominantemente taxas de retorno variando da ordem dos 25% ao ano até a casa dos 40% anuais e ilustram bem a dimensão dessa "revolução" (ÁVILA; SOUZA, 2002).

Como, porém, ainda perduravam políticas de auto-suficiência e substituição de importações, os efeitos sobre o desempenho competitivo no mercado internacional ainda não se manifestavam em sua plenitude.

Entretanto, a partir do final da década de 90, o Brasil emerge entre os líderes do agronegócio mundial. Passando

"... a influir decisivamente no preço e no fluxo de alimentos e outras commodities agrícolas, bem como desembarcou no centro de todas as disputas legais e diplomáticas em torno de subsídios, cotas e outras barreiras que impedem o acesso dos produtores agrícolas aos mercados consumidores. O País é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários, ocupa o primeiro lugar como produtor e exportador de café, açúcar, álcool e sucos de frutas. Além disso, lidera o ranking das vendas externas de soja, carne bovina, carne de frango, tabaco, couro e calçados de couro. As projeções indicam que o País também será, em pouco tempo, o principal pólo mundial de produção de algodão e biocombustíveis, feitos a partir de cana-de-açúcar e óleos vegetais. Milho, arroz, frutas frescas, cacau, castanhas, nozes, além de suínos e pescados, são destaques no negócio agrícola brasileiro, que emprega atualmente 17,7 milhões de trabalhadores somente no campo" (RODRIGUES; CRESTANA, 2005).

Não seria possível alcançar, e não será possível manter, essa posição, sem o contínuo investimento em ciência, tecnologia e inovação. O desafio implica, ainda, na escolha correta da agenda de prioridades, na redução dos tempos de geração do conhecimento e de sua incorporação aos segmentos produtivos, bem como no estabelecimento de alianças que possam complementar as capacidades necessárias para o cumprimento dessa missão (EMBRAPA, 2003). A Embrapa tem clareza de que "... o desenvolvi-

mento de um país ou de uma organização jamais prescinde da cooperação de agentes externos" (ALVES, 2001).

Sempre protagonista do debate estratégico sobre as construções e o futuro da agropecuária brasileira, o Dr. Eliseu Alves sugere à Diretoria-Executiva da Embrapa a instalação de unidade de pesquisa nos Estados Unidos, como instrumento para agilizar e intensificar a cooperação técnico-científica e manter um fluxo rápido de informações sobre os avanços na fronteira da ciência e da tecnologia. A idéia deu origem ao projeto Labex⁴.

O conceito adotado para o desenvolvimento do labex é simultaneamente ambicioso, inovador e transparente:

- Para o cumprimento dos objetivos de monitorar a trajetória da fronteira do conhecimento e da inovação em áreas estratégicas para a pesquisa e a inovação brasileiras é importante que se tenha acesso imediato à informação, se possível, em tempo real. Portanto, o Labex tem que estar inserido em instituições e grupos de pesquisa de excelência reconhecida internacionalmente e que sejam protagonistas da construção dessas fronteiras. Para que isso seja viável, essas instituições e esses grupos têm que igualmente perceber benefícios ao abrigar o Labex e, normalmente, os benefícios que são mais reconhecidos são as contribuições à pesquisa. Adicionalmente, é necessário que as relações estabelecidas sejam entre pares, isto é, pesquisadores de alto nível, que sejam capazes de desenvolver relações técnicas e pessoais de confiança e uma linguagem comum de comunicação. A construção dessas relações demanda tempo.

- O Labex, além da atividade de monitoramento, deve trabalhar para intensificar a cooperação entre grupos e redes brasileiras, que trabalham nas áreas estratégicas de ponta, e os grupos e redes com interesses similares ou

correlatos nos países onde o Labex atua. Isso significa que os pesquisadores do Labex devem conhecer a agenda de prioridades e as competências brasileiras, ter alguma ascendência técnica sobre suas lideranças, ser capaz de estabelecer conexões desses grupos com os grupos internacionais de excelência e identificar oportunidades de financiamento internas e externas para viabilizar o desenvolvimento de ações de pesquisa e inovação de interesse comum. Pela qualificação e experiência profissional que esse papel exige, a condição de pesquisador sênior é essencial.

- É essencial que o Labex disponha de financiamento próprio. Em se tratando de um programa de interesse mútuo, sempre haverá contrapartida da instituição que abriga seus pesquisadores, na forma de suporte à pesquisa. Porém, dispor de seus próprios meios de financiamento, ainda que limitados, sinaliza o compromisso da Embrapa e do Brasil com o projeto. Esse é um fator essencial de credibilidade do Labex.

- Por último, a escolha dos pesquisadores do Labex deve ser feita por meio de um processo transparente e aberto, com critérios e condições que privilegiem a competência e o perfil profissional. O seu trabalho, tanto no plano global do programa quanto no plano individual deve ser acompanhado e avaliado regularmente, por mecanismos e critérios independentes, com a participação de referentes do país hospedeiro.

Esse conceito foi operacionalizado com muita competência. A Embrapa mobilizou o apoio das instâncias políticas ao projeto, comprometeu-se com a necessária alocação de recursos, avalizou e participou das iniciativas de negociação empreendidas pela então Secretaria de Cooperação Internacional, tanto com o Banco Mundial, que por meio do Programa de Desenvolvimento Tecnológico da Agropecuária

⁴ A proposta estratégica de gestão da Embrapa (1995), incluía entre suas prioridades a criação de um mecanismo para monitoramento dos avanços do conhecimento científico e tecnológico nos países desenvolvidos (EMBRAPA, 1995). Em discussões posteriores sobre a formatação desse mecanismo, surge a proposta do Dr. Alves, de implantação de unidade de pesquisa no exterior. O desafio era conceber um modelo de implantação que permitisse superar as restrições de financiamento, surgindo daí a idéia de um modelo "virtual", para dispensar a construção de bases físicas e demais custos de uma unidade "real". Cumpre reconhecer a contribuição do Dr. Francisco Reifschneider na construção desse conceito e nas negociações que levaram à sua implantação (A. D. Portugal em comunicação pessoal de julho de 2005).

Brasileira (Prodetab), financiou o empreendimento, quanto com o Agricultural Research Service (ARS), dos Estados Unidos, que foi a primeira instituição hospedeira do Labex.

Uma outra característica importante do modelo, relacionada também com a localização do Labex, diz respeito à eficiência do uso dos escassos recursos disponíveis. O investimento em instalações próprias, implicando investimentos em infra-estrutura, facilidades administrativas, manutenção e demais custos de *overhead*, inviabilizaria o projeto. Além disso, implicaria em separação física dos pesquisadores brasileiros em relação aos grupos estrangeiros de interesse. Como forma de viabilizar financeiramente o Labex e evitar a distância física, a fórmula utilizada pela Embrapa foi a de negociar a instalação do Labex nas próprias instituições de interesse, com seus pesquisadores integrando-se diretamente aos grupos de excelência identificados como alvo. Esse arranjo absolutamente inovador talvez tenha sido o principal fator para o sucesso do projeto Labex.

Internamente, foram definidos os critérios, as regras e os mecanismos para seleção dos pesquisadores que comporiam a primeira missão. O processo escolhido consiste de uma chamada interna aberta de candidatos, por meio de Edital, especificando as áreas estratégicas previamente avaliadas e debatidas com várias instâncias responsáveis pela estratégia de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Embrapa, os critérios e processos de avaliação, bem como obrigações e benefícios. A avaliação é feita por um comitê composto por gerentes e pesquisadores e a decisão final é tomada pela Diretoria da

Embrapa, considerando os candidatos que obtiveram qualificação ao longo do processo de avaliação.

Consta do III Plano Diretor da Embrapa, atualmente em vigência, o propósito de estender o projeto Labex para a Ásia (RODRIGUES; CRESTANA, 2005).

O Labex nos Estados Unidos

A cooperação internacional na área científica é uma necessidade inerente a qualquer instituição que tenha ambição de ocupar um papel relevante no cenário de inovação tecnológica no plano mundial e, com o projeto Labex, a Embrapa propôs um novo paradigma para a cooperação internacional em ciência, tecnologia e inovação.

A primeira implementação do Labex, nos Estados Unidos, em parceria com o ARS, foi natural, já que os dois países têm algumas características importantes em comum. Ambos têm uma ampla extensão territorial, com uma grande diversidade climática. Por sua vez, o Brasil e os Estados Unidos são grandes parceiros e também competidores no mercado internacional e, finalmente, são dois países que detêm posições de liderança em pesquisa agropecuária mundial, os Estados Unidos na agropecuária de clima temperado e subtropical e o Brasil em agropecuária de clima tropical.

Pode-se também observar que o ARS e a Embrapa possuem uma estratégia de gestão de P&D e uma estrutura de pesquisa e apoio bastante similares (Tabela 1).

Tabela 1. Número de programas de pesquisa, empregados e orçamento da Embrapa e do ARS em 2004–2005.

Variáveis	ARS	Embrapa
Programas nacionais de pesquisa	22	6
Projetos de pesquisa	1200	781
Pesquisadores	2100	2206
Total de empregados	8100	8619
Orçamento	\$1,10	0,48 ⁽¹⁾

⁽¹⁾Valor em bilhões de dólares.

A coordenação do Embrapa Labex-EUA está localizada em área de Beltsville, no estado de Maryland, onde estão localizadas as coordenações dos 22 Programas Nacionais de Pesquisa do ARS.

A Embrapa Labex-EUA foi estabelecida em abril de 1998, com suporte de um projeto com o Banco Mundial. Nesse momento, a formação da terceira equipe de pesquisadores da Embrapa Labex, nos Estados Unidos, encontra-se na fase final. É importante ressaltar que a definição de áreas prioritárias é objeto de ampla discussão entre a Embrapa e o ARS para que áreas estratégicas para ambas instituições sejam determinadas quando da formação de cada nova equipe.

A primeira equipe da Embrapa Labex-EUA, à qual coube também a implantação do Programa, foi composta por Silvio Crestana, Ariovaldo Luchiari, Maria José A. Sampaio, Miguel Borges e Terezinha Padilha, respectivamente nas áreas de Manejo de Solos e Recursos Hídricos e também coordenador, Agricultura de Precisão, Biotecnologia e Propriedade Intelectual, Controle Integrado de Pragas e Doenças de Plantas e Controle Integrado de Doenças Animais. Essa equipe teve papel importante na consolidação da idéia de cooperação internacional preconizada pelo Labex, que pressupõe uma via de relacionamento nos dois sentidos.

A segunda equipe de pesquisadores atuou nas seguintes áreas estratégicas: Modelagem, Mudanças Globais, Uso Alternativos de Produtos Agrícolas e Manejo Integrado de Pragas e Doenças e foi composta, em cada uma dessas áreas, respectivamente por Airdem Assis que também exerceu a função de coordenador, Helvécio De Polli, Mercedes Panizzi, e Antonio Panizzi.

Atualmente foram selecionadas as áreas de Segurança Alimentar, Nanotecnologia e Recursos Genéticos. A ênfase agora é para que em cada uma dessas áreas prioritárias seja estabelecida e/ou fomentada a formação de redes de pesquisa no Brasil, para que se possa maximizar o fluxo de informação obtendo-se o máximo de proveito dessa oportunidade de se ter um pesquisador lotado em um centro de excelência nesta área, nos laboratórios do ARS nos Estados Unidos.

Tem-se como exemplo que no caso de segurança alimentar a atuação do pesquisador do Labex estará apoiando a Rede de Patógenos Alimentares Veiculados pela Carne Suína, Leite e Queijos Frescos de Bovinos e Caprinos e Identificação de suas Fontes de Contaminação nos Segmentos da Cadeia Produtiva. Essa rede tem participação de seis unidades da Embrapa e duas universidades.

No caso de nanotecnologia, no momento encontra-se em formação uma rede em Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio, que terá três linhas prioritárias de pesquisa:

- Materiais nanoestruturados para o desenvolvimento de sensores e biosensores para o agronegócio.
- Membranas de separação e embalagens ativas e inteligentes, com controle de nanoestrutura para a aplicação na agroindústria.
- Nanopartículas para liberação controlada de nutrientes, pesticidas e fármacos de uso veterinário.

Essa rede é composta de 18 unidades da Embrapa, 19 universidades e 4 institutos de pesquisa. A rede de recursos genéticos estará apoiando a rede Renargen, da Embrapa, e atuará buscando encontrar mecanismos de troca de germoplasma importantes para o aumento da diversidade genética da maioria das espécies cultivadas no País.

A formação de redes de equipes estruturadas na dimensão horizontal, interagindo com o Labex, também facilitará a integração dos membros do Labex, quando do retorno às suas unidades de pesquisa de origem, incentivando que esses exerçam um papel de liderança nessas áreas na Empresa.

O Labex na França

Agenda

Depois da experiência bem-sucedida do Labex nos Estados Unidos, a Embrapa empen-

deu a instalação do Labex na França, mais precisamente em Montpellier. Embora instalado na França, o plano para essa unidade do Labex é mais ambicioso, pois a intenção da Embrapa é que atue como elo entre o agronegócio brasileiro e os centros de excelência para desenvolvimento científico-tecnológico e de inovação relevantes da Europa.

A agenda européia para a pesquisa científica e tecnológica de interesse da Embrapa é extensa e complexa, uma vez que deve representar o interesse de uma enorme diversidade de culturas e status de desenvolvimento, mesmo dentro do já grande quadro de países que compõem a União Européia. Um esforço de síntese, ainda que correndo riscos, permite porém identificar alguns grandes grupos de temas que têm tido tratamento prioritário: ciências emergentes, onde incluem-se a biotecnologia e a nanotecnologia, sustentabilidade e gestão de recursos naturais, saúde e segurança nas cadeias alimentares e um grande grupo em ciências sociais.

Dentro desses grandes temas, algumas áreas prioritárias para o Brasil têm tido pouco, ou nenhum, suporte. Dentre elas, algumas áreas relacionadas com a modificação genética de organismos, as ciências agrônômicas e a pesquisa em sistemas de produção para as commodities. A primeira área, em função de pressões de grupos de interesse da sociedade, já bastante conhecidas, tem enfrentado restrições e resistências que acabam por inibir a exposição de cientistas. Assim, pesquisas continuam sendo feitas, mas com suporte e exposição reduzidos. Quanto às outras duas áreas, possivelmente em decorrência dos sistemas de subsídios praticados, que acabam por tornar a questão da competitividade relativamente secundária, as dificuldades para obtenção de fundos têm sido crescentes. Pesquisadores têm incluído esses temas, de forma subjacente, em projetos de outras áreas ou em projetos com finalidade de promover o desenvolvimento de regiões fora da Europa.

Existem, entretanto, programas bastante avançados em biotecnologia, relacionados com

vários aspectos da genômica, voltados à conservação e valoração dos recursos genéticos e da biodiversidade, de grande interesse para o Brasil. Também, programas em nanotecnologia e bionanotecnologia ganham prioridade e grande suporte.

Sem dúvida, uma das grandes prioridades européias é a sustentabilidade ambiental e a gestão de recursos naturais. A agenda nessa área é bastante avançada e o espectro de temas é bastante amplo, e muito convergente com os grandes desafios que o Brasil já enfrenta ou deve futuramente enfrentar. Muitos grupos de excelência, em países de tradição científica como França, Holanda, Alemanha, Inglaterra, Suécia, Dinamarca, Noruega e Itália, desenvolvem pesquisas científicas e tecnológicas avançadas nesses temas e o potencial de cooperação com a Embrapa e outras instituições brasileiras é muito rico.

O mesmo pode se dizer a respeito da pesquisa científica e tecnológica em segurança nas cadeias agroalimentares e na relação entre alimento e saúde. Além do interesse do Brasil nesses temas *per se*, sua importância no que diz respeito a potenciais barreiras técnicas às exportações brasileiras lhes dão uma nova dimensão de interesse. Grupos de excelência investigam a relação do alimento com a saúde sobre vários aspectos, abrangendo desde aspectos médicos e nutricionais, até a funcionalidade biológica e tecnológica de componentes isolados. Muitos desses temas podem ter desdobramentos futuros importantes para o Brasil. Alguns estudos prospectivos apontam que os sistemas previdenciários só suportarão o ônus adicional decorrente do aumento da longevidade da população se a alimentação do futuro for voltada para a conservação da saúde e prevenção de doenças. Em se julgando plausível essa visão, à pesquisa sobre funcionalidade dos alimentos e sua aplicação deve ser assinalada altíssima prioridade.

Localização

A escolha por Montpellier tem fortes razões:

- Além de ser um dos principais *clusters* de instituições científicas da Europa, Montpellier é,

sem dúvida, onde se concentra a maior massa crítica de capacidade científica voltada para a pesquisa científica, tecnológica e para a inovação em agricultura tropical da Europa.

- Ainda justificando a escolha, a Embrapa e o Brasil têm uma longa história de cooperação com a França, facilitando assim a integração do Labex ao ambiente institucional francês, além de permitir o acesso a uma série de mecanismos e oportunidades de financiamento para cooperação internacional, muitos dos quais em função de acordos bilaterais da França com o Brasil.

- Montpellier oferece arranjos institucionais bastante convenientes para o desempenho do Labex, seja na organização dos grupos de pesquisa no formato de Unidades Mistas de Pesquisa (UMR), que são plataformas multiinstitucionais e multidisciplinares para o desenvolvimento de programas específicos de pesquisa, seja no âmbito mais global de gestão das organizações, na qual a plataforma Agrópolis congrega em uma forma de consórcio as principais organizações científicas e tecnológicas instaladas no local, quer orientadas para a pesquisa, para a formação ou para a inovação.

- Por fim, o ambiente francês, em geral, e o local, em particular, é amplamente aberto e receptivo à cooperação internacional, dentro e fora do espaço europeu, facilitando o acesso a outras instituições européias e a conexão com grupos brasileiros.

Arranjo institucional

O acordo para instalação da coordenação do Labex França foi negociado e firmado com a Agrópolis. A Agrópolis define-se como um pólo internacional de pesquisa e ensino superior em agronomia e ciências correlatas, tendo por sócios estabelecimentos públicos e privados de pesquisa e ensino superior de Montpellier e da Região Languedoc-Roussillon, em parceria com estabelecimentos estrangeiros e internacionais, coletividades territoriais e empresas privadas, e cujo principal objetivo é o desenvolvimento econômico e social das regiões mediterrâneas e tropicais

(AGRÓPOLIS, 2005). A partir dessa plataforma pode-se ter acesso facilitado a inúmeras instituições francesas, instâncias políticas e parceiras internacionais.

O Labex França entrou em operação em janeiro de 2002, tendo como áreas estratégicas: Economia do Agronegócio, Biotecnologia, Gestão de Recursos Naturais e Tecnologias Agroalimentares e Agroindustriais. O grupo pioneiro selecionado para desenvolver as áreas estratégicas foi formado, respectivamente, pelos pesquisadores Elisio Contini, também na função de coordenador, Ana Brasileiro, José Madeira Netto e Regina Lago que, em curto prazo, integraram-se às suas equipes de pesquisa. Em 2005, depois de um período de três anos, iniciou-se o processo de renovação da equipe.

Estuda-se agora a descentralização do Labex na Europa, buscando-se outros países onde seria conveniente a colocação de pesquisadores. Já existem negociações avançadas com a Universidade de Wageningen e, no desenvolver do processo de substituição dos membros da atual missão, que já está em curso, um dos novos pesquisadores poderá ser lotado naquela universidade.

Estratégia de trabalho

De uma maneira bastante racional, a primeira fase do Labex França foi dedicada a integrar-se ao ambiente francês, estabelecendo uma forte aproximação com as instituições francesas. Como consequência foram criadas oportunidades e promoveu-se um crescimento substancial de pesquisadores brasileiros nessas instituições, nos formatos de visitas técnicas, desenvolvimento de pesquisas para conclusão de programas de pós-graduação e programas de pós-doutorado, muitos com financiamento de fontes européias. Um conjunto significativo de projetos de pesquisa envolvendo grupos europeus e brasileiros foi, e está sendo, articulado incluindo a bem-sucedida participação da Embrapa no Challenge Program "Generation".

Além da ação de consolidação na França, o Labex avançou no estabelecimento de relações com instituições e grupos na Holanda, em Wageningen, Alemanha e Reino Unido, que agora entram em processo de maturação e geração de oportunidades para concretização de atividades.

Como parte da estratégia de multiplicação de seu alcance, o Labex França procura apoiar e estabelecer alianças com os pesquisadores da Embrapa que desenvolvem programas de pós-doutorado e sabático na Europa, para aumentar a capacidade de monitoramento do conhecimento e também para, aproveitando as conexões técnico-científicas estabelecidas por esses pesquisadores, dar-lhes um caráter institucional mais amplo e, assim, criar oportunidades de abertura internacional a outros grupos e redes de pesquisa na Embrapa e em outras instituições brasileiras. Por meio desse mecanismo, uma série de outros pesquisadores pode estabelecer relacionamentos e encontrar oportunidades de intercâmbio com grupos europeus. Também o Labex tem estimulado esses pesquisadores a apresentarem projetos de pesquisa em parceria com os grupos onde desenvolvem seus programas, de forma que o envolvimento e as relações se construam em horizontes de tempo de mais longo prazo. Alguns casos de sucesso já podem ser contabilizados e outros estão em desenvolvimento (ARRAES et al., 2005).

Avaliação

O Labex França foi avaliado recentemente, no final de fevereiro de 2005, por uma equipe formada por cinco experts franceses e brasileiros, com inclusão de avaliadores externos à Embrapa. Nesse processo, foram avaliadas as ações gerais do Labex, bem como o desempenho individual de cada membro da equipe (AJUDA..., 2005).

Foi ressaltada a contribuição do Labex na produção de informações relevantes para a compreensão da Política Agrícola Comum Européia (PAC), que estabelece os níveis de suporte à atividade agrícola nos países da União Européia, bem como o bom nível de relacionamento

estabelecido com instituições governamentais e de pesquisa, no Brasil e na Europa. Foram apontadas as participações do Labex nas articulações das parcerias que levaram à aprovação de um conjunto expressivo de projetos na chamada do Challenge Program Generation, à inclusão da Embrapa no projeto Kassa e à participação de grupos da Embrapa nos projetos Alcue, Pavuc e Food-N-Co, financiados pela União Européia. Chamaram também atenção algumas articulações bem-sucedidas com o setor privado, que redundaram em cooperação nas áreas de aromas naturais e na abertura de oportunidades para investimento privado em produção agrícola no Brasil.

A atividade de pesquisa dos cientistas do Labex foi extremamente elogiada pelas contrapartes francesas, pela contribuição que foi dada, seja para o avanço na obtenção de resultados dos programas e projetos dos grupos, seja pela abertura de frentes inéditas de pesquisa. Na área de biotecnologia, utilizando análise genômica de materiais contrastantes e micro-arrays, foram obtidas mais de mil seqüências diferencialmente expressas em arroz, sob condições de estresse hídrico. Métodos avançados de interpretação de imagens para possibilitar o estudo de interação água-solo por sensoriamento remoto foram obtidos e validados. Foram também desenvolvidas pesquisas em métodos químicos de transformação dos lipídios da mamona, com o objetivo de se obter lipídios funcionais por biomodelagem.

Foram também avaliados positivamente pelos membros da equipe o número de 21 publicações, a participação em 74 eventos internacionais (congressos, seminários, conferências, etc.) e o aumento do número de pesquisadores em pós-graduação ligados às atividades do Labex, que saltou de um para sete.

Da discussão com os pesquisadores franceses que lideram os grupos de pesquisa nos quais se inseriram os cientistas do Labex ficou evidente que, além dos benefícios diretos, decorrentes dos resultados de pesquisa obtidos, um benefício indireto e substancial, ainda que

menos tangível, foi o aumento do grau de acesso dos grupos de pesquisa europeus a parceiros brasileiros, dentro e fora da Embrapa, e a outros parceiros sul-americanos, facilitados pela ação de articulação do Labex, que viabilizaram a captação de recursos substanciais junto a fontes de financiamento de pesquisas que exigem arranjos multinacionais com a participação de países em desenvolvimento.

Durante o processo de avaliação, evidenciou-se que o Labex França passa por um momento de inflexão, com o encerramento de sua fase inicial de implantação e consolidação, tendo a sua equipe pioneira sido distinguida com um alto e merecido grau de aprovação, e uma nova fase, agora de expansão, para dar-lhe um caráter de âmbito europeu, se inicia, cabendo à nova equipe a tarefa de realizá-la, tendo por referência os níveis de qualidade e realizações alcançados na sua primeira fase (SAVIDAN, 2005).

Conclusões e recomendações

Do ponto de vista global, conclui-se que o projeto Labex foi uma iniciativa visionária, bastante ousada e inovadora da Embrapa, e que, mercê da criatividade e da capacidade dos gerentes que conduziram o projeto até sua implantação, foi tornado uma realidade viável e eficiente, do ponto de vista da sua formatação e da aplicação de recursos.

Para um país como o Brasil, que tem no agronegócio um dos seus motores de desenvolvimento, e para a Embrapa, em particular, reconhecidamente uma das mais importantes instituições de pesquisa agropecuária e inovação no cenário mundial, prova-se, pelo resultado das sucessivas avaliações por que tem passado, um instrumento de muito valor, cuja maturação deve trazer retornos ainda mais altos que aqueles até aqui obtidos.

A recomendação fundamental é que a Embrapa esteja sempre atenta às potencialidades do Labex, para que o uso desse instrumento seja otimizado, fazendo-o dar o máximo de suporte possível às estratégias de desenvolvimento da

pesquisa e dos processos de inovação para o agronegócio do País.

No plano operacional, alguns pontos relevantes para a manutenção da credibilidade do projeto devem merecer contínua atenção:

- Que haja pelo menos um mês de *overlapping* entre a data de saída de um pesquisador e a chegada de seu substituto.
- Que sejam reforçadas as iniciativas do Labex para assumir o papel de facilitador da integração de parcerias de instituições européias e brasileiras com instituições da África e da América Latina.
- O envolvimento do Labex no apoio aos pesquisadores que entram nos programas de capacitação, mesmo em nível de pós-graduação e sabático, auxiliando-os na identificação de grupos de interesse nas suas áreas de especialização, bem como a manutenção da estratégia de envolvê-los nas atividades de monitoramento e prospecção tecnológica e nas de articulação de parcerias com os grupos brasileiros e europeus e americanos, ainda que esse apoio possa ser estendido a outras instituições do Brasil.
- Desenvolver ações para aumentar a visibilidade do Labex, tanto no Brasil, e aí mesmo internamente à Embrapa, e nos países e instituições da Europa e EUA. Buscar expandir seu alcance para países-chave europeus, como Alemanha, Países Baixos e Reino Unido.
- Fomentar ações conjuntas e coordenadas entre o Labex França e o Labex EUA.

Referências

- AGROPOLIS. Agropolis em bref. Montpellier, France. 2005. Disponível em: <<http://www.agropolis.fr/agropolis/>>. Acesso em: 10 jan. 2006.
- AJUDA memória da missão de acompanhamento-avaliação do Labex-França. Montpellier, França. 22-23 fev. 2005.
- ALVES, E. Agricultura familiar: prioridade da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 55 p. (Texto para discussão, 9).
- ARRAES, P.; VIEIRA, L. F.; CONTINI, E. Brasil no coração da ciência mundial. Agroanalysis, São Paulo, SP, v. 25, n. 4, p. 15-16, 2005. Especial: Ciência e Tecnologia.

ÁVILA, A. F. D.; SOUZA, G. S. The importance of impact assessment studies for the Brazilian agricultural research system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMPACTS OF AGRICULTURAL RESEARCH AND DEVELOPMENT, 2002, San José, Costa Rica. Why has impact assessment research not made more a difference? San José, Costa Rica: CGIAR, 2002. p. 75-76.

BARBOSA, S.; COSTA, S. P. Cooperação internacional. Agroanalysis, São Paulo, SP, v. 25, n. 4, p. 14-15, 2005. Especial: Ciência e Tecnologia.

CONTINI, E.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; SAVIDAN, Y. Os donos do conhecimento no mundo. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, RJ, v. 34, n. 201, p. 16-21, 2004.

DE CICCO, L. H. S. (Ed.). Saiba mais sobre o mal da vaca louca. 2005. Disponível em: <http://www.saudeanimal.com.br/mal_da_vaca_louca.htm>. Acesso em: 10 jan. 2006.

EMBRAPA. Diretoria Executiva. (Brasília, DF). Estratégia gerencial da Embrapa: gestão 95/98. Brasília, DF, 1995. 27 p.

EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro: cenários 2002-2012. Brasília, DF, 2003. 91 p.

EMBRAPA. Secretaria de Administração Estratégica. (Brasília, DF). II plano diretor da Embrapa 1993-1997: versão preliminar. Brasília, DF: Embrapa-SEA, 1992. 64 p.

EMBRAPA. Secretaria de Administração Estratégica. (Brasília, DF). III plano diretor da Embrapa: realinhamento estratégico 1999-2003. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1998. 3 p.

EMBRAPA. Pesquisa agropecuária e qualidade de vida: a história da Embrapa. Brasília, DF, 2002. 244 p.

PROCISUR. Información histórica. ¿Que es el PROCISUR? Montevideo. 2005. Disponível em: <<http://www.procisur.org.uy>>. Acesso em: 11 jan. 2006.

RODRIGUES, R.; CRESTANA, S. O desafio do topo da montanha. Agroanalysis, São Paulo, SP, v. 25, n. 4, p. 2-3, 2005. Especial: Ciência e Tecnologia.

RUNGE, C. F.; RYAN, B. Global diffusion of plant biotechnology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY, 9., 2005, Ravello, Itália. ICABR ten Years Later. Ravello, Italia, 2005.

SAVIDAN, Y. L'Embrapa en France. La lettre d'Agropolis, Montpellier, France, n. 114, fevr./mars, 2005.

SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM COMPANY. Global scenarios: 1998-2020, summary brochure. London, UK, 1998. 32 p.

Formação de recursos humanos e os novos tempos

Eliseu Alves¹
Renato Silva²
José Prado Fonseca Filho³

Introdução

O propósito do artigo é discutir os paradigmas da política de recursos humanos para preparar os cientistas da Embrapa para os novos tempos. Fala-se muito nas dificuldades orçamentárias da Empresa. Mas, o quadro que se descreverá não diz respeito a este importante assunto. O quadro ainda é pertinente num ambiente orçamentário favorável. Ou, ainda, a Embrapa terá que se ajustar às transformações em curso, qualquer que seja o rumo que o orçamento do governo federal possa tomar. Assim, o artigo não tem como objetivo discutir novas formas de financiar a Embrapa, embora elas, naturalmente, decorrerão das transformações em andamento. Mas, sim, discutir os ajustamentos necessários.

Política de recursos humanos do passado

A política de recursos humanos do passado se desenvolveu num ambiente em que a tecnologia, em nível de porteira da fazenda, era bem-público, e, portanto, legalmente desprotegida. Cabia, assim, ao poder público desenvolver e difundir-la, sem custo para os agricultores. A proteção existente, como no caso do milho híbrido, tinha fundamento na preservação de segredos, em acordos entre indústrias e no

elevado nível de capital exigido, considerando-se a insegurança que a ausência de uma estrutura legal de proteção ao invento e à descoberta trazia. Por isso, a política de recursos humanos da Embrapa foi abrangente no limite do nível da porteira da fazenda, estendendo-se, ainda, à área de tecnologia de alimentos, máquinas e equipamentos, mas timidamente.

Nunca se teve a ilusão de que existissem técnicas que permitissem identificar, *a priori*, um jovem talentoso para pesquisa. Assim sendo, teve que se valer da lei "dos grandes números", pela qual somente se encontra, entre jovens recém-formados, talentos para a pesquisa, apostando-se num grande número deles. Por isso, nos primeiros cinco anos de vida, foram contratados ou incorporados ao quadro, quando oriundos do extinto Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária (DNPEA), cerca de 1.100 pesquisadores, recém-formados ou sem treinamento de nível mestrado⁴. Nos casos das contratações, para minimizar erros de escolha, quanto à disposição para o trabalho, optou-se por escolher aqueles que demonstraram ser operosos, como estudantes, ou seja, aqueles que se colocaram entre os 10% melhores da turma. Ainda as disciplinas que requeriam mais o raciocínio lógico pesaram na escolha, em função das notas nelas obtidas. Recorreu-se à opinião de um grupo de professores, quando julgado necessário. Obviamente, a opção

¹ Assessor do diretor-presidente da Embrapa e pesquisador.

² Assessor do diretor-presidente.

³ Chefe do Departamento de Gestão de Pessoas (DGP).

⁴ A lei que criou a Embrapa determinou-a absorver o pessoal do DNPEA que passasse nos testes de seleção.

por recém-formados deveu-se a inexistência, àquela época, de um número de pesquisadores experientes que preenchessem a demanda da Embrapa. E, por isso, a Empresa teve que por em marcha um programa de pós-graduação de vulto, aliás, muito bem sucedido, a fim de, rapidamente, capacitá-la a enfrentar os desafios de nossa agricultura.

O concurso público foi estabelecido na Embrapa em 1984, antecipando-se ao dispositivo constitucional, que mudou o processo de seleção, de modo a dar igualdade de oportunidades a todos, mas que enfraqueceu a Empresa, quanto ao não levar em conta fatores subjetivos que as provas não captam, como o espírito empreendedor, a capacidade de se sacrificar por objetivos e a honestidade de propósitos.

A política de recursos humanos, ainda, se pautou pelos seguintes fundamentos:

- O estabelecimento de uma carreira que estimula a vontade de estudar e de progredir. Tem três níveis (designados por cargos), sendo que o nível I é para quem não tem curso de pós-graduação, o nível II para quem tem mestrado, e, finalmente, o nível III é para quem tem doutorado. Cada nível tem vários acessos. O maior problema de hoje está nos salários baixos de entrada de cada nível, o que compromete toda a carreira de pesquisador.

- Um nível de salário que permite o pesquisador competente viver, com sua família dignamente, do que a Embrapa lhe paga. Com o correr do tempo, este fundamento tem sido erodido.

- Um plano de aposentadoria, sendo voluntária a adesão, pago pela Embrapa e pelo servidor, para apoiar a velhice. Este plano visa suplementar a aposentadoria do INSS. Está cristalizado na Ceres.

- Um plano de saúde, pago pela Embrapa e pelos servidores, com duas finalidades: amparar o pesquisador e sua família, no que respeita às despesas com saúde, e preservar a saúde dos pesquisadores, de fato o capital importante da Empresa⁵.

- Um conjunto de atividades visando estimular o pesquisador a acumular conhecimento e experiência, a ser produtivo e a amar a Embrapa. Há um complexo sistema de promoção por mérito, baseado no indivíduo, no grupo e na unidade de pesquisa. O aforisma, caro à Embrapa, reza que todo ano ela tem que corresponder à sociedade com tecnologias que justifiquem os investimentos feitos e produzir pesquisadores mais bem treinados. Assim, dois produtos cabem à Embrapa: produzir pesquisadores sempre mais competentes e tecnologias.

- Um programa de treinamento em nível de pós-graduação, em serviços e pós-doctor que atenda simultaneamente aos interesses da Empresa e dos pesquisadores, e que procura capacitá-los, conforme padrões de exigência dos melhores centros dos países avançados.

- A Empresa reconhece que a tecnologia gerada cristaliza o esforço de todos os seus funcionários. Por isso, o programa de treinamento é para todos, mas a pós-graduação se centra nos pesquisadores, não sendo, contudo, exclusiva deles.

- Cada unidade de pesquisa concentra uma massa crítica de pesquisadores. É organizada de tal modo que fiquem claro o público-alvo, o problema principal e a responsabilidade da equipe perante a sociedade. Cada unidade já é em si um instrumento de concentração do esforço de pesquisa e propicia um ambiente de trabalho que estimula o desenvolvimento humano, a criatividade e senso de utilidade à sociedade.

- Procura-se estimular o pesquisador a ser um empreendedor no seu campo, a buscar recursos, a interagir com o mundo externo e a zelar pela difusão de tecnologia. Reza outro aforisma: resultado de pesquisa na gaveta do pesquisador, ou o resultado não presta para nada ou o pesquisador, ou ambos.

- O programa de comunicação da Embrapa visa prestar conta do que ela realiza; divulgar resultados de pesquisa; dar à Empresa visibilidade e transparência; e valorizar o seu corpo de

⁵ O plano de saúde é para todos os servidores, e sua razão de ser é a mesma, qualquer que seja o servidor.

funcionários. São, ainda, parte do programa de comunicação, várias solenidades, umas conectadas com o aniversário da Empresa e das Unidades, outras desenroladas em seminários, simpósios no Brasil e exterior, mas todas elas proporcionam oportunidades de aprendizagem e valorizam os servidores. Assim, o programa de comunicação é parte do programa de desenvolvimento de recursos humanos, embora com vida independente.

- Embora todo o esforço da Empresa seja voltado para apreciar o seu capital humano, o princípio da substituição ordenada tem que prevalecer, visando manter uma idade média para os doutores de 45 anos, assim estabelecida: o pesquisador termina o doutorado com 30 anos, com um horizonte de trabalho de 30 anos. A metade disto é 15. Por isso, 15 anos devem ser adicionados aos 30, perfazendo 45 anos. Desse modo, em média, um jovem doutor terá 15 anos de vida profissional ao lado de pesquisadores seniores. Um problema crítico do momento é que estamos ultrapassando essa média para os doutores, sem uma reposição ordenada. Ainda é muito importante criar condições para quem quer se aposentar e é competente e pretende continuar servindo à Embrapa. Há muito que se avançar nesse sentido.

- No começo, foi feito um enorme esforço para integrar os pesquisadores ao espírito da Embrapa, em cursos, reuniões e comunicação direta com a direção da Empresa. Como a Empresa era jovem, um mundo de oportunidades se abria aos que se juntaram à empreitada. As lideranças não tinham tido tempo de se estratificar. Por isso e pelo apoio obtido da sociedade, não houve maiores dificuldades de desenvolver o espírito Embrapa.

Em pesquisa, é natural, com o passar do tempo, desenvolver-se a "senioridade", pela qual se solidificam as lideranças, tendo como fundamentos o conhecimento e a fama. Se essas lideranças não souberem integrar ao trabalho e no caminho da promoção humana os novos pesquisadores, a decepção deles, ao verificar que não têm ajuda na sua caminhada, se transformará

em rancor, e o espírito anti Embrapa prosperará rapidamente. Não adianta querer resolver este problema via democratização de procedimentos. O que se deve fazer é encontrar mecanismos de promoção para aqueles que sabem trabalhar em equipe e repartir seus conhecimentos. Procedimentos não têm força para fazer um pesquisador competente partilhar mais do que aquilo que divulgou, em textos ou comunicação oral. E um pesquisador competente tem muito mais para partilhar.

Algumas evidências

Quadro de pessoal

A Embrapa foi instalada em 26 de abril de 1973. Por lei, a Empresa teve condições de avaliar os servidores do extinto DNPEA, e admitir no seu quadro de pessoal os que foram considerados competentes para missão e que, obviamente, aceitaram o desafio. Quem não ficou na Embrapa, permaneceu no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa). Ninguém perdeu o emprego. A incorporação dos servidores do DNPEA ao quadro da Embrapa, em larga medida ocorreu em 1974, e, ainda, houve contratações em 1973 e 1974. Assim, o efeito DNPEA no quadro de pessoal desapareceu em 1974, daí para frente o quadro cresceu apenas pela contratação de pesquisadores e servidores para o quadro de suporte.

Nos anos 1973 e 1974, incorporaram-se à Empresa 884 pesquisadores, sendo que 730 (83%) somente tinham curso superior e 154 tinham mestrado e doutorado (apenas 17). Aqueles com curso superior, a imensa maioria, seguiu, imediatamente, para os cursos de mestrado e, em seguida, para o doutorado. Os de mestrado formaram a base do doutorado, mas muitos trabalharam alguns anos antes de se matricularem nos cursos de pós-graduação. Nesses dois anos, passaram a pertencer à Embrapa 4.056 servidores, equivalente a 45,1% dos 8.991 servidores existentes em dezembro de 2004.

Nos primeiros 12 anos de vida, o programa de pós-graduação teve grande ímpeto, chegando

a ocupar 50% das vagas de pós-graduação existentes no País, e um grande número de pesquisadores foi mandado ao exterior, principalmente, para o nível de doutorado. Em dezembro de 1984, já com 12 anos de vida, a Embrapa contava com 1.619 pesquisadores, sendo 320 sem pós-graduação, 1.001 com mestrado completo e 298 com doutorado completo (cerca de 18,4% do total de pesquisadores).

A política de formação de recursos subsequente perseguiu os mesmos objetivos, além de, nos concursos públicos mais recentes, exigir pelo menos mestrado. Em 2004, o quadro de pesquisadores equivaleu a 2.211. Dos quais, 47 não tinham pós-graduação, 827 com nível de mestrado e 1.337 com nível de doutorado - cerca de 60,5% do total de pesquisadores, num quadro de servidores de 8.503.

O quadro de pessoal chegou a 11.097 servidores em março de 1990. Os servidores de apoio, 8.822, equivaleram a 79,5% do total. Os pesquisadores, em número de 2.275, guardavam uma proporção de 1 para 3,9 em relação à categoria apoio. Esses números foram julgados exagerados, e procurou-se reduzir o número de servidores de apoio. Em dezembro de 2004, o quadro caiu para 8.503, sendo, no quadro de apoio, 6.292 servidores, e o número de pesquisadores correspondeu a 2.211, pequena queda em relação a março de 1990. Assim, houve uma queda substancial do número de servidores do quadro de apoio e uma queda pequena do número de pesquisadores. Relativo aos servidores totais, apoio correspondeu a 74,0%, em 1994. E para cada 2,8 servidores da categoria apoio equivaleu um pesquisador, relação esta semelhante àquela de países avançados. Pode-se ainda notar, que o total de servidores de 2004 era próximo ao de 1984, quando terminou o mandato da segunda diretoria da Embrapa, e não muito diferente de 1982 (Tabela 1).

A Fig. 1 visualiza a evolução dos três níveis, no período 1973-2004. Mostra uma queda acentuada do número de pesquisadores que não

obtiveram mestrado ou doutorado, um acentuado incremento dos pesquisadores com mestrado até 1995, e uma queda contínua em seguida, e o avanço persistente do nível de doutorado (Ph.D).

Em função da ampliação e diversificação dos cursos de pós-graduação, o mercado já oferece um número elevado de mestres e doutores. A política de concursos públicos da Empresa evoluiu, corretamente, para colocar como exigência mínima o nível de mestrado. Essa exigência e o sucesso do programa de pós-graduação praticamente zeraram os profissionais sem pós-graduação. Em dezembro de 2004, eles eram 47. Está na hora de a Empresa dar um passo à frente, tendo, como requisito mínimo, o nível de doutorado para os concursos públicos. Sem deixar de dar oportunidades aos bons pesquisadores com nível de mestrado de fazerem o doutorado; o programa de pós-graduação deve restringir-se ao pós-doctor, com ênfase em treinamento avançado.

Idade dos pesquisadores

Na Tabela 2 estão os pesquisadores com nível de mestrado e doutorado, em número de 2.175. Ainda existem 47 pesquisadores sem pós-graduação que não são objeto de análise, por ser um pequeno número e porque a Embrapa exige, nos concursos públicos, pelo menos mestrado.

Admite-se que um doutor tenha uma vida de trabalho na Empresa, neste nível, de 30 anos. Metade desta idade ele estaria trabalhando com doutores mais experientes e outra metade ele estaria orientando doutores menos experientes. Assim sendo, 50% dos doutores deveriam ter 15 anos ou menos de Embrapa. Pela Tabela 2, 30,4% dos doutores satisfazem esta condição. Assim, a taxa de renovação de doutores deixa a desejar. Ela chegaria a um bom desempenho, se o ponto de corte fosse 20 anos. Nesse caso, 52,2% dos doutores satisfazem o critério, tendo, ainda, uma idade média menor que 47,4 anos. Dez anos depois teriam, aproximadamente, 57 anos, ainda no melhor de sua capacidade.

A complicação maior está na classe de (30, 35) anos. Há nela 202 pesquisadores de 57,9 anos,

Tabela 1. Evolução do quadro de pessoal, em número de servidores, 1973-2004.

Ano (dezembro)	Grupos ocupacionais							
	Pesquisadores					Suporte	Total (TG)	
	I	II	III	(III/T) (%)	Total (T)			(T/TG) (%)
1973	6	4	2	16,7	12	18,2	54	66
1974	724	133	15	1,7	872	21,9	3.118	3.990
1975	832	178	27	2,6	1.037	21,6	3.772	4.809
1976	1.098	194	36	2,7	1.328	23,3	4.375	5.703
1977	1.086	188	37	2,8	1.311	23,1	4.374	5.685
1978	548	699	89	6,7	1.336	22,1	4.698	6.034
1979	548	777	123	8,5	1.448	20,8	5.497	6.945
1980	509	882	162	10,4	1.553	21,0	5.830	7.383
1981	439	941	196	12,4	1.576	20,5	6.105	7.681
1982	403	968	226	14,2	1.597	20,2	6.328	7.925
1983	355	986	269	16,7	1.610	20,2	6.374	7.984
1984	320	1.001	298	18,4	1.619	19,8	6.553	8.172
1985	275	1.012	363	22,0	1.650	19,5	6.793	8.443
1986	274	1.046	404	23,4	1.724	20,3	6.748	8.472
1987	336	1.075	459	24,5	1.870	21,1	7.008	8.878
1988	324	1.088	499	26,1	1.911	21,5	6.957	8.868
1989	467	1.151	548	25,3	2.166	20,3	8.502	10.668
03/90	537	1.179	559	24,6	2.275	20,5	8.822	11.097
1990	435	1.150	561	26,1	2.146	21,0	8.064	10.210
1991	366	1.136	603	28,6	2.105	21,3	7.756	9.861
1992	315	1.128	645	30,9	2.088	21,4	7.649	9.737
1993	270	1.114	684	33,1	2.068	21,5	7.559	9.627
1994	247	1.135	717	34,2	2.099	21,9	7.477	9.576
1995	198	1.232	769	35,0	2.199	22,3	7.651	9.850
1996	156	1.143	793	37,9	2.092	23,0	6.999	9.091
1997	133	1.110	853	40,7	2.096	23,3	6.895	8.991
1998	104	1.069	890	43,1	2.063	23,8	6.597	8.660
1999	91	1.018	955	46,3	2.064	23,9	6.555	8.619
2000	79	965	1.001	48,9	2.045	24,0	6.485	8.530
2001	67	1.019	1.018	48,4	2.104	25,0	6.317	8.421
2002	58	1.020	1.120	51,0	2.198	25,5	6.421	8.619
2003	50	902	1.257	56,9	2.209	26,0	6.292	8.501
2004	47	827	1.337	60,5	2.211	26,0	6.292	8.503

Fonte: Departamento de Gestão de Pessoas (DGP).

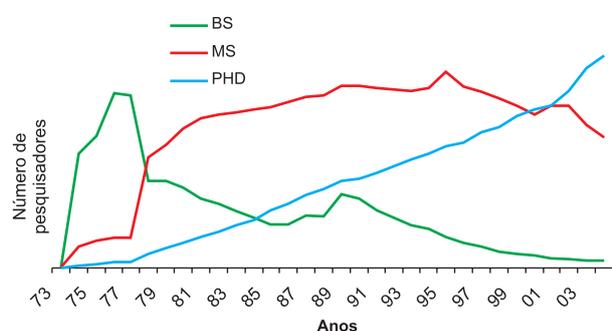


Fig. 1. Evolução do quadro de pesquisadores.

portanto, em condições de se aposentarem ou muito próximo disto. A mediana da classe é muito próxima de 58 anos, embora não incluída na tabela. O desafio da Embrapa é contratar um número de doutores igual a 202. Baseando-se na mediana, pelo menos, a metade deste número, ou seja, 101 doutores.

A classe (25, 30] anos será motivo de preocupação muito breve, nos próximos cinco anos. Ela contém 327 doutores de idade média de vida de 56,2 anos. Sua renovação também não

Tabela 2. Distribuição em classes de permanência na Embrapa, de pesquisadores com grau de doutorado e mestrado e idade média por classe, em anos.

Anos de Embrapa	Doutorado			Mestrado		
	Nº	%	Idade média	Nº	%	Idade média
<=15	414	30,4	39,3	263	32,4	37,4
(15, 20)	297	21,8	47,4	208	25,6	46,9
(20, 25)	123	9,0	52,6	76	9,4	52,2
(25, 30)	327	24,0	56,2	174	21,4	57,0
(30, 35)	202	14,8	57,9	91	11,2	58,5
Total	1.363	100,0	49,0	812	100,0	47,8

Fonte: DPGE.

pode ser muito retardada. Considerando-se cinco anos, pelo menos 1/5 deste número devesse ser, anualmente, substituídos. Pela mediana, 1/10.

O nível mestrado deve ser substituído por doutores. Nas classes (30, 35] e (25, 30] anos há, respectivamente, 91 e 174 pesquisadores com nível de mestrado. Assim o problema de renovação é bem menos grave no nível de mestrado, exceto que devem ser substituídos por doutores.

As conclusões, principalmente, sobre os doutores, têm caráter geral e dão uma visão sem detalhes. Por exemplo, há 213 doutores com idade igual ou maior que 58 anos, sendo que 137 deles têm pelo menos 60 anos e 38 pelo menos 65 anos. Uma sintonia mais fina examinará nome por nome para ter uma noção mais exata do problema de renovação.

Com os contratos com a iniciativa particular, sob a égide das novas leis, é possível propiciar aos doutores, sabidamente competentes, condições de permanecerem na Embrapa por período mais longo, aliviando-se o problema de curto prazo, mas o de longo prazo continuará existindo, ou seja, a renovação ordenada do quadro de pessoal. Uma alternativa são os contratos de consultoria. É importante que seja elaborado um plano de substituição, fundamentado em princípios sólidos, e factível orçamentariamente, e nele deve-se contemplar meios de estimular a permanência, por maior tempo, na Embrapa, dos pesquisadores competentes para proveito de nossa agricultura. Está em curso um programa de demissão voluntária. Ele precisa ser administrado com muito

cuidado para não ensejar a perda de doutores experientes e competentes.

Remuneração dos pesquisadores: princípios gerais

Cuidar-se-á, com mais detalhes, da remuneração dos doutores. Se a Embrapa ajustar-se aos novos tempos, a remuneração dos doutores terá dois componentes básicos: o salário que a Embrapa pagará e aquilo que o pesquisador poderá receber de outras fontes, sem incorporar ao salário.

Quanto ao salário da Embrapa, o nível inicial tem que ser atraente para os doutores de talento e a carreira deve oferecer uma remuneração que dê à família tranqüilidade e ao pesquisador um horizonte de promoções por mérito e de obtenção de vencimentos adicionais, não incorporáveis ao salário, firmemente estabelecidos nos regulamentos da Empresa.

As promoções por mérito e outros incentivos são aspectos importantes da política salarial, mas nunca devem vir à custa de redução dos salários da tabela salarial.

As instituições de pesquisa pública do mundo desenvolvido têm procurado estimular seu corpo técnico a buscar contratos com a iniciativa particular, com fontes de financiamento dos governos, dos organismos internacionais e de doadores, hoje muito mais voltados para África. Como elas não têm condições de competir com a iniciativa particular, porque se generaliza o princípio de que os salários do governo têm que

ser baixos – porque é isto que os eleitores querem –, a solução foi permitir que os pesquisadores tivessem outras fontes de remuneração, evidentemente, dentro de normas bem fundamentadas. As novas leis criaram abertura para a Embrapa mudar o contrato de trabalho dos pesquisadores de modo a lhes dar flexibilidade para fazer arranjos com outras fontes de financiamento, admitindo-se vantagens de vencimentos. Esse problema precisa ser resolvido, antes mesmo de se criar um outro arranjo organizacional, que no fundo busca amealhar dinheiro flexível. Esses recursos podem ser utilizados para dar vantagens adicionais aos pesquisadores, desde que o contrato atual de trabalho seja mudado e se estabeleçam as normas pertinentes que regerão o uso do tempo dos pesquisadores.

Em linhas gerais, a remuneração dos pesquisadores de cargo III (doutores), deve observar os seguintes pontos:

- Salário inicial competitivo dentro do governo e no mercado, suficiente para atrair pesquisadores jovens de talento.
- Flexível para acomodar pesquisadores experientes em qualquer nível da carreira.
- Oferecer um horizonte de promoção por mérito que seja um convite aos pesquisadores de fazerem carreira na Embrapa, e poderem dedicar-se, em regime de tempo integral, à pesquisa.
- Regras do contrato de trabalho e de outros regulamentos da Empresa devem estabelecer os parâmetros da remuneração adicional que vier a ter origem em contratos com órgãos do governo e com a iniciativa particular.

Os novos tempos e novas demandas

Porque tempos novos?

Porque as mudanças em curso exigem ajuste de vulto na política de pesquisa da Embrapa e, portanto, na sua política de recursos humanos. Ainda, as mudanças em curso estão revelando novas demandas de pesquisa que darão rumos à

Embrapa do amanhã. Vejamos os principais pontos, por tópicos.

Novas demandas da pesquisa particular – Embrapa

Há muito tempo é conhecido que as taxas de retorno dos investimentos públicos em pesquisa, especialmente dos investimentos na Embrapa, são elevadas. É fácil compreender que a iniciativa particular, se investir em pesquisa, tem condições de obter taxas até maiores. Porque, então, ela investiu apenas em áreas em que o invento se protegia pela preservação de segredos, por patentes da indústria, acordos entre multinacionais, ou, ainda, em áreas em que a entrada de um concorrente exigia grande aporte de capital, e o ambiente sem proteção legal, portanto de elevado risco, desestimulava esta entrada?

A resposta é simples: os investimentos da iniciativa particular em pesquisa, aliás, de pequeno vulto até aqui, foram feitos nas áreas possíveis de apropriação dos lucros. As leis recentemente aprovadas permitem essa apropriação, além de criar incentivos para a pesquisa particular e para os pesquisadores das esferas pública e privada. Portanto, criou-se um cenário para a evolução acelerada da pesquisa particular, inclusive dentro da porteira da fazenda, o que não existia antes.

Como conseqüências, deve-se esperar uma grande expansão das fundações de pesquisa, nos moldes das existentes, as cooperativas devem evoluir para um modelo semelhante aos das fundações e milhares de iniciativas, com a formalização legal mínima para se valer das vantagens da lei, vão nascer, e poucas serão bem sucedidas se não se aliarem, pelo menos na fase inicial, à pesquisa pública.

Em vista do enorme barateamento do custo de transportes e de comunicação, as multinacionais vão ampliar seus investimentos, num modelo de rede, cujo centro ficará em países que ofereçam mais proteção ao invento, de custo mais barato para realizar pesquisa e que tenham um

sistema de financiamento ao investimento em ciência e tecnologia mais favorável. Em vista, do tamanho de nosso mercado, o Brasil terá os investimentos muito ampliados, e é atrativo para sediar centros de decisão de redes. As redes colocarão sob tensão o sistema público de pesquisa, em termos de apoderarem de mercados importantes e de oferecerem remuneração convidativa aos pesquisadores competentes. Cabe à pesquisa do setor público organizar-se, baixar custos, tornar-se flexível, de modo a ser parceira confiável para contratos de mútuo interesse, dar condições de competição para as empresas de pesquisa de menor porte e realizar pesquisas em áreas que não interessam à iniciativa particular.

As áreas de pesquisas preferidas pela iniciativa particular são aquelas em que o novo conhecimento se cristaliza num ente físico, fácil e barato de descrever e de patentear, como um gene, uma semente, um novo produto ou uma nova máquina. O que não for patenteável ficará de fora do escopo da iniciativa particular, a não ser que o custo da pesquisa seja coberto pelo governo.

O impacto maior das mudanças em curso sobre a Embrapa incidirá nos centros de produtos, e, sobretudo, nos programas de melhoramento de cultivares, especialmente aqueles atrelados a commodities internacionais. Inteligentemente explorado, o novo cenário, ou nova demanda, renderá dividendos à Empresa⁶. Cabe, ainda, aduzir os seguintes pontos:

- A Embrapa não perderá o importante papel de regulador do mercado e de reduzir a concentração da pesquisa particular em poucas firmas. Ela é, ainda, fundamental, para colocar os empreendimentos de porte menor em condições de competir com os oligopólios existentes, por exemplo, na área de sementes. Para ser bem sucedida, a Embrapa tem que desenvolver uma estratégia de divisão do campo de pesquisa e de mercado, implicando isto na divisão de custos e

lucros, com a iniciativa particular. Terá que competir com outras instituições públicas que vão explorar este filão lucrativo.

- Em conexão com os empreendimentos de menor porte, ressalte-se o papel da Embrapa na incubação de empresas, área fadada a ser muito importante.

- Mesmo em áreas patenteáveis, numa seqüência de eventos, alguns deles requerem competência específica, demandam pesquisas complexas, de alto risco e de longa duração. As firmas de grande porte terão todo o interesse, nesses casos, de se associar à pesquisa pública, desde que ela seja competente e saiba guardar segredos.

- Ainda que de pequeno risco, a pesquisa particular de grande porte fugirá de produtos de pequena expressão no mercado, ou, então, plantados por agricultores de baixa renda.

- Embora as leis protejam as patentes, é melhor ficar com as áreas em que a preservação de segredos é mais fácil. Essas áreas de pesquisa tendem a ter a preferência da iniciativa particular que irá estabelecer arranjos especiais, pelos quais uma parte do projeto é desenvolvida pela pesquisa do governo e a outra pela firma contratante, e os arranjos são de tal modo a protegerem o segredo.

- Outra linha de divisão de trabalho está na engenharia genética, em que genes específicos são desenvolvidos por uma dada empresa e a tecnologia que os aplica por outras empresas. A Embrapa pode ocupar as duas pontas do mercado: desenvolver genes específicos ou desenvolver tecnologias que usa genes de outras empresas.

- A área não patenteável, do ponto de vista de apropriação do lucro, é muito grande, como em meio ambiente, agricultura familiar, manejo de culturas e animais. É bom que a Embrapa defina rigorosamente essas áreas, escreva os projetos de pesquisa e busque financiamento junto ao poder público. No futuro, provavelmente, a Embrapa

⁶ Em nenhum país de porte, a pesquisa particular substituiu a pública, no caso da agricultura. Houve divisão de campos e os dois lados se juntaram, via contratos, onde prevaleceu o interesse comum. Portanto, a experiência histórica não autoriza admitir que a iniciativa particular irá aliviar o orçamento público, em ciências agrárias. O que se obteve foi um incremento dos investimentos em ciência e tecnologia.

terá que definir dois programas de pesquisa, um para as áreas patenteáveis e outros para as não patenteáveis, com o entendimento que este grupo será da responsabilidade exclusiva do poder público.

- Também a pesquisa básica costuma não interessar a iniciativa particular, e, quando ela se fizer necessária, a tendência é contratar quem tiver competência, entre as instituições públicas.

Em resumo, a Embrapa tem que realizar uma mudança de porte para se associar à iniciativa particular nas pesquisas, cujos resultados são apropriáveis, e ainda terá que desenvolver dois modelos, sendo um deles para empresas de grande porte e outro para aquelas menores. O mercado será muito competitivo, também nas esferas da pesquisa pública. Quais as implicações específicas para a Embrapa?

- Como organização, a Empresa tem que reduzir o custo da pesquisa; preparar-se para competir com as congêneres da esfera pública; organizar sua área de mercado para buscar contratos; flexibilizar a legislação; orçar seus projetos de pesquisa de modo a se livrar dos custos das áreas não patenteáveis; ser capaz de absorver multas por deixar de honrar contratos e ser competente em escrevê-los e honrá-los. Terá que encontrar formas de remunerar competitivamente seus pesquisadores, sendo que os recursos de contratos podem ser uma fonte, desde que a remuneração adicional se restrinja à duração do contrato e não se incorpore aos salários. Aqui residirá a mudança mais importante, aquela que, se bem feita, garantirá a sobrevivência da Empresa. A sede precisa reforçar a área de negócios e patentes para difundir resultados de pesquisa, proteger suas descobertas e contratar projetos de pesquisa.

- A iniciativa particular dará preferência para contratar pesquisas complexas e de maior risco. Por isso, os pesquisadores, além de doutores, terão que ser bem treinados nas áreas mais básicas e disporem de laboratórios que respondam às perguntas complexas, no menor espaço de tempo possível. Assim, o recrutamento tem que atrair jovens doutores com vocação para aprender

métodos e teorias sofisticadas, mas, sobretudo, competentes no aplicar o conhecimento. Aliás, o recrutamento deve exigir o doutorado como um dos requisitos.

- Como ninguém é bom em tudo, é importante saber montar consórcios, envolvendo instituições públicas e privadas de pesquisa.

- Os chefes dos Centros terão que ter competência para negociar com a iniciativa particular e desenvolver projetos conjuntos, cofinanciados por ela e por outros investidores do setor público. Além de demonstrarem ter talento para a empreitada, deverão receber treinamento adequado.

Novas demandas do setor público: defesa vegetal e animal

É claro que o Mapa necessita ter um conjunto de laboratórios e pessoal especializado ou manter convênios com laboratórios especializados para realizar o monitoramento e a fiscalização que a lei lhe delegou. Mas tão importante quanto esta tarefa, é fazer pesquisas, visando aprimorar métodos de detecção de fraudes, pesquisas sobre qualidade de produtos, prevenção de entrada de pragas e doenças, doenças transmissíveis ao homem por animais e plantas, níveis de tóxicos e cancerígenos nos alimentos. A Embrapa deve-se preparar para receber demandas do Mapa nestes aspectos: necessita de pessoal treinado e de laboratórios especializados. É mais aconselhável ter unidade de pesquisa especializada, com financiamento próprio, em rede organizada, envolvendo universidades, institutos de pesquisa e a iniciativa particular, via projetos específicos. Muitos dos temas podem ser do interesse da iniciativa particular, desde que redundem em patentes. Outros não, cabendo o custeio da pesquisa ao poder público.

Novas demandas do setor público: meio ambiente

A demanda de pesquisa na área de meio ambiente, referente à agricultura, deverá crescer

exponencialmente. Ela será muito diversificada. É muito importante que a Embrapa faça as opções corretas, quanto às pesquisas em meio ambiente, na linha de verificar o impacto diferencial das tecnologias em uso e das potencialmente aplicáveis. Como é uma instituição de pesquisa, o método científico é o fundamento da ação, o que envolve simultaneamente a teoria e os dados, e, sempre que possível, experimentos cientificamente planejados testarão as hipóteses formuladas. Há uma tendência muito grande de apontar impossibilidades. Mas, é papel da Empresa apontar caminhos alternativos, que sejam factíveis para a iniciativa particular trilhar, depois de se avaliarem os custos ambientais. Tecnologias socialmente aconselháveis, mas, pelos critérios usuais, economicamente não rentáveis, carecem de subsídios para difundirem-se, e é muito importante dimensionar-se o montante dos mesmos.

A Embrapa tem uma unidade específica que já trabalha bem em rede, o Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. O importante é captar recursos adicionais do Ministério do Meio Ambiente e de doadores internacionais de modo a ampliar a rede, as pesquisas no Centro e a equipe de pesquisadores.

Embora não sob o controle do Mapa, outra demanda que crescerá para a Embrapa é área de pesca. A Embrapa já está muito grande, por isso, o que pode fazer é ancorar uma rede de pesquisa em piscicultura, financiada com recursos marcados.

Conclusões

Os novos tempos têm importantes implicações para a Embrapa, como:

- Reduzir o seu custo fixo para ser capaz de competir pelos novos contratos de pesquisa que serão gerados pela iniciativa particular brasileira e internacional. Desburocratizar-se, ser flexível e estar preparada para firmar contrato com a iniciativa particular, honrá-los e pagar multas.
- Ser capaz de permitir uma remuneração adicional aos pesquisadores, sem incorporar a vantagem aos salários, além de garantir uma carreira que atraia e mantenha nos quadros os pesquisadores de talento.
- Ser competente na arte de gerar patente, de registrar e negociá-la. Esta arte envolve um corpo de servidores especializados, com dedicação exclusiva, ancorados até num prédio próprio.
- Preparar os chefes de Unidades para a tarefa de incessantemente buscar contratos de pesquisa, geri-los e honrar compromissos. Cada pesquisador deve empreender sua atividade, no sentido de gerar novos projetos e buscar recursos para financiar sua execução.
- Ser capaz de dividir o campo de pesquisa de modo a tirar proveito das demandas que virão da área internacional, da iniciativa particular, meio ambiente e defesa animal e vegetal.
- Preparar os centros de produtos para se associarem à pesquisa particular, principalmente, na pesquisa de produção de novos cultivares.
- Preparar-se para incubar novas empresas de pesquisa de modo a multiplicar os casos de sucesso.

O orçamento da Embrapa

Eliseu Alves¹
Antônio Jorge de Oliveira²

Resumo: o trabalho discute por que existe pesquisa pública na agricultura, mostra que as taxas de retornos dos investimentos públicos na Embrapa são muito elevadas, o que significa que os investimentos deveriam ser ampliados. Apesar do desempenho marcante do agronegócio, e muito desse desempenho se assentou na modernização da agricultura, em função de tecnologias geradas pela pesquisa pública, os investimentos na Embrapa caíram sensivelmente na década de 1990 e nos primeiros anos da década de 2000. Construiu-se na Embrapa uma infra-estrutura de pesquisa e ela foi equipada com pesquisadores de nível de primeiro mundo, formados e treinados com dinheiro público, e, rapidamente, estão eles perdendo a capacidade de retribuir à sociedade o salário que recebem, porque o investimento em custeio da pesquisa e em laboratórios caiu para níveis muito baixos. Como os salários dos pesquisadores, em termos reais, sofreram depreciação, a empresa não atrai talentos e perde os mais competentes, porque se demitem, e por aposentadoria precoce. Ou seja, ela está ficando menos eficiente, porque lhe faltam meios, e sua sobrevivência está ameaçada. Ou, ainda, segundo a lógica do setor privado, uma empresa está condenada à falência se não for capaz de operacionalizar o seu capital fixo (pessoal + capital físico), com volumes adequados de capital de giro (custeio).

Na agricultura, em nenhum país de agronegócio pujante como o brasileiro, a pesquisa da iniciativa particular substituiu os investimentos públicos, e ela mesma foi, em parte, financiada pelo governo, por inter-médio de incentivos e renúncia fiscal. O que a experiência tem demonstrado é que a pesquisa da iniciativa particular é muito mais produtiva nos países que muito investiram em pesquisa pública. Ainda, os investimentos em pesquisa pública continuam tendo taxas de retornos elevadas, quando comparados com outras opções. Ou seja, apesar do crescimento da pesquisa particular, ainda, é ótimo negócio para a sociedade investir em pesquisa pública.

O agronegócio se beneficiou dos investimentos de pesquisa do passado e se desenvolveu de forma tão marcante. A pergunta que se faz é qual será seu desempenho, num quadro de queda acentuada dos investimentos públicos na Embrapa?

Palavras-chave: pesquisa, orçamento, agronegócio.

A importância da pesquisa pública

Por que a pesquisa em agricultura se abrigou numa instituição pública? Por duas razões: até bem recentemente, o lucro das descobertas que deram origem às tecnologias no âmbito da porteira não podia ser apropriado pela iniciativa particular, mesmo nos países desenvolvidos,

porque inexistia uma estrutura legal de proteção; a organização do Estado, pós-revolução industrial, recomendava a criação de uma instituição para abrigar investimentos de propósitos específicos. Em alguns países desenvolvidos, a universidade foi escolhida, e, em muitos casos, favoreceu-se a trílogia ensino-pesquisa-extensão. Em outros, na

¹ Assessor do diretor-presidente e pesquisador da Embrapa.

² Coordenador da CEE/SGE e pesquisador da Embrapa.

Europa continental, principalmente, a opção foi pelos institutos de pesquisa.

A impossibilidade de apropriação dos lucros afastou a iniciativa particular da pesquisa agrícola, no âmbito de porteira. É claro que há muitos exemplos de associações sem fins lucrativos que se formaram com propósito de pesquisar problemas da agricultura, mas pouco relevantes, em volume de investimentos. A pressão para incrementar a produtividade da terra, nos países de fronteira agrícola esgotada, levou os governos a investirem em pesquisa agrícola, e os investimentos nesta área cresceram fortemente no pós-guerra, impulsionados pela explosão da demanda de alimentos e fibras e o esvaziamento dos campos.

Mesmo com o advento das leis que protegem as descobertas, os governos dos países avançados não reduziram o investimento em pesquisa pública, porque existem muitas áreas difíceis ou mesmo impossíveis de serem patenteadas e, ainda, os investimentos públicos aumentam a eficiência das duas esferas: a pública e a particular.

No Brasil, o governo federal só deu maior importância à pesquisa agrícola da metade da década de 1960 em diante. No plano estadual, São Paulo, com seu Instituto Agrônomo de Campinas, da metade final do século 19, é única exceção digna de menção. O governo federal desenvolveu, mas timidamente, no século passado, o Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária (DNPEA). Em 1973, ele foi substituído pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

A razão que justificou os investimentos públicos no Brasil foi a mesma, ou seja, a impossibilidade da iniciativa particular de investir em pesquisa, em vista de não ter condições de se apropriar dos lucros, porque lhe faltava proteção legal adequada.

A pesquisa privada em milho, principalmente, e em outras sementes tem tradição que remonta ao final da Segunda Grande Guerra. Mas note-se que, nesses casos, a proteção foi depen-

dente da possibilidade de preservar segredos. Em alguns poucos casos, em máquinas e equipamentos, se valeu da proteção legal da indústria. Ainda se investiu em pesquisa em campos, em que a entrada de uma nova firma no negócio exigia um tão elevado nível de capital que ninguém ousaria aportá-lo, sem a proteção legal adequada. Entre as multinacionais, prevaleceu o acordo pelo qual se respeitavam as patentes registradas na origem. Mesmo considerando-se todas essas possibilidades, o investimento da iniciativa particular em pesquisa agrícola, no âmbito de porteira, tem sido, no Brasil, muito pequeno, quando comparado com o esforço do governo. Com o advento das leis recentes, que protegem o invento e incentivam a pesquisa particular e os pesquisadores, espera-se que os investimentos da iniciativa particular cresçam rapidamente, mormente nas áreas em que a pesquisa pública foi bem-sucedida e demonstrou ter alcançado elevadas taxas de retorno, como nos produtos transacionados, em larga escala, no mercado internacional.

Os investimentos da iniciativa particular vão, em parte, depender do sucesso da pesquisa pública, e serão mais rentáveis, na medida em que a pesquisa do governo se fortaleça e se prepare para contratar projetos com o setor privado (ALVES et al., 2005).

Mas as áreas em que os resultados de pesquisa não são apropriáveis são numerosas, como meio ambiente, agricultura familiar, em produtos de mercado pequeno, em práticas culturais, formação de pastagem, recuperação de solos, zoneamento agrícola, estudos de recursos naturais, métodos para melhorar a eficiência da defesa vegetal e animal, impacto econômico da tecnologia, avaliação da política agrícola e de ciência e tecnologia. Nesses casos, a responsabilidade é exclusiva do governo, mas ele pode contratar projetos de pesquisa, com a iniciativa particular.

A Embrapa necessita ter uma estrutura legal flexível que facilite, via contratos, interagir com a iniciativa particular, remunerar o pesquisador além do registrado na folha de pagamento, de

forma tal que o adicional não se incorpore aos salários, e ter uma estrutura de gestão competente para buscar contratos, com a iniciativa particular, com o governo e no exterior.

A Embrapa não perderá o importante papel de regulador do mercado e de reduzir a concentração da pesquisa particular em poucas firmas. Ela é, ainda, fundamental, para colocar os empreendimentos de porte menor em condições de competir com os oligopólios existentes, por exemplo, na área de sementes. Para ser bem-sucedida, a Embrapa tem que desenvolver uma estratégia de divisão do campo de pesquisa e de mercado, implicando a divisão de custos e lucros, com a iniciativa particular. Terá que competir com outras instituições públicas que vão explorar esse filão lucrativo. Cabe, ainda, aduzir que os incentivos do governo vão gerar milhares de pequenas empresas de tecnologia, se forem incubadas por instituições experientes, ocasionando uma considerável elevação nas taxas de sucesso destas. E as empresas menores bem-sucedidas terão papel destacado para controlar a concentração da pesquisa em poucas grandes firmas.

A experiência dos países desenvolvidos, no caso da agricultura, tem demonstrado que a pesquisa básica se adapta melhor ao governo, que tem condições de correr grande risco, de investir em projetos de resultados incertos, ou, ainda, em projetos distantes de uma aplicação prática, além de assegurar um ambiente muito mais livre às opções de escolha dos pesquisadores.

Finalmente, se o governo guiar suas opções de investimento, como, aliás, deveria fazer, pela taxa de retorno, a pesquisa agrícola é das áreas que oferecem as maiores taxas de retorno, como está demonstrado no artigo de Avila et al. (2005).

O dispêndio da Embrapa

A fim de reduzirem-se as flutuações, as séries reportam médias trienais. Sempre se indicou, em cada tabela, o período inicial e final da série original. Obviamente, perdem-se dois

anos, o inicial e o final. Os valores monetários das séries originais da Embrapa foram corrigidos pelo IGP-DI e o PIB agropecuário pelo deflator implícito, sendo 2004 o ano-base para os dois grupos de série.

A questão complicada que surge é saber qual é o nível ótimo de investimento em pesquisa agropecuária no Brasil. Certamente, o nível ótimo exigiria a construção de um modelo tão sofisticado tal que dificilmente alguém teria competência para fazê-lo, e mesmo que fosse construído, dificilmente existiriam dados para estimá-lo. O que se faz é calcular taxas de retorno e verificar se elas ultrapassam a taxa de retorno do capital, ou então, aquelas de bons projetos. Neste número da revista, está o artigo de Avila et al. (2005) que mostra que investir na Embrapa é um ótimo negócio para o governo, comparado com outras opções. Mas, por que o governo, desde a década de 1990 do século passado, reduz os investimentos na Embrapa? A explicação do arrocho orçamentário, em função do ajuste macroeconômico, é pouco convincente, porque outras áreas tiveram seus orçamentos muito ampliados. Mostra-se, a seguir, o quanto o dispêndio da Embrapa tem caído.

O dispêndio em relação ao PIB agropecuário

O agronegócio representa 39% das exportações brasileiras, 34% do Produto Interno Bruto (PIB) e 37% dos empregos – cerca de 17,7 milhões de postos de trabalho. Chegou a essa importância nos últimos 10 anos, percorrendo um caminho em que a modernização da agricultura foi uma das peças fundamentais. O estilo de modernização se baseou no incremento da produtividade da terra e do trabalho, e os investimentos na Embrapa muito tiveram a ver com o incremento dessas produtividades. No período 1975-2002, a produtividade total dos fatores (PTF) cresceu à taxa de anual média de 3,30%. No mesmo período, nos Estados Unidos, a PTF cresceu à taxa anual de 1,57%. Voltando-se ao Brasil, a taxa anual média de crescimento da produtividade da terra foi de 3,82%, a do trabalho equivaleu

a 3,37%, e a do capital, 2,69%. Portanto, muito elevadas. A experiência dos países avançados indica um crescimento da produtividade total dos fatores da ordem de 1,5% a 2%, e os investimentos em pesquisa e extensão explicam dois terços desse crescimento (GASQUES et al., 2005). Como os investimentos em pesquisa têm sido tão importantes para o desenvolvimento do agronegócio, como explicar a queda recente acentuada dos investimentos da Embrapa em relação ao PIB da agropecuária? É verdade que tivemos que nos submeter a um controle rígido dos gastos, visando domar a inflação. A despeito disso, a queda dos investimentos na Embrapa relativos ao PIB agropecuário significa perda de pontos da empresa para alternativas de investimentos, como uma das prioridades do governo. Em 1978, cinco anos depois de implantada, essa relação equivalia a 0,77% e saltou para cerca de 1% em 1981 e 1982. Entre 1983-89, a relação permaneceu no intervalo 0,65-0,84. No período 1990-1993, a relação dispêndio-PIB agropecuário superou a marca de 1%. É próxima de 1%, em 1996 a 1998, quando entra em queda livre e atinge o nível de 0,55% em 2003, nível este que é menor do que aquele alcançado em 1978, 0,77%, quando a Embrapa tinha cinco anos de vida. Na série de médias móveis, 1975-2003, a relação referida é maior que 0,90 em 11 dos 18 anos do período. Saliente-se que, a partir de 1998, estamos bem abaixo do nível julgado apropriado, correspondente a 1% do PIB agropecuário³. O desinvestimento na Embrapa, certamente, vai comprometer a capacidade do agronegócio de exportar mais e abastecer melhor nossos consumidores (Tabela 1, Fig. 1).

O dispêndio em relação ao IGP-DI da FGV

No caso discutido anteriormente, pode-se imaginar que se deflacionou o dispêndio da Embrapa pelo PIB agropecuário. Vejamos o que acontece quando se usa IGP-DI da FGV, como deflator. O dispêndio total atingiu um valor de

cerca de R\$ 1 bilhão em 1981, valor este que somente é, significativamente, ultrapassado nos anos 1995 e 1996, quando ele correspondeu, respectivamente, a R\$ 1.162,00 e R\$ 1.189,00 milhões. De lá para cá, entra em queda persistente para o nível de R\$ 822 milhões, nível este bem menor do que aquele verificado em 1980, sete anos depois da criação da empresa. Em 2002 e 2003, tivemos os menores dispêndios da Embrapa do período 1980-2003. Os dados do dispêndio total, no período analisado, levam à mesma conclusão da relação dispêndio-PIB agropecuário, ou seja, a perda de prestígio da empresa, entre as prioridades do governo, não obstante sua relevância para o Brasil (Fig. 2).

Em resumo, a Embrapa não superou a marca de 1981. É verdade que tem, hoje, um pouco mais de pesquisadores e de servidores, cerca de 8.503 e dos quais 2.211 são pesquisadores. Em 1981, esses números correspondiam, respectivamente, a 7.681 e 1.576. Mas o dispêndio atual é bem menor. Em contradição com os números, a Empresa está expandindo suas responsabilidades, como resposta às demandas da classe política e em função da falência do sistema estadual, que foi cofinanciado por ela até 1985. Ter mais responsabilidades com orçamento menor é algo inconcebível. Assim, os padrões de qualidade, que celebrizaram a Empresa no Brasil e no exterior, não poderão se manter. Para fechar a equação, ou se amplia o orçamento ou se reduz o tamanho da Embrapa. De ampliação, são necessários cerca de R\$ 200 milhões para equivaler ao valor de 1981.

Gestão do orçamento

O que o governo federal tem feito é garantir o orçamento de pessoal e cortar o de custeio e capital. Essa política tem tido um efeito dramático na Empresa. Como se procurou manter o poder de compra médio dos salários, a massa salarial se aproxima assintoticamente do orçamento global, e cada vez menos recursos são deixados para o

³ Os dispêndios do Ministério da Agricultura americano (Usda) iguaram 1,13% do PIBAGR (Gross value added of de agricultural sector), em 2002. Estimativas indicaram, respectivamente, 1,12% e 0,86% para 2003 e 2004. Portanto, já estivemos bem.

Tabela 1. PIBAGR e dispêndio da Embrapa relativo ao PIBARG, em %.

Anos	PIBAGR R\$ mil de 2004	PIBAGR R\$ mil média móvel	Dispêndio médio móvel R\$ milhões de 2004	Dispêndio / PIB %
1975	77.080.209	77.080.209	267,9	0,35
1976	85.665.029	85.665.029	419,3	0,49
1977	104.754.698	104.754.698	547,5	0,52
1978	90.614.912	90.614.912	697,2	0,77
1979	94.462.960	94.462.960	809,1	0,86
1980	105.103.667	105.103.667	897,0	0,85
1981	102.372.645	102.372.645	994,2	0,97
1982	89.378.489	89.378.489	976,6	1,09
1983	111.102.801	111.102.801	934,4	0,84
1984	131.076.190	131.076.190	857,6	0,65
1985	129.759.932	129.759.932	902,4	0,70
1986	130.713.924	130.713.924	987,2	0,76
1987	122.616.824	122.616.824	965,4	0,79
1988	129.121.698	129.121.698	934,6	0,72
1989	115.510.584	115.510.584	924,8	0,80
1990	86.860.274	86.860.274	1.016,7	1,17
1991	86.217.057	86.217.057	1.013,9	1,18
1992	85.306.997	85.306.997	1.008,3	1,18
1993	89.140.170	98.621.725	913,8	1,03
1994	121.418.010	121.418.010	966,3	0,80
1995	115.616.518	115.616.518	1.072,7	0,93
1996	110.552.206	110.552.206	1.162,6	1,05
1997	109.716.700	109.716.700	1.189,0	1,08
1998	113.807.018	113.807.018	1.090,3	0,96
1999	114.538.837	114.538.837	1.029,8	0,90
2000	115.121.146	115.121.146	980,2	0,85
2001	122.244.586	122.244.586	932,0	0,76
2002	130.382.594	130.382.594	855,1	0,66
2003	149.364.031	149.364.031	822,9	0,55

PIBAGR foi deflacionado pelo deflator implícito. O dispêndio pelo IGP-DI, FGV.
Fonte: SGE e DAF/Embrapa.

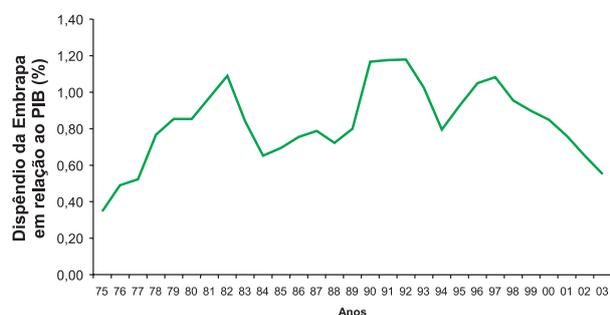


Fig. 1. Evolução do dispêndio da Embrapa, em relação ao PIB agropecuário, em %.

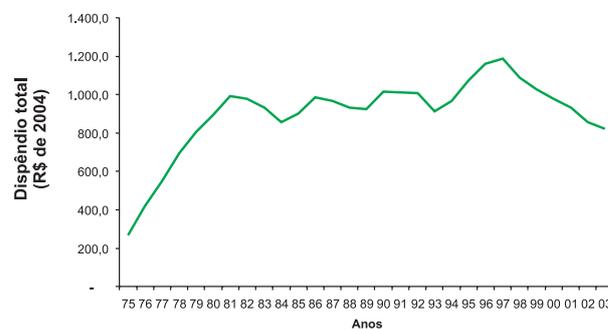


Fig. 2. Evolução do dispêndio total, em R\$ de 2004, médias móveis de 1974-2004.

custeio da pesquisa e do capital. Em 2003, os gastos com pessoal equivaleram a 76,3% do dispêndio total, contra 51,5% em 1981; o de custeio foi de 28,3 % em 1981 contra 20,9 em 2003; o de capital, de 20,2% em 1981 contra 2,8%, em 2003 (Tabela 2). Os laboratórios ficaram desatualizados, o que restringe a capacidade dos pesquisadores de responder às demandas de nossa agricultura: laboratórios velhos desperdiçam o tempo dos cientistas, reduzem sua capacidade de perguntar à natureza e os expõem a riscos evitáveis. É orçamento de custeio que permite realizar a pesquisa. Reduzi-lo drasticamente, como tem ocorrido, significa não permitir à Empresa responder às demandas da sociedade. Ainda, destrói-se o moral dos pesquisadores, compromete-se seriamente o elã de todos os servidores e

Tabela 2. Participação, em %, do custeio, pessoal e capital no dispêndio total.

Anos	Custeio/ total (%)	Pessoal/ total (%)	Custeio/ total (%)
1975	54,9	41,2	3,9
1976	42,2	52,2	5,6
1977	33,2	58,8	8,1
1978	32,5	58,3	9,2
1979	29,1	57,0	13,9
1980	31,0	53,3	15,7
1981	28,3	51,5	20,2
1982	29,1	53,1	17,8
1983	31,3	52,6	16,1
1984	34,0	55,4	10,6
1985	36,8	52,9	10,3
1986	31,3	55,7	13,0
1987	28,9	55,1	16,0
1988	22,4	62,6	15,0
1989	21,0	69,2	9,8
1990	20,4	75,5	4,2
1991	20,1	76,8	3,1
1992	18,9	76,9	4,2
1993	16,5	77,8	5,7
1994	17,6	73,3	9,1
1995	17,8	72,8	9,4
1996	19,7	70,8	9,5
1997	22,2	71,4	6,4
1998	25,4	70,0	4,6
1999	25,2	71,5	3,3
2000	24,7	71,7	3,6
2001	22,9	73,5	3,6
2002	22,0	74,9	3,1
2003	20,9	76,3	2,8

Fonte: Embrapa/DAF.

condena-se à Embrapa a ineficiência, por não ter ela como otimizar os recursos de capital físico e humano. Vejamos mais detalhes.

Quadro de pessoal

No que diz respeito ao quadro de pessoal, a renovação continuada, visando à substituição ordenada, é uma política que não existe. Ocorreram alguns eventos, mas que não fizeram parte de uma política de longo prazo de administração de quadro de pessoal, que permitiram à Diretoria da Embrapa melhor administrar o seu corpo de funcionários, traduzidos em dois planos de demissão voluntária. Em março de 1990, havia 11.097 servidores na Embrapa. Aquele número caiu para 8.503, em dezembro de 2004, e procurou-se preservar o número de pesquisadores, o que foi uma política correta e elogiável (Tabela 3). A Fig. 3, que cobre o período 1973-2004, retrata esses fatos. Os dados são de dezembro e não foram submetidos ao tratamento de médias móveis. Sendo anuais, março de 1990 não foi incluído.

Observa-se um crescimento de servidores totais acelerado até 1990, quando atinge o máximo, e depois, por uma política deliberada da direção da Empresa, política aquela correta, houve uma redução acentuada dos servidores de apoio, o que refletiu na persistente redução do total de servidores.

Ainda o número de pesquisadores cresceu mais lentamente, estabilizou em 1990 e voltou a crescer lentamente em 2001. A relação pesquisador/servidor de apoio está hoje em nível aceitável, considerando-se as complicações burocráticas brasileiras e a experiência de outros países.

Salário médio

O salário médio da Embrapa, em termos reais, está crescendo, o que é desejável numa instituição de ciência e tecnologia que tem investido muito em treinamento, principalmente, visando dar oportunidade a todos os pesquisadores de gagarem aos níveis de mestrado e doutorado.

Mas esta é uma boa política se, simultaneamente, os investimentos em prédios, laboratórios e equipamentos estiverem crescendo na mesma proporção, mas infelizmente, o oposto vem ocorrendo, como demonstram as Fig. 4 e 5. O primeiro deles evidencia o crescimento do salário médio. O segundo mostra uma queda dramática do custeio por pesquisador. Assim, o crescimento da massa salarial, o que é desejável, em vista de um nível baixo de remuneração, faz-se às custas do custeio da pesquisa, o que é altamente indesejável. Cortar pessoal não é aconselhável, em vista das responsabilidades que a Empresa

tem. O que é preciso é recuperar o orçamento de custeio em, pelo menos, R\$ 200 milhões.

Pessoal, custeio e capital.

A Fig. 6, construída a partir dos dados da Tabela 4, mostra que os gastos com pessoal aproximam-se perigosamente do dispêndio total, o dispêndio em custeio cai persistentemente e o mesmo ocorre com os investimentos em capital. Percebe-se isso pela distância entre as curvas de dispêndio total e em pessoal. A maior distância está em 1981, e, no período 1990-2003, elas se

Tabela 3. Evolução do quadro de pessoal da Embrapa: pesquisadores (I, II e III), apoio e total (TG).

Anos	I	II	III	(III/T) (%)	Total (T)	(T/TG) (%)	Apoio	Total (TG)
1973	6	4	2	16,7	12	18,2	54	66
1974	724	133	15	1,7	872	21,9	3.118	3.990
1975	832	178	27	2,6	1.037	21,6	3.772	4.809
1976	1.098	194	36	2,7	1.328	23,3	4.375	5.703
1977	1.086	188	37	2,8	1.311	23,1	4.374	5.685
1978	548	699	89	6,7	1.336	22,1	4.698	6.034
1979	548	777	123	8,5	1.448	20,8	5.497	6.945
1980	509	882	162	10,4	1.553	21,0	5.830	7.383
1981	439	941	196	12,4	1.576	20,5	6.105	7.681
1982	403	968	226	14,2	1.597	20,2	6.328	7.925
1983	355	986	269	16,7	1.610	20,2	6.374	7.984
1984	320	1.001	298	18,4	1.619	19,8	6.553	8.172
1985	275	1.012	363	22,0	1.650	19,5	6.793	8.443
1986	274	1.046	404	23,4	1.724	20,3	6.748	8.472
1987	336	1.075	459	24,5	1.870	21,1	7.008	8.878
1988	324	1.088	499	26,1	1.911	21,5	6.957	8.868
1989	467	1.151	548	25,3	2.166	20,3	8.502	10.668
1990 ⁽¹⁾	537	1.179	559	24,6	2.275	20,5	8.822	11.097
1990	435	1.150	561	26,1	2.146	21,0	8.064	10.210
1991	366	1.136	603	28,6	2.105	21,3	7.756	9.861
1992	315	1.128	645	30,9	2.088	21,4	7.649	9.737
1993	270	1.114	684	33,1	2.068	21,5	7.559	9.627
1994	247	1.135	717	34,2	2.099	21,9	7.477	9.576
1995	198	1.232	769	35,0	2.199	22,3	7.651	9.850
1996	156	1.143	793	37,9	2.092	23,0	6.999	9.091
1997	133	1.110	853	40,7	2.096	23,3	6.895	8.991
1998	104	1.069	890	43,1	2.063	23,8	6.597	8.660
1999	91	1.018	955	46,3	2.064	23,9	6.555	8.619
2000	79	965	1.001	48,9	2.045	24,0	6.485	8.530
2001	67	1.019	1.018	48,4	2.104	25,0	6.317	8.421
2002	58	1.020	1.120	51,0	2.198	25,5	6.421	8.619
2003	50	902	1.257	56,9	2.209	26,0	6.292	8.501
2004	47	827	1.337	60,5	2.211	26,0	6.292	8.503

⁽¹⁾ Referente ao mês de março de 1990.
Fonte: Embrapa/DAF.

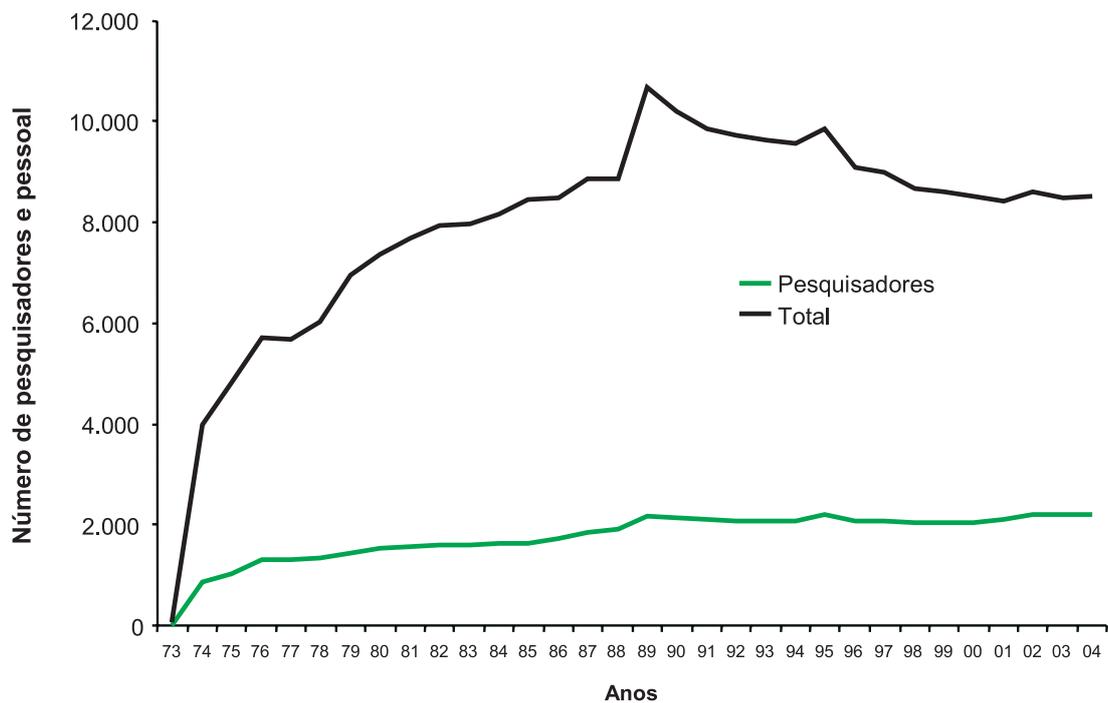


Fig. 3. Número de pesquisadores e pessoal total.

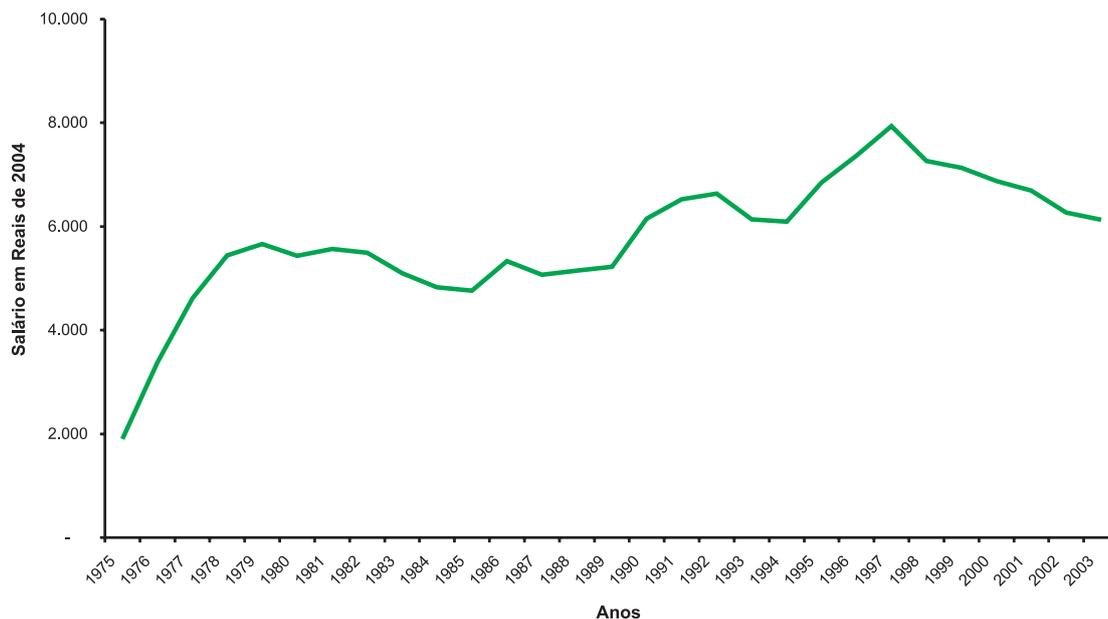


Fig. 4. Evolução do salário dos empregados da Embrapa, 1973-2004, R\$ de 2004.

Nota: Valores corrigidos pelo IGP-DI.

Fonte: Embrapa/DGP. Elaboração SGE.

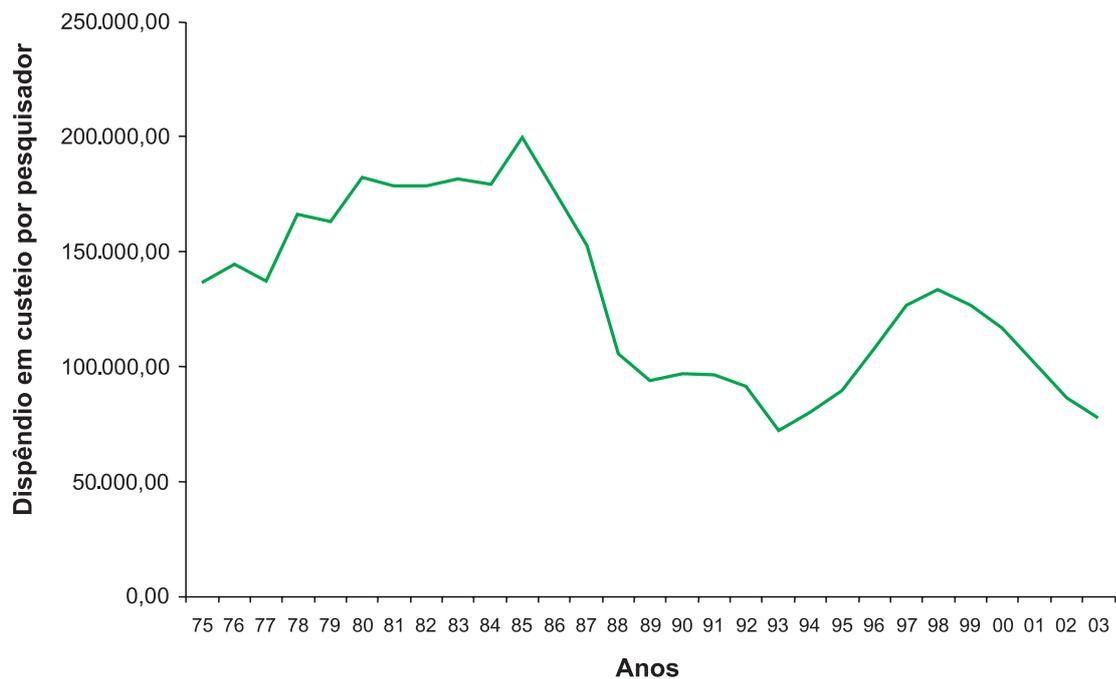


Fig. 5. Evolução dos dispêndios em custeio por pesquisador, médias móveis, R\$ de 2004, período 1974-2004.

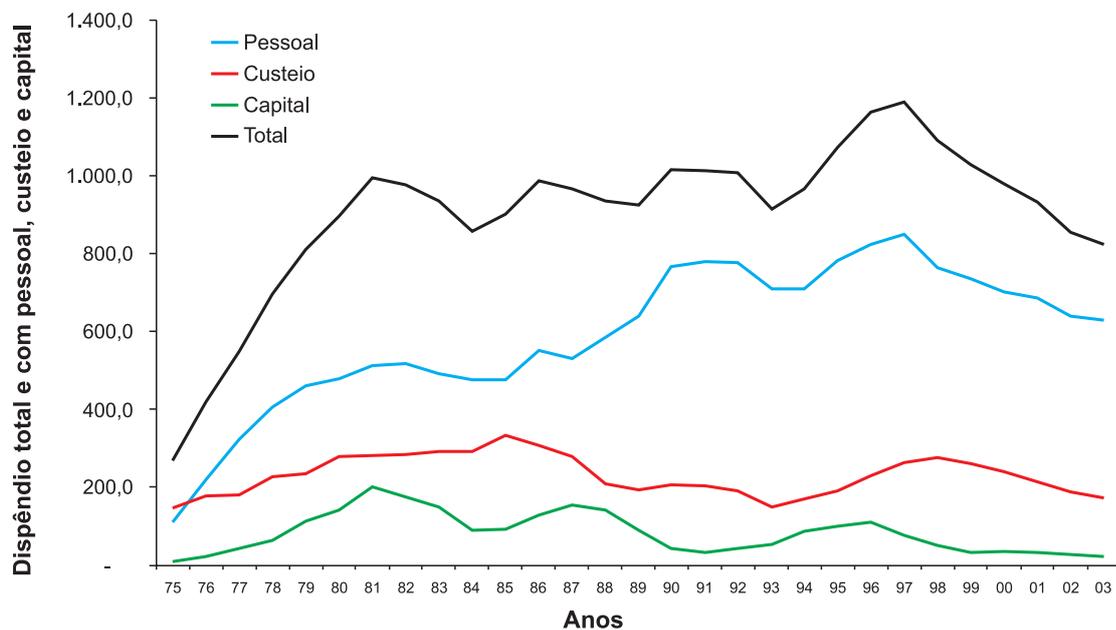


Fig. 6. Evolução dos dispêndios total e com pessoal, custeio e capital, médias móveis do período 1974-2004, em R\$ de 2004.

Tabela 4. Dispêndio da Embrapa por rubricas, em reais de 2004, média do IGP-DI, FGV.

Anos	Pessoal	Custeio	Capital	Total	Dívida	Total
1975	110,5	147,1	10,4	267,9	-	267,9
1976	218,8	177,1	23,3	419,3	-	419,3
1977	321,8	181,7	44,1	547,5	-	547,5
1978	406,5	226,8	63,8	697,2	-	697,2
1979	461,2	235,7	112,3	809,1	-	809,1
1980	478,4	278,0	140,7	897,0	-	897,0
1981	511,9	281,2	201,1	994,2	-	994,2
1982	518,2	284,6	173,7	976,6	-	976,6
1983	491,4	292,3	150,6	934,4	-	934,4
1984	475,0	291,7	90,9	857,6	-	857,6
1985	477,6	332,1	92,7	902,4	-	902,4
1986	550,3	308,9	128,0	987,2	-	987,2
1987	531,5	279,4	154,5	965,4	-	965,4
1988	585,5	209,2	139,9	934,6	-	934,6
1989	639,9	194,6	90,3	924,8	-	924,8
1990	767,2	206,9	42,5	1.016,7	-	1.016,7
1991	778,3	203,9	31,7	1.013,9	-	1.013,9
1992	775,5	190,3	42,5	1.008,3	0,0	1.008,3
1993	710,5	150,8	52,5	913,8	27,0	940,8
1994	708,5	169,8	88,0	966,3	44,6	1.010,9
1995	781,3	190,6	100,8	1.072,7	61,6	1.134,3
1996	822,9	229,5	110,1	1.162,6	44,8	1.207,4
1997	849,2	263,5	76,3	1.189,0	39,4	1.228,4
1998	763,3	276,5	50,5	1.090,3	40,5	1.130,8
1999	736,1	259,9	33,8	1.029,8	46,1	1.075,9
2000	703,0	241,8	35,4	980,2	55,8	1.036,0
2001	684,8	213,6	33,7	932,0	65,1	997,1
2002	640,5	187,8	26,7	855,1	76,2	931,3
2003	628,0	172,0	22,9	822,9	77,2	900,1

Fonte: Embrapa/DAF.

aproximam, rapidamente. Uma empresa particular, assim gerida, está condenada a fechar as portas. Não se trata de reduzir salários, os pesquisadores estão ganhando pouco, os melhores nos deixam e não atraímos jovens talentosos. Temos reduzido o quadro de apoio, hoje ele está bem, em termos de padrões internacionais, quando confrontado com o número de pesquisadores. O que é preciso fazer é aumentar o orçamento de custeio para os níveis de 1981, pelo menos, e ajustar os salários iniciais da carreira de pesquisador, de modo que a Embrapa fique competitiva como outrora fora. Existem muitas esperanças de que arranjos com a iniciativa particular, mas eles florescerão apenas nos ramos patenteáveis e se a Embrapa for flexível, competente e capaz de honrar contratos. Mas, como já se salientou, a área não patenteável é

muito numerosa, ainda o casamento com a iniciativa particular não visará aliviar o orçamento do governo, mas sim aumentar a eficiência de ambos os grupos de organizações.

A idade dos pesquisadores

O conhecimento das idades de pesquisadores e do tempo de permanência na Embrapa é muito importante. A Tabela 5 compreende os pesquisadores de nível de mestrado e doutorado, em número de 2.175. Há, ainda, 44 pesquisadores sem pós-graduação. A idade média deles, calculada para 30/6/2005, equivaleu a 52,6 anos, a mediana igualou-se a 52,28. O mais velho terá, no fim de julho, 77,5 anos e o mais novo terá 37,5 anos. A média de permanência na Embrapa é de

Tabela 5. Distribuição, em classes de permanência na Embrapa, de pesquisadores com grau de doutor e mestrado, e idade média por classe, em anos.

Anos de Embrapa	Doutorado			Mestrado		
	Nº	%	Idade média	Nº	%	Idade média
<=15	414	30,4	39,3	263	32,4	37,4
(15, 20]	297	21,8	47,4	208	25,6	46,9
(20, 25]	123	9,0	52,6	76	9,4	52,2
(25, 30]	327	24,0	56,2	174	21,4	57,0
(30, 35]	202	14,8	57,9	91	11,2	58,5
Total	1.363	100,0	49,0	812	100,0	47,8

Outras estatísticas da distribuição de idade, separatrizes das classes, em anos.

Classes	Doutorado		Mestrado	
	Permanência na Embrapa	Idade (anos)	Permanência na Embrapa	Idade (anos)
5%	2,7	33,9	0,7	31,2
10%	3,2	36,7	2,6	33,4
Quartil 25%	10,5	41,7	8,7	40,3
Mediana	18,2	49,9	15,9	48,1
Quartil 75%	29,3	55,9	27,0	55,8
90%	31,1	60,0	30,3	59,7
95%	31,5	62,4	31,4	61,8
99%	31,5	68,6	31,5	69,0

Fonte: DPGE

20,5 anos e a mediana corresponde a 20,5 anos. Cerca de 25% têm mais de 27,8 anos de Empresa. Como a Embrapa exige, presentemente, pós-graduação, não continuaremos discutindo este grupo.

Na Tabela 1, na parte inferior aparece a palavra separatriz. Para 5%, por exemplo, a separatriz permanência na Embrapa iguala 2,7 anos. Significa esse número que 5% dos doutores têm menos 2,7 anos de Embrapa, ou 95% deles têm 2,7 anos ou mais de Embrapa. As informações lá contidas servem apenas para confirmar aquelas da parte de cima da tabela.

Admite-se que um doutor tenha uma vida de trabalho na Empresa, neste nível, de 30 anos. Metade dessa idade ele estaria trabalhando com doutores mais experientes e outra metade ele estaria orientando doutores menos experientes. Assim sendo, 50% dos doutores deveriam ter 15 anos ou menos de Embrapa. Pela Tabela 1, 30,4% dos doutores satisfazem essa condição. Assim, a taxa de renovação de doutores deixa a desejar.

Ela chegaria a um bom desempenho se o ponto de corte fosse 20 anos. Nesse caso, 52,2% dos doutores satisfazem o critério, tendo, ainda, uma idade média menor que 47,4 anos. Dez anos depois teriam, aproximadamente, 57 anos, ainda no melhor de sua capacidade.

A complicação maior está na classe de 30, 35 anos. Há nela 202 pesquisadores de 57,9 anos, portanto, em condições de aposentadoria ou muito próximo disso. A mediana da classe é muito próxima de 58 anos, embora não incluída na tabela. O desafio da Embrapa é contratar um número de doutores igual a 202. Baseando-se na mediana, pelo menos, a metade desse número.

A classe 25, 30 anos será motivo de preocupação muito breve, nos próximos cinco anos. Ela contém 327 doutores de idade média de vida igual a 56,2 anos. Sua renovação também não pode ser muito retardada. Considerando-se cinco anos, pelo menos 1/5 desse número devesse ser, anualmente, substituído. Pela mediana, 1/10.

O nível mestrado deve ser substituído por doutores. Nas classes 30, 35 e 25, 30 anos há, respectivamente, 91 e 174 pesquisadores de nível mestrado. Assim, o problema de renovação é bem menos grave no nível de mestrado, exceto que deve ser substituído por doutores.

As conclusões, principalmente sobre os doutores, têm caráter geral e dão uma visão sem detalhes. É preciso, em seguida, examinar nome por nome para se ter uma sintonia mais fina. Com os contratos com a iniciativa particular, sob a égide das novas leis, é possível propiciar aos doutores, sabidamente competentes, condições de permanecerem na Embrapa por período mais longo, aliviando-se os problemas de curto prazo, mas o de longo prazo continuará existindo, ou seja, a renovação ordenada do quadro de pessoal. Uma alternativa são os contratos de consultoria. É importante que seja elaborado um plano de substituição, fundamentado em princípios sólidos, e factível orçamentariamente, e nele deve-se contemplar meios de estimular a permanência, por maior tempo, na Embrapa dos pesquisadores competentes para proveito de nossa agricultura.

Conclusões

As conclusões principais são as seguintes:

Embora muito elogiada pela imprensa e pelo governo, a Embrapa, quanto ao orçamento, principalmente nos últimos cinco anos, está cedendo lugar para outras áreas em que o governo aplica recursos. Em relação a 1981-82, em termos de R\$ de 2004, o dispêndio da Embrapa em 2004 foi menor, em pelo menos, R\$ 200 milhões. Os gastos com pessoal aproximam-se rapidamente do dispêndio total, deixando o custeio e o investimento em capital com recursos insuficientes e decrescentes. Fosse a Embrapa uma empresa particular, esse quadro significaria o sinal vermelho de falência.

A Diretoria da Embrapa procura negociar uma solução com o governo tal que proteja não tão-somente os salários (como é atualmente), mas também o orçamento de custeio e investimento. É importante que a Empresa tenha flexibilidade

para alocar os recursos, livre da peia que fixa os montantes dispêndios em pessoal, custeio e investimento. Além do mais, os recursos próprios precisam ser acréscimo ao orçamento.

As leis de proteção à propriedade intelectual criam estímulos e condições para a iniciativa particular investir em geração de tecnologia agropecuária. Mas esses investimentos fugirão das áreas difíceis de serem patenteadas e, ainda, serão mais rentáveis quando se dispõe de uma pesquisa pública eficiente e competente para trabalhar junto com o setor privado. Assim, os investimentos no setor público são indispensáveis quanto aos bens públicos, porque fogem ao interesse da iniciativa particular, e como um meio de fortalecer a pesquisa privada. Nos países desenvolvidos, as pesquisas particulares e as públicas crescem juntas, obviamente com delimitações de campos não rígidas. Lá, como aqui, investir em pesquisa pública é um bom negócio para a sociedade.

A expansão da pesquisa particular colocará sob tensão os centros de produto, principalmente a área de geração de cultivares. A Embrapa pode ganhar ou perder muito. Ganhará se souber firmar e honrar contratos com a iniciativa particular; se os chefes dos centros se prepararem para tirar proveitos do novo mercado que se abre; se os salários dos pesquisadores se flexibilizarem para permitir ganhos de remuneração que não se incorporam à folha de pagamento; e, finalmente, se forem reduzidos os custos fixos de modo que a Empresa continue competitiva em relação às universidades, às fundações e aos institutos de pesquisa. O poder de competição é tanto maior quanto mais competente for o quadro de cientistas, em termos de padrão de país desenvolvido. Perderá prestígio e a notoriedade que tem se não inovar para se adaptar aos novos tempos.

Novas demandas de pesquisa dizem respeito à demanda de contratos com a iniciativa particular, às áreas de defesa animal e vegetal e de meio ambiente. Essas demandas exigirão que a estrutura gerencial da Empresa seja flexível, de modo a acomodar os arranjos clássicos de pesquisa, na linha do bem público, e os arranjos de mercado, com as implicações de contratos com a iniciativa particular.

Referências

ALVES, E.; SILVA, R.; FONSECA FILHO, J. P. Formação de recursos humanos e os novos tempos. Revista de Política Agrícola, Brasília, v. 14, n. 4, 2005. No prelo.

AVILA, A. F. D.; MAGALHÃES, M. C.; VEDOVOTO, G. L.; IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S. Impactos econômicos,

sociais e ambientais dos investimentos na Embrapa. Revista de Política Agrícola, Brasília, v. 14, n. 4, 2005. No prelo.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. P. R.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da. Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira. Revista de Política Agrícola, Brasília, v. 13, n. 3, p. 73-90, jul./set. 2004.

Impactos econômicos, sociais e ambientais dos investimentos na Embrapa

Antonio Flavio Dias Avila¹
Marília Castelo Magalhães¹
Graciela Luzia Vedovoto¹
Luis José Maria Irias²
Geraldo Stachetti Rodrigues²

Quando são divulgados trabalhos sobre os retornos dos investimentos em pesquisa agropecuária na Embrapa, os números surpreendem e muitas vezes surgem questionamentos metodológicos, especialmente quanto à mensuração dos impactos (econômicos, sociais e ambientais). Esse fato se repetiu no momento da divulgação dos valores dos benefícios gerados pela Embrapa no ano de 2004, no seu Balanço Social (EMBRAPA, 2005). O presente documento traz mais detalhes sobre os resultados encontrados no Balanço Social e sobre a metodologia de mensuração dos impactos, bem como apresenta uma revisão dos estudos anteriormente realizados na Empresa e suas relações com estudos similares publicados na literatura mundial.

Os impactos da Embrapa em 2004

As estimativas dos benefícios econômicos feitas em decorrência da adoção de um conjunto de tecnologias lançadas pela Embrapa nos últimos 10-15 anos mostraram que, no ano passado, foi gerado um excedente econômico de quase 12 bilhões de reais. Se relacionarmos tal benefício ao montante de investimentos realizados no mesmo ano, chega-se a uma relação benefício/custo (B/C) de 13:1. Em outras palavras, isto

significa que para cada real investido na Embrapa existe um retorno de 13 reais.

Também no Balanço Social de 2004 serão apresentados resultados sobre os impactos decorrentes da adoção de tecnologias no nível de emprego ao longo das cadeias produtivas dos produtos envolvidos. As estimativas indicam que a Empresa contribuiu para a geração de mais de 200 mil empregos. Um número também surpreendente, mas considerado dentro das expectativas, dada a ampla adoção de tecnologias Embrapa e os seus desdobramentos nas respectivas cadeias produtivas.

Finalmente, em função do enfoque multidimensional do processo de avaliação de impactos adotado na Empresa, foi realizada uma análise dos impactos potenciais de um subconjunto de 31 tecnologias da Empresa, do ponto de vista ambiental. Também nessa dimensão foram gerados resultados interessantes, e que mostram, em geral, impactos ambientais positivos importantes, considerando um amplo e diversificado conjunto de indicadores.

Vale ressaltar, que os resultados apresentados no Balanço Social de 2004 são fruto de um processo de avaliação multidimensional realizado anualmente na Empresa, com a participação das equipes de socioeconomia de todos os seus

¹ Pesquisadores da Secretaria de Gestão e Estratégia da Embrapa.

² Pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente.

centros de pesquisa e sob a coordenação da Secretaria de Gestão e Estratégia. Em tal processo é analisado um conjunto selecionado de tecnologias (processos, práticas, insumos, etc.) e todas as cultivares da Embrapa atualmente em uso no mercado de sementes, segundo informações recebidas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e da Associação Brasileira de Sementes (Abrasem).

Impactos econômicos

As estimativas dos impactos econômicos gerados pela Empresa em 2004 foram estimados usando-se o método do excedente econômico, o mais usado na literatura para se avaliar tal tipo de impacto na pesquisa agropecuária (ALSTON et al., 2001). Na Fig. 1 pode-se visualizar qual seria o excedente econômico (área escura) no caso típico da adoção de uma inovação tecnológica numa dada cultura ou criação.

Empregando-se tal método estimaram-se os ganhos gerados (excedente) por uma amostra de 66 tecnologias Embrapa selecionadas, comparativamente às tecnologias usadas anteriormente pelos produtores, descontados os eventuais adicionais de custos de produção³. Os benefícios econômicos estimados, no valor de R\$ 5,96 bilhões, são apresentados na Tabela 1 por tipo de impacto, excluindo-se os impactos gerados por cultivares, estimados em separado.

Para o cálculo dos benefícios econômicos, inicialmente estimaram-se os ganhos líquidos por hectare de cada tecnologia, levando-se em conta as especificidades de cada uma delas. No caso de tecnologias que geram incrementos de produtividade, comparou-se a tecnologia Embrapa com o rendimento de outras tecnologias alternativas, enquanto que na de redução de custo de produção, são comparados custos das tecnologias alternativas com o custo após a adoção da nova tecnologia. No caso de agregação de valor e de expansão da produção em novas áreas, comparam-se as diferenças de renda do produtor.

³ Como os impactos econômicos estimados referem-se a tecnologias recentes, o valor apresentado no Balanço Social de 2004 não inclui os benefícios resultantes da adoção de tecnologias geradas nas décadas de 1970 e 1980, como a fixação biológica de nitrogênio, o manejo integrado de pragas da soja, o controle biológico em trigo e soja e as tecnologias em nutrição de suínos e aves, entre outras.

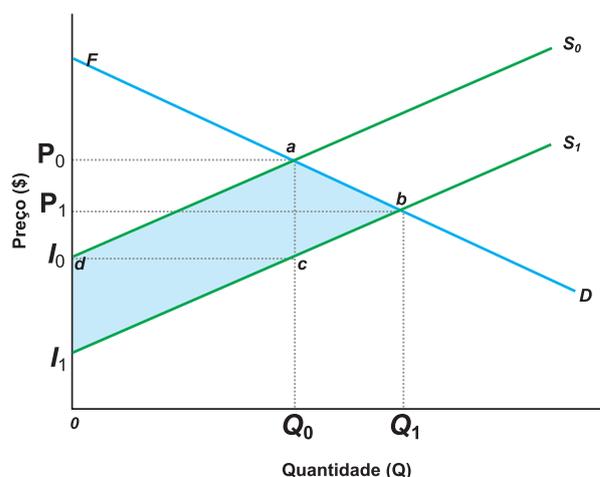


Fig. 1. Excedente econômico gerado pela adoção de inovações tecnológicas.

Tabela 1. Estimativas dos impactos econômicos de tecnologias Embrapa.

Tipo de impacto	Valor (R\$ milhões)
Incrementos de rendimento	5.147.088
Redução de custos de produção	124.081
Agregação de valores	239.147
Expansão de área	453.441
Total	5.963.757

Fonte: Embrapa (2005).

De posse dos ganhos por hectare devido à adoção da tecnologia (ou em alguns casos por outra medida mais conveniente) e após considerar fatores como preço do produto e custos adicionais, os ganhos são multiplicados pela área de adoção da tecnologia. A comparação da área de adoção entre os anos indica se a tecnologia está aumentando ou reduzindo sua participação no mercado e sendo substituída por outras.

Todos esses dados são estimados por meio de visitas de campo, contatos com técnicos da extensão rural (pública ou privada), pesquisadores que desenvolveram as tecnologias e técnicos da própria Embrapa que atuam na área de transferência de tecnologia.

Todavia, no caso das novas cultivares de algodão, arroz (irrigado e sequeiro), feijão, milho,

soja e trigo geradas pela Embrapa e adotadas pelos produtores, o excedente econômico também foi calculado comparando-as com cultivares anteriormente usadas (Tabela 2).

Nas estimativas dos ganhos de rendimento usaram-se dados comparativos de ensaios nacionais e regionais de competição de cultivares usadas pelos próprios Centros por ocasião do lançamento das cultivares que ora estão no mercado brasileiro de sementes. Nesse caso, deve-se destacar que no desenvolvimento de muitas dessas cultivares houve a participação de instituições parceiras, como as organizações estaduais de pesquisa agropecuária (OEPAs).

As estimativas dos impactos econômicos gerados por cultivares Embrapa foram feitas com base na participação das mesmas no mercado brasileiro de sementes de algodão, arroz irrigado, arroz de sequeiro, feijão, milho, soja e trigo.

Estimaram-se os benefícios econômicos de tais cultivares usando para tanto a produção total dos produtos acima referidos (dados da Companhia Nacional de Abastecimento), os seus preços de mercado (dados da Fundação Getúlio Vargas) e as diferenças de rendimento de ensaios nacionais em que se compara as cultivares Embrapa e as usadas anteriormente.

Os dados da participação de sementes Embrapa no mercado (%) correspondem proporcionalmente às áreas cobertas com as cultivares da Embrapa na safra 2002-2003 (ano agrícola anterior), relativamente ao total de cultivares usadas. Tal informação é bastante precisa, uma

vez que é coletada anualmente pelos serviços estaduais de produção de sementes, e depois organizada numa base de dados pelo Mapa e pela Abrasem, com o apoio da Embrapa Transferência de Tecnologia (SNT).

Cabe ressaltar que as estimativas de impacto usadas no Balanço Social são anuais e, portanto, levam em conta a situação econômica e o nível tecnológico a cada ano. Entretanto, para se minimizar a possibilidade de atribuição à Embrapa de benefícios que não são dela derivados, usou-se como limite na distribuição de tais benefícios um percentual máximo de 70%. A atribuição desse percentual é subjetiva, o que é reconhecido pela literatura sobre o assunto, já que não existe uma fórmula matemática para se fazer tal distribuição.

Impactos ambientais

A complexa natureza das interações que ocorrem quando uma tecnologia é introduzida, ampliada ou modificada implica grande incerteza sobre os possíveis impactos da inovação. O estudo sistemático desses impactos de acordo com objetivos de sustentabilidade pode contribuir para que o desenvolvimento e a recomendação tecnológica resultem em um máximo de ganhos econômicos e sociais, com um mínimo de custos ambientais. A avaliação de impactos de tecnologias envolve uma ampla variedade de tópicos relativos aos contextos institucional, social, cultural e político, no âmbito da segurança econômica, de saúde e ambiental, tanto individual como comunitária. Quando objetivos de sustentabili-

Tabela 2. Estimativas dos impactos econômicos das cultivares Embrapa.

Produtos	Área total (ha) ⁽¹⁾	Produção total (t) ⁽¹⁾	Participação de sementes (%)	Benefício econômico (R\$ 1.000)
Algodão	1.100	2.408,6	29	460.734,77
Arroz irrigado	1.039,2	6.301,7	30	266.390,89
Arroz sequeiro	2.610,3	6.506,5	64	725.915,80
Feijão	4.286,2	2.994,4	64	1.553.010,23
Milho	12.822	42.191,5	11	753.642,37
Soja	21.275,7	49.770,1	46	1.562.684,70
Trigo	2.464,2	5.851,3	31	431.885,10
Total	45.597,60	116.024,10	-	5.754.263,86

⁽¹⁾ Fonte: Embrapa (2005).

dade são definidos, a avaliação tende a endereçar o ciclo de vida tecnológico. A montante, isto significa que se faz necessário considerar os recursos requeridos para o desenvolvimento tecnológico (insumos, matérias-primas e habitats afetados), e a jusante deve-se endereçar os resíduos, envolvendo toda extensão de alcance ambiental da tecnologia.

O setor agrícola brasileiro tem recebido atenção especial com respeito aos impactos ambientais, ou seja, aos danos resultantes das atividades agrícolas pelo uso inadequado de insumos e formas de manejo, às consequências de políticas públicas e de influências do mercado internacional de commodities sobre a agricultura nacional, e aos desenvolvimentos promovidos pela pesquisa e requisitos para o desenvolvimento rural sustentável (QUIRINO et al., 1999). Este esforço de estudo e discussão sobre os impactos ambientais da agricultura brasileira vem resultando no direcionamento da pesquisa agrícola oficial para a busca de alternativas para o desenvolvimento sustentável. Para tanto, e como parte desse esforço institucional da Embrapa, introduz-se um sistema prático para a avaliação do impacto ambiental resultante da adoção de inovação tecnológica no processo produtivo agropecuário.

Sistema Ambitec

A formulação de um sistema de avaliação de impactos ambientais (AIA) de inovações tecnológicas agropecuárias envolve a seleção de indicadores e sua organização em uma plataforma operacional para medida, ponderação e expressão de resultados. O Sistema de Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Sistema Ambitec); (RODRIGUES et al., 2003a, 2003b; IRIAS et al., 2004a, 2004b) tem uma estrutura hierárquica simples, que parte da escala local (unidade de área, unidade animal ou estabelecimento) do respectivo segmento ou dimensão do agronegócio em avaliação (agropecuária, produção animal ou

agroindústria) e estende-se até a escala de entorno do estabelecimento rural, a paisagem ou microbacia hidrográfica, e atenta para a qualidade dos ecossistemas e para a manutenção de sua capacidade de suporte.

O Sistema Ambitec baseia-se em uma experiência prévia de AIA aplicada a projetos de pesquisa no âmbito institucional, na qual foi selecionado e validado um conjunto de indicadores direcionados à avaliação *ex ante* da contribuição de uma inovação tecnológica para o desempenho ambiental da atividade agropecuária (RODRIGUES et al., 2000). Uma avaliação envolve três etapas: a primeira refere-se ao processo de levantamento e coleta de dados gerais sobre a tecnologia, que inclui informações sobre o seu alcance (abrangência e influência), a delimitação da área geográfica e sobre o universo de adotantes da tecnologia (definindo-se a amostra de adotantes).

A segunda etapa trata da aplicação dos questionários em entrevistas individuais com os adotantes selecionados e inserção dos dados sobre os indicadores de impacto nas planilhas eletrônicas componentes do Sistema (plataforma MS-Excel), obtendo-se os resultados quantitativos dos impactos e os índices parciais e agregados de impacto ambiental da tecnologia selecionada. A terceira etapa consiste da 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 local sustentável.

O conjunto de planilhas eletrônicas⁴ componentes do Sistema Ambitec permite a consideração de diversos aspectos de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental, dependendo do segmento do agronegócio em avaliação. No caso da agropecuária (expressão de impactos tecnológicos por unidade de área), são considerados os aspectos Alcance, Eficiência, Conservação e Recuperação Ambiental; o segmento produção animal (expressão por unidade animal) considera os aspectos

⁴ Arquivos contendo o conjunto de planilhas do Sistema Ambitec estão disponíveis para acesso e uso na página da Embrapa Meio Ambiente: <http://www.cnpma.embrapa.br/servicos>.

Alcance, Eficiência, Conservação, Recuperação Ambiental e Qualidade do Produto e a agroindústria (expressão por estabelecimento agroindustrial) considera os aspectos Alcance, Eficiência, Conservação e Qualidade do Produto. Cada um desses aspectos é composto por um conjunto de indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas, nas quais os componentes dos indicadores são valorados com coeficientes de alteração, conforme conhecimento pessoal do produtor adotante e responsável pelo estabelecimento rural e pela atividade à qual aplica-se a tecnologia.

A inserção desses coeficientes de alteração do componente diretamente nas matrizes e seqüencialmente nas planilhas resulta na expressão automática do coeficiente de impacto ambiental da tecnologia, ponderada por fatores relativos à escala da ocorrência da alteração e à importância do componente na composição do indicador. Os resultados finais da avaliação de impacto são expressos graficamente na planilha "AIA da Tecnologia", após ponderação automática dos coeficientes de alteração fornecidos pelo adotante/responsável, segundo os fatores de ponderação dados.

O Sistema Ambitec vem sendo utilizado anualmente no contexto institucional de P&D na Embrapa, para a avaliação de impactos ambientais das inovações tecnológicas oferecidas pelas Unidades Descentralizadas. Essas avaliações contribuem, por um lado, para apresentar à sociedade os resultados dos investimentos na pesquisa agropecuária; e por outro, para conscientizar pesquisadores e administradores da pesquisa e da transferência de tecnologia sobre a relevância das avaliações de impactos ambientais, como instrumentos para a adequação tecnológica e a sustentabilidade das atividades agropecuárias.

O conjunto de tecnologias incluídas no presente exercício de avaliação de impactos ambientais para o ano 2004, apresentado na Tabela 3, inclui inovações que cobrem um amplo espectro de aplicações desde um sistema

gerencial consolidado como software até sistemas de produção para culturas selecionadas, pastagens ou integração agricultura pecuária; sistemas para controle e manejo integrado de pragas, variedades vegetais e raças animais, sistemas de suporte agroindustrial, até método para recuperação de áreas degradadas. Com esta diversidade de aplicações, os índices de impacto ambiental estimados, usando-se o Sistema Ambitec, variaram amplamente, desde valores mínimos de -2,60 para a tecnologia de "Sistema de produção para algodão nos cerrados", até valores de 5,26 para o "Monitoramento de resistência de carrapatos a acaricidas".

No caso do resultado negativo mencionado (referente à tecnologia "Sistema de produção de algodão para os cerrados brasileiros"), a intensificação produtiva proposta implicou em aumento do uso de insumos e energia, além de pressão por aumento na ocupação de novas áreas, dadas as vantagens econômicas previstas, em uma situação de franca expansão do mercado comprador do produto (algodão). Já no extremo de resultado positivo mencionado (referente à tecnologia "Monitoramento da resistência dos carrapatos aos acaricidas"), vantagens excepcionais foram associadas à minimização do uso de produtos químicos tóxicos (acaricidas), implicando grandes reduções nas emissões para a atmosfera e água, além de expressiva melhoria na qualidade do produto, uma vez que resíduos de carrapaticidas são um problema importante do setor (Tabela 3).

Em termos gerais, as inovações tecnológicas associadas à proposição de sistemas de produção que visam à intensificação agropecuária estiveram associadas a índices de impacto de menor amplitude ou negativos, enquanto as inovações vinculadas a sistemas de gestão, como manejo e produção integrada, manejo conservacionista ou alternativo (como variedade de cana indicada para alimentação animal) alcançaram maiores amplitudes positivas. Esse fato é corroborado por estar a maioria dos índices parciais de impacto negativos associados aos indicadores uso de energia (13 em 31 tecnologias analisadas), uso de insumos (9 em 31) e impacto sobre a biodiversidade (8 em 31).

Tabela 3. Impactos ambientais de um conjunto selecionado de tecnologias Embrapa.

Indicadores de impacto ambiental Inovações tecnológicas	Unidade	Uso de agro-químicos/ insumos químicos e ou materiais	Uso de energia	Uso de recursos naturais	Atmosfera	Capacidade produtiva do solo	Geração de resíduos sólidos	Água	Biodiversidade	Recuperação ambiental	Qualidade do produto	Índice de impacto ambiental
Sisplan: Sistema computacional para gestão florestal	Florestas	0	0	4	0	0	-	0	0	2,4	-	1,30
Desempenho das pastagens no sistema de integração	Agropecuária Oeste	2	0,5	0	0	3,75	-	1,25	0	1	-	1,06
Dosagem do regulador de crescimento cloreto de mepiquat na cultura do algodão	Agropecuária Oeste	1	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0,13
Sistema de produção de algodão arbóreo semiperene de fibras coloridas para a agricultura familiar no Nordeste brasileiro	Algodão	1	-0,5	0	-3,2	2,5	-	0	-1,5	1,2	0	-0,03
Sistema de produção de algodão herbáceo para a agricultura familiar no Nordeste brasileiro	Algodão	1	-0,5	0	-3,2	2,5	-	0	-1,5	1,2	0	-0,06
Controle integrado de pragas da Macieira	Uva e Vinho	8,5	0,5	0	1	1,25	-	0	2,4	0	-	1,71
Produção Integrada de Maçã	Uva e Vinho	6	1,5	-2	2,8	5	-	0	3,8	1,8	-	2,36
Lançamento de novas cultivares de trigo após 1986	Trigo	0,57	0,61	0,75	0	0	-	0	-0,04	0,02	-	1,91
Técnicas de produção aplicadas ao sistema de produção extensivo de gado de corte no Pantanal	Pantanal	-2,5	0	0	0	0	-	0	6	0	0	0,86
Cultivar de feijão tipo preto (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) "BRS Valente"	Arroz e Feijão	0,4	0,2	0	0	0	-	0	0	0	-	0,38
Soca de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	Arroz e Feijão	-0,3	-0,6	0,9	-0,8	0	-	0	1	0	-	0,03
Embrapa MS 058	Suínos e Aves	0,2	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0,5
Monitoramento da resistência dos carrapatos aos acaricidas	Gado de Leite	2,10	0,28	2,40	10,40	0,20	-	4,80	0	1,60	10,80	5,26
Cultivar de cana-de-açúcar IAC86-2480 testada e recomendada pela Embrapa Pecuária Sudeste para alimentação de bovinos	Pecuária Sudeste	1	0,5	1	4,5	2	-	0,8	0,8	0	0	1,17
Varietade de milho "Sol da Manhã"	Agrobiologia	0	-0,1	0,4	0,4	0	-	0	0	0	-	0,7

Continua...

Continuação da Tabela 3.

Indicadores de impacto ambiental Inovações tecnológicas	Unidade	Uso de agro-químicos/ insumos químicos e ou materiais	Uso de energia	Uso de recursos naturais	Atmosfera	Capacidade produtiva do solo	Geração de resíduos sólidos	Água	Biodiversidade	Recuperação ambiental	Qualidade do produto	Índice de impacto ambiental
Recuperação de áreas degradadas por atividade de mineração ou processamento de bauxita	Agrobiologia	-0,3	-0,1	0	0	0	-	0	0	3	-	0,13
Produção de mudas de leguminosas arbóreas para plantio em áreas destinadas a revegetação	Agroindústria de Alimentos	-0,3	-0,1	0	0	0	-	0	0	3	-	0,13
Sistema de secagem de produtos vegetais em pequena escala de produção	Agrobiologia	3	-1,5	-2,5	0	-	-0,3	0	-	-	0	1,4
Recomendação de molibdênio para adubação da cana-de-açúcar	Agrobiologia	1,2	0	0	0,6	-	-	0	0	-	-	0,6
Uso de gesso agrícola na cultura de café em solos do Cerrado	Cerrados	0	1,1	5,5	0	3,75	-	1	0	0,2	1,49	1,49
Soja cultivar Tracajá	Roraima	-14	-4,5	4,5	2,3	1,25	-	-1	-3	4	-	-1,31
Sistema de secagem de produtos vegetais em pequena escala de produção	Agroindústria de Alimentos	3	-1,5	-2,5	0	-	-0,3	0	-	-	0	1,40
Tratamento estratégico de verminose em caprinos	Meio Norte	-0,94	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-0,94
Manejo integrado de Pragas (MIP) do Feijoeiro Comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Arroz e Feijão	2,1	0,8	0	2	1,25	-	2	2	0	-	2,72
Sistema de rotação de culturas com pastagens anuais de inverno	Trigo	0	-0,53	0	0	0	-	0,56	0	0	-	0,21
Nova cultivar Moscato	Uva e Vinho	7,5	1,5	-2	1	0	-	0	-0,8	0	-	0,9
Embrapa 051	Suínos e Aves	0	5	1,8	3,6	-0,5	0	0	-3	0,7	5	2,25
Sistema de produção de algodão para os cerrados brasileiros	Algodão	-6,5	-2	0	-4	-2,5	-	0	-1,5	0	-	-2,6
Controle químico do percevejo barriga verde (<i>Dichelops melacanthus</i>) no milho safrinha no Estado do Mato Grosso	Agropecuária Oeste	-7,5	-0,5	0	-0,8	3,75	-	0	0	0,20	-	-0,61
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	Gado de Corte	-1,5	-0,5	-0,2	0	1	-	0,2	-3,3	0,2	-0,35	-0,4
Manejo integrado da vespa-da-madeira (<i>Sirex noctilio</i>) em povoamentos de pinus	Florestas	8	0	2	2	0	-	0	2	3,2	-	2,15

Fonte: Embrapa (2005).

Esses índices negativos estão possivelmente associados a ampliação de área ocupada e aumento no uso de insumos, indicadores freqüentemente associados à intensificação agropecuária. Assim, pode-se concluir que os processos de intensificação estão implicados na geração de impactos ambientais negativos associados às inovações tecnológicas propostas pela Embrapa, em especial no tocante a ampliação da ocupação de áreas e uso de insumos e recursos. Isso significa, de um lado, que seria recomendação importante para os adotantes dessas inovações, que devem ser respeitados os limites de ocupação dos espaços rurais; e de outro lado, que na maioria das vezes, os impactos ambientais associados às inovações tecnológicas são secundários, resultantes da ampliação da base produtiva e com reflexos no desempenho econômico e social das atividades.

Uma recente revisão sobre métodos para AIA aplicado à agropecuária, que incluiu uma análise crítica do Sistema Ambitec (PAYRAUDEAU et al., 2004), enfatizou os principais objetivos do sistema, de prover um diagnóstico ambiental e identificar as práticas causais de emissões de poluentes e de uso de recursos. O estudo valorizou o tipo de abordagem do Sistema Ambitec (AIA), que satisfaz a necessidade dos métodos de avaliação serem transparentes em sua construção, suficientemente simples para aplicação prática no campo, enquanto suficientemente completos para evitar erros de diagnóstico. Dentre os sistemas incluídos no estudo, o Sistema Ambitec esteve entre aqueles que tratam do maior número de objetivos de avaliação, porém no presente o sistema vem sendo ampliado para incluir a avaliação de impactos sociais, conforme segue.

Impactos sociais

A dimensão e a importância social dos produtos e serviços gerados pela Embrapa estão sendo recentemente medidos nos estudos de avaliação de impactos de suas tecnologias. Os esforços iniciais foram dirigidos à geração de empregos, mas já se encontra em fase de testes

uma metodologia que permite identificar e avaliar, de modo mais amplo, os impactos sociais relativos aos aspectos de geração e qualidade do emprego, da renda, da saúde e da gestão e administração de estabelecimentos rurais (RODRIGUES et al., 2005). No caso da geração de emprego, em 2004, as estimativas realizadas no âmbito da Empresa indicaram que a adoção de suas tecnologias contribuiu efetivamente para a geração de mais postos de trabalho, seja no campo, seja nas agroindústrias.

Em uma amostra de 30 tecnologias avaliadas, de um universo de 120 incluídas no contexto do sistema de avaliação de impactos, a Embrapa indica que foram gerados aproximadamente 206.831 postos de trabalho, considerando os vários segmentos da cadeia produtiva dos produtos envolvidos. É importante destacar que são considerados apenas os empregos adicionais, ou seja, empregos que não teriam sido criados, caso os produtores estivessem adotando alternativas tecnológicas que não aquelas propostas pelos Centros de Pesquisa da Embrapa. Entretanto, como os estudos de avaliação de impactos abrangem um número relativamente reduzido de tecnologias geradas, com ênfase naquelas mais recentes, o número de empregos gerados pelas tecnologias da Embrapa ao longo de sua história é bem maior do que este estimado para esta amostra.

Ampliando esta ênfase inicial na quantificação do número de novos empregos, os estudos de avaliação de impactos sociais atualmente realizados na Embrapa abordam os benefícios sociais trazidos pela adoção de tecnologias sobre vários outros aspectos. São incluídas considerações sobre impactos sociais do ponto de vista da capacitação e da condição do trabalhador, da geração e da qualidade do emprego; da captação, distribuição e diversidade das fontes de renda; da saúde ocupacional e pessoal e da segurança alimentar; do perfil do responsável, das condições de comercialização, da destinação de resíduos e do relacionamento institucional do estabelecimento rural.

Pode-se destacar o impacto do ponto de vista da saúde, com o desenvolvimento, por

exemplo, de tecnologias cujo objetivo é a produção de alimentos fortificados com algum nutriente específico. O consumo desses alimentos pode proporcionar uma grande economia ao País no que se refere à prevenção de doenças. Há também relatos sobre como a adoção de determinadas tecnologias permitiu aos produtores a permanência no campo. Este é um benefício social de difícil mensuração, por ser um dos desdobramentos dos impactos econômicos. Outro benefício social importante se refere à segurança do trabalhador no campo, com a adoção, por exemplo, de tecnologias poupadoras do uso de substâncias nocivas à saúde humana.

No intuito de aprimorar a avaliação de impactos sociais uma nova metodologia, o Sistema de Avaliação de Impacto Social da Inovação Tecnológica Agropecuária (Ambitec-Social) está atualmente sendo testado nas Unidades da Embrapa. Esta metodologia vem sendo desenvolvida por uma equipe de pesquisadores e colaboradores da Embrapa Meio Ambiente e, assim como a metodologia de avaliação de impactos ambientais, integra uma série de aspectos e indicadores sociais em índices parciais e em um índice geral de impacto social da tecnologia.

Ambitec-Social

O Ambitec-Social consiste em um conjunto de planilhas eletrônicas elaboradas para permitir a consideração de quatro aspectos de contribuição de uma dada tecnologia para melhoria social na produção agropecuária, quais sejam, emprego, renda, saúde e gestão e administração (RODRIGUES et al., 2005). Tais aspectos englobam um conjunto de quatorze indicadores e 79 componentes explicativos dos impactos sociais resultantes da adoção de uma dada tecnologia no âmbito de uma propriedade rural.

O aspecto emprego possui quatro indicadores: capacitação; oportunidade de emprego local qualificado; oferta de emprego e condição do trabalhador; e qualidade do emprego. O aspecto renda consiste de três indicadores: geração de renda do estabelecimento; diversi-

dade de fontes de renda; e valor da propriedade. O aspecto saúde considera três indicadores: saúde ambiental e pessoal; segurança e saúde ocupacional; e segurança alimentar. Finalmente, o aspecto gestão e administração compreende quatro indicadores: dedicação e perfil do responsável; condição de comercialização; reciclagem de resíduos; e relacionamento institucional (Fig. 2).

A aplicação da metodologia segue as mesmas linhas de avaliação e etapas apresentadas para o Sistema Ambitec. A primeira etapa se refere ao processo de levantamento e coleta de dados sobre a tecnologia, incluindo informações sobre a sua abrangência e influência, obtidas dos dados técnicos do projeto de P&D. Em seguida, define-se a amostra (universo de adotantes da tecnologia). Os componentes dos indicadores de impacto social são avaliados em entrevistas e vistorias aplicadas pelo usuário do Ambitec-Social junto ao responsável pelo estabelecimento rural, que expressa os coeficientes de alteração dos componentes, em virtude da influência da tecnologia avaliada sobre a atividade agropecuária.

Segundo Rodrigues et al. (2005), "os resultados da avaliação permitem, ao produtor/administrador, averiguar quais impactos da tecnologia podem estar desconformes com seus objetivos de bem-estar social; ao tomador de decisões a indicação de medidas de fomento ou controle da adoção da tecnologia, segundo planos de desenvolvimento local sustentável e, finalmente, proporcionam uma unidade de medida objetiva de impacto, auxiliando na qualificação, seleção e transferência de tecnologias agropecuárias."

Com o Ambitec-Social, a Embrapa visa a analisar, de forma integrada, os diversos aspectos implicados com as contribuições de suas tecnologias para o bem estar social. Composto com as abordagens econômica e ambiental (ou ecológica), essas avaliações favorecem a tomada de decisão quanto à elaboração de projetos de pesquisa, à transferência e à adoção tecnológica, sob uma perspectiva de desenvolvimento susten-

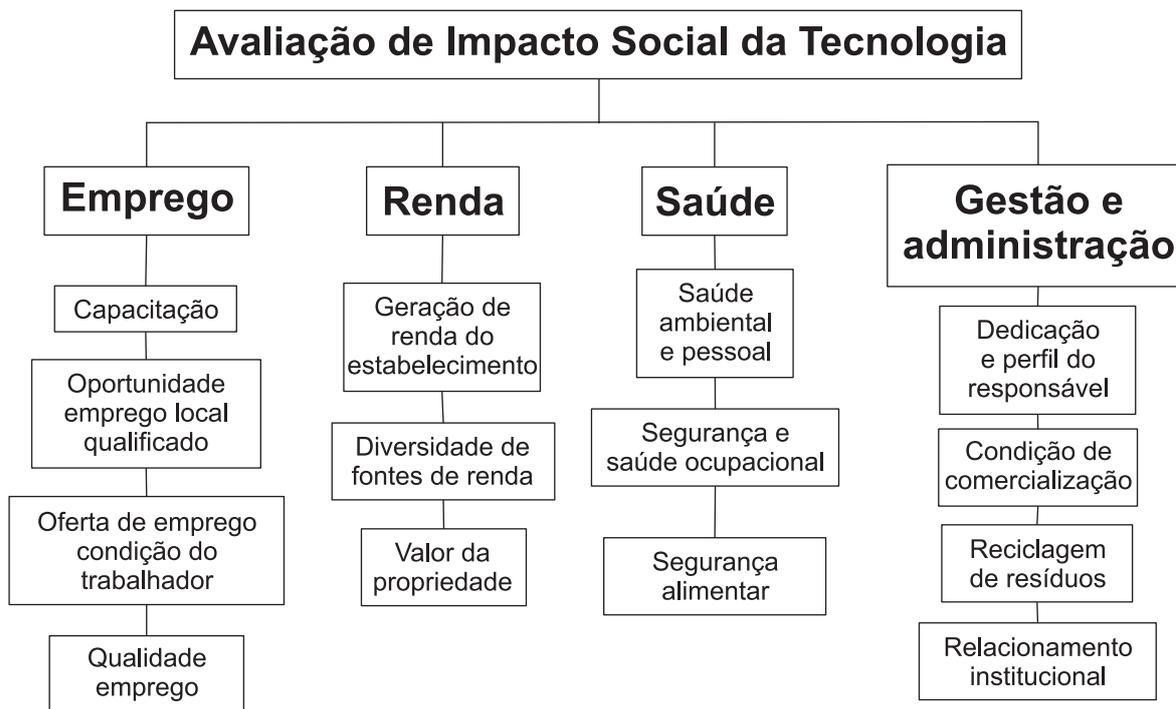


Fig. 2. Aspectos e indicadores para a avaliação de impacto social da inovação tecnológica (Ambitec-Social).
Fonte: Rodrigues et al. (2005).

tável no âmbito do estabelecimento rural e dos territórios em que se inserem. A integração dos indicadores das dimensões ecológica, social e econômico traduz a diversidade de aspectos considerados, construídos em uma base metodológica homogênea, capaz de avaliar as mais variadas tecnologias geradas pelos diversos Centros de Pesquisa da Empresa.

A consistência dos resultados obtidos: Embrapa e outras instituições

Os resultados obtidos nessa avaliação dos impactos gerados pela Embrapa em 2004, na realidade, não surpreendem já que a literatura econômica mundial, incluindo a brasileira, tem mostrado claramente de que a pesquisa agropecuária é uma atividade altamente rentável. A este respeito Bonelli e Pessoa (1998) afirmam textualmente:

“Empiricamente, nossos resultados confirmam o que já foi enfatizado à exaustão ao longo do texto e em diversos outros estudos do gênero: qualquer que seja o método que se adote para a mensuração, os investimentos em pesquisa agrícola efetuados pela Embrapa geram retornos, produtivos ou de produtividade, muito elevados”.

No caso econômico, isto tem sido mostrado usando-se as mais diferentes metodologias, e o que é importante, baseada em estudos realizados tanto por economistas de dentro, como de fora das instituições envolvidas em tal atividade. Estudo recente desenvolvido por Alston et al. (2001), em que foram analisados quase 2 mil artigos de avaliação de retorno de investimentos em pesquisa agropecuária realizados em todo o mundo, confirmou esta alta rentabilidade. Uma síntese das taxas de retorno levantadas pelos autores desta chamada "meta-análise", por região do mundo, é apresentada na Fig. 3.

Os dados mostram que a rentabilidade da pesquisa agropecuária no Brasil se situa no mesmo

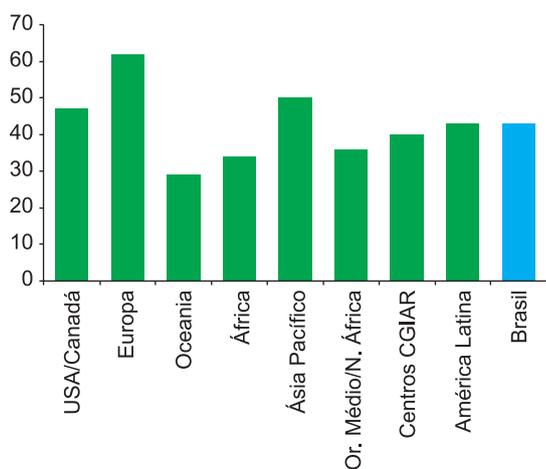


Fig. 3. Medianas taxas de retorno da pesquisa agropecuária no mundo. Período 1957-1997.

Fonte: Regiões do mundo - The World Bank (2001) e Brasil - Avila e Souza (2002).

patamar da América Latina e um pouco acima das taxas encontradas nos centros internacionais de pesquisa agrícola vinculados ao Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR). Entretanto, a rentabilidade brasileira é superior àquela de regiões como África, Oriente Médio e Oceania e inferior àquela de regiões desenvolvidas (USA/Canadá e Europa).

Vale ressaltar que essa diferenciação de taxas de retorno entre as diversas regiões do mundo é em muito explicada pela dinâmica da agricultura onde as tecnologias geradas foram adotadas. É sabido que nos países desenvolvidos existe uma agricultura empresarial muito avançada, o que torna mais rápido o processo de adoção e difusão de qualquer inovação tecnológica.

Vale ressaltar que dos estudos desenvolvidos no Brasil e mostrados nas Tabelas 4 e 5, a grande maioria foi desenvolvido na Embrapa, iniciando-se por Cruz et al., em 1982. Isso ocorreu em decorrência de uma política da Empresa que, desde meados dos anos 1980, priorizou tal atividade, montando e capacitando equipes para trabalhar nessa área, tanto na Sede da Empresa quanto nos seus 37 Centros de Pesquisa. Tal programa não só envolve a realização de estudos a cargo dos próprios socioeconomistas da Empresa (da Sede e dos Centros), mas também tem contado com especialistas nacionais e

internacionais, especialmente oriundos de universidades brasileiras (Viçosa, Brasília, Ceará e Rio Grande do Sul, entre outras) e americanas (Yale, Davis e Minnesota).

Nos estudos apresentados na Tabela 4, os autores estimaram o fluxo de benefícios por meio do método do excedente econômico, o que lhes permitiu estimar a taxa interna de retorno dos investimentos realizados. Já no caso dos estudos apresentados na Tabela 5, os modelos usados foram econométricos e, portanto, a rentabilidade dos investimentos foi avaliada com base na taxa marginal interna de retorno. Nesse caso, a taxa é estimada a partir dos coeficientes da variável pesquisa agropecuária, que entra no modelo como uma das variáveis explicativas das mudanças na produtividade agrícola.

Os resultados apresentados mostram a alta rentabilidade dos investimentos em pesquisa agropecuária no Brasil, o que evidencia que os resultados obtidos no Balanço Social da Embrapa de 2004 são consistentes com a literatura. Também no caso brasileiro, notam-se diferenças, o que, conforme já explicado, tem a ver com a dinâmica da agricultura onde as tecnologias geradas têm sido adotadas.

Uma outra medida usada para avaliar o retorno do investimento em pesquisa agropecuária é a relação benefício/custo, que é calculada dividindo-se o valor presente líquido dos benefícios econômicos gerados pelas tecnologias pelo valor presente líquido dos custos das pesquisas realizadas para gerá-las.

A relação benefício/custo do programa de melhoramento de soja, arroz de sequeiro e feijão da Embrapa foi estimado recentemente por Pardey et al. (2004). Os valores estimados mostram uma relação positiva, sendo mais alta a do programa de melhoramento de soja (31/1), seguido do programa de arroz de sequeiro com 5/1 e do programa de feijão com 3/1. A relação benefício/custo média do programa de melhoramento da Embrapa, estimada pelos autores para essas três culturas, foi de 16/1, o que, mais uma vez, confirma a alta rentabilidade das inversões da Empresa, sobretudo em melhoramento genético, já

Tabela 4. Taxas internas de retorno dos investimentos em pesquisa agropecuária.

Autores e Ano	Abrangência	Produto/nível	TIR
Ayer e Schuh (1972)	Estado de São Paulo	Algodão	77
Monteiro (1975)	Brasil	Cacau	16-18
Fonseca (1976)	Brasil	Café	23-26
Moricochi (1980)	Estado de São Paulo	Citros	28-78
Avila (1981)	Estado do Rio Grande do Sul	Arroz irrigado	87-119
Cruz et al. (1982)	Embrapa	Agregado	22-43
Ribeiro (1982)	Estado de Minas Gerais	Arroz	69
		Algodão	48
		Soja	36
Cruz e Avila (1983)	Projeto Banco Mundial (I)	Agregado	20-38
Avila, Borges, Irias e Quirino (1984)	Embrapa	Programa de Treinamento	22-30
Roessing (1984)	Embrapa Centro Soja	Soja	45-62
Ambrosi e Cruz (1984)	Embrapa Centro Trigo	Trigo	59-74
Avila, Irias e Veloso (1985)	Projeto BID (II): Pesquisa Embrapa	Agregado	27
		Agregado	38
Monteiro (1985)	Minas Gerais e Espírito Santo	Cacau	61-79
Barbosa, Cruz e Avila (1988)	Embrapa	Agregado	34-41
Barbosa, Avila e Motta (1988)	Projeto Banco Mundial (II)	Agregado	43
Kitamura et al. (1989)	Embrapa Norte	Agregado	24
Santos et al. (1989)	Embrapa Nordeste	Agregado	25
Teixeira et al. (1989)	Embrapa Centro-Oeste	Agregado	43
Lanzer et al. (1989)	Embrapa Sul	Agregado	45
Santos e Barros (1989)	Embrapa Centro Algodão	Agregado	24-37
Gonçalves, Souza e Rezende (1989)	Estado de São Paulo	Arroz	85-95
Kahn e Souza (1991)	Embrapa Centro Mandioca e Fruticultura Tropical	Mandioca e Feijão-caupi	29-46
Barbosa e Cruz (1993)	Projeto BID (II)	Agregado	43
Dossa e Contini (1994)	Embrapa Centro Soja	Agregado	65
Avila e Evenson (1995)	Embrapa Programas Nacionais	Agregado	56
	Embrapa Centros Regionais		46
	Pesquisa Estadual		19
Evenson e Avila (1995)	Embrapa Pesquisa em Grãos	Trigo	40
		Soja,	58
		Milho	37
		Arroz	40
Oliveira e Santos (1997)	Embrapa Centro Caprinos e Ovinos	Agregado	24
Vilela, Morelli e Makishima (1997)	Embrapa Centro Hortaliças	Cenoura	36
Pereira e Santos (1998)	Embrapa Centro Algodão	Agregado	15
Cançado Júnior, Lima e Rufino (2000)	Estado Minas Gerais	Agregado	32
Almeida, Avila e Wetzel (2000)	Embrapa	Melhoramento Soja	69
Ambrosi (2000)	Embrapa Centro Trigo	Agregado	88-143
Almeida e Yokoyama (2001)	Embrapa Centro Arroz e Feijão	Melhoramento e arroz de sequeiro	93-115
Pardey et al. (2004)	Embrapa: Programa de Melhoramento Genético	Soja	53
		Arroz de sequeiro	24
		Feijão	15

Fonte: Avila e Souza (2002).

Tabela 5. Taxas marginais de retorno dos investimentos em pesquisa agropecuária.

Autores e Ano	Abrangência	Produto/nível	TIR
Evenson (1982)	Brasil	Agregado	69
Silva (1984)	Brasil	Agregado	60
Pinazza et al. (1984)	Estado de São Paulo	Cana-de-açúcar	35
Ayres (1985)	Brasil	Soja	46
	Estado de Paraná		51
	Estado de São Paulo		23
	Estado de Santa Catarina		31
	Estado de Rio Grande Sul		53
Evenson e Cruz (1989a)	Brasil	Trigo	39
		Milho	30
		Soja	50
Evenson (1990a)	Brasil	Culturas temporárias	41-141
Evenson (1990b)	Brasil – Centro-Sul	Culturas temporárias	68-75
		Culturas perenes	71-78
Bonelli e Pessoa (1998)	Embrapa	Agregado	18-27

mostrado anteriormente neste artigo quando se tratou da participação da Embrapa das cultivares no mercado brasileiro de sementes.

Dados os resultados apresentados acima, fica evidente que a relação benefício/custo de 13/1 mostrada no Balanço Social de 2004 é coerente. Os valores obtidos por Pardey et al. (2004) são maiores porque os autores apenas avaliaram o programa de melhoramento, considerado uma das atividades mais rentáveis em qualquer instituição de pesquisa agropecuária. Tal relação benefício/custo é similar à encontrada no Balanço Social da Embrapa de 2003 (AVILA, 2004).

Esta análise pode ser enriquecida fazendo-se uma estimativa mais apurada da relação benefício/custo, ou seja, sem limitar aos dados de custos e benefícios de 2004. Se numa hipótese mais pessimista for considerado que os benefícios econômicos do ano passado são resultantes de investimentos feitos ao longo dos 32 anos de história da Embrapa, devidamente atualizados, esta relação cai para 2/1. Como, na realidade, os 5,6 bilhões de reais investidos no período 1974-2004 não só geraram benefícios num dado ano, esta relação, mesmo sendo positiva, está subestimada.

Uma relação benefício/custo mais plausível seria aquela em que se relacionariam todos os custos da Embrapa com os benefícios econômicos estimados. Como não se tem os benefícios estimados durante todo o período, numa mesma metodologia de cálculo, pode-se estimar a relação B/C usando-se apenas os benefícios estimados para o período 1997-2004 e que constam dos respectivos Balanços Sociais anuais. Nesta hipótese a relação benefício/custo é de 9,6/1, o que significa que a cada real investido na Embrapa existe um retorno de cerca de 10 reais.

Esta última relação B/C (9,6/1) é similar àquela obtida por Raitzer (2003) na avaliação dos retornos dos investimentos dos centros internacionais de pesquisa agrícola do CGIAR. O referido autor estimou a taxa de 9/1 num estudo em que considerou cinco cenários, indo desde o mais otimista (17,26/1) até um cenário mais pessimista onde a relação B/C foi de 1,94/1. Portanto, os resultados obtidos na Embrapa usando este tipo de indicador de rentabilidade também estão dentro dos limites mostrados na literatura.

Em um estudo recente, desenvolvido na Embrapa, pesquisadores de vários Centros de Pesquisa da Empresa avaliaram os impactos

econômicos e ambientais de uma amostra de 12 tecnologias. Este trabalho ocorreu como um dos pré-requisitos solicitados pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), como parte do processo de avaliação de impacto do projeto Programa de Inovação Tecnológica Agroalimentar e Agroindustrial para o Futuro (Agrofuturo) (MAGALHÃES et al., 2005).

Uma síntese dos resultados das avaliações de impactos econômicos, medidos em termos da taxa interna de retorno, do valor presente líquido e da relação benefício/custo desta amostra de tecnologias são apresentados na Tabela 6. Os valores apresentados, apesar de bastante variados dada a natureza das tecnologias incluídas na amostra e o tipo de produto em que se aplica (culturas anuais, culturas perenes, produção animal e processamento industrial), demonstraram, mais uma vez, a alta rentabilidade dos investimentos na Embrapa.

Conclusões

Os resultados obtidos na avaliação dos impactos da Embrapa em 2004, mostradas no Balanço Social, e a comparação dos mesmos com estudos similares realizados no Brasil e no exterior, confirmam a alta rentabilidade dos investimentos.

Os vários indicadores apresentados, seja na avaliação dos impactos econômicos, seja na avaliação dos impactos sociais e ambientais, mostram que os investimentos feitos ao longo de seus mais de 32 anos foram compensadores para a sociedade brasileira.

Uma análise das condicionantes da produtividade total dos fatores (PTF) feita por Gasques et al. (2004) mostram por um outro ângulo a importância do papel da pesquisa agropecuária desenvolvida na Embrapa para o crescimento da produtividade da agropecuária no Brasil e, portanto, para a geração de excedentes. Os referidos autores encontraram que uma variação de 1% nos gastos em pesquisa tem um impacto de imediato da ordem de 0,17% na PTF, enquanto no caso do crédito rural este efeito é bastante pequeno (0,06%).

Gasques et al. (2004) sugerem ainda que no crescimento futuro da produtividade total dos fatores na agricultura mundial, o papel da pesquisa e da extensão rural será decisivo. No caso brasileiro, eles estimaram uma taxa média de crescimento de 3,30% ao ano, no período 1975-2002, usando o índice de Tornqvist. Avila, Romano e Garagorry (2005) também estimaram a taxa de crescimento da PTF na agricultura brasileira e obtiveram resultado muito similar (3,54%), assim

Tabela 6. Síntese das análises benefício/custo das tecnologias selecionadas.

Título da tecnologia	TIR (%)	VPL (R\$ 1.000)	B/C
<i>Eucalyptus benthamii</i> – tolerante a geadas severas	13	6.116	1,5/1
Recomendação do cultivo de pimenta-longa para produção de óleos e essências ricos em safrol	14	284.227	1,9/1
Cultivar de arroz de terras altas ‘Primavera’	64	264.275	52/1
Uva niágara rosada para regiões tropicais	109	24.044	59/1
Terminação de cordeiros em confinamento	26	722.817	3/1
Galinha colonial poedeira Embrapa 051	34	4.385	7,9/1
Cultivar de pêssego Maciel – duplo propósito	44	2.182	166/1
Manejo integrado de mosca-das-frutas: monitoramento populacional e tratamento hidrotérmico	51	3.460	4/1
Cenoura ‘Brasília’	60	54.668	94/1
Técnicas de produção intensiva aplicada às propriedades familiares produtoras de leite.	77	486.783	156/1
Produção integrada de manga	65	3.808	5,29/1
Módulos múltiplos de processamento de castanha-de-caju	76	17.767	11/1

Fonte: Magalhães et al. (2005).

como demonstraram que a pesquisa agropecuária tem se constituído na mais importante fonte de crescimento de tal produtividade na América Latina.

Nessa mesma linha, Avila e Evenson (2005), usando somente dados estatísticos da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e estimando as taxas de crescimento da produtividade da agricultura para 78 países em desenvolvimento, obtiveram uma taxa para o Brasil de 3,3% para o período 1981-2001. Tais autores também constaram que a pesquisa agropecuária foi a responsável por mais de 50% do crescimento da produtividade agrícola verificado no período nos países em desenvolvimento analisados.

Enfim, são muitas as evidências de que a pesquisa agropecuária, e em particular a Embrapa, tem gerado tecnologias que compensam, com folga, os investimentos nela realizados, comparativamente aos retornos dos investimentos em outros setores da economia, seja no Brasil, seja em outras partes do mundo desenvolvido ou em desenvolvimento.

As organizações públicas de pesquisa têm passado por importantes mudanças nos últimos 10-15 anos e outras dimensões de impacto, além da econômica, passaram a ter um papel relevante nos estudos de impacto. Neste sentido, destaca-se a importância dos impactos ambientais e sociais dos seus produtos. A abordagem metodológica hoje utilizada na Embrapa é uma combinação de estudos de caso, entrevistas e análises ocupacionais.

No tocante aos impactos ambientais, a experiência que vem sendo desenvolvida na Embrapa tem contribuído decisivamente para melhorar a compreensão de pesquisadores, técnicos, tomadores de decisão e produtores rurais sobre as implicações ambientais do desenvolvimento e adoção de inovações tecnológicas agropecuárias. Ademais, a aplicação de sistemas integrados de avaliação de impactos ambientais tem permitido introduzir esses processos de avaliação em nível operacional no agronegócio nacional, facilitando o entendimento das interações, positivas e negativas, entre tecnologias agropecuárias e o meio ambiente. Com esses avanços, encontra-se encaminhada a aceitação

das avaliações de impacto ambiental enquanto instrumentos de gestão das atividades rurais, de forma que sistemas cada vez mais consistentes em termos teóricos e metodológicos possam ser propostos e introduzidos.

O desenvolvimento das atividades produtivas rurais em uma situação sustentável e com um ambiente de qualidade somente se dará mediante planejamento das intervenções sobre a natureza, segundo as capacidades e limitações das comunidades e dos ecossistemas. No presente momento, no qual ocorrem profundas modificações no panorama dos mercados, com a formação de nichos especiais que premiam a inserção diferenciada de produtores que estejam atentos a modelos alternativos, social e ambientalmente responsáveis, procedimentos que permitam avaliar, documentar e gerir adequadamente estes modelos de produção são ferramentas importantes para a certificação ambiental das atividades produtivas rurais. A iniciativa da Embrapa, de proceder à avaliação de impactos ambientais das suas inovações tecnológicas agropecuárias, na busca de adequá-las a este novo cenário de desenvolvimento da agricultura, vem contribuindo para consolidar este movimento. Os aspectos ambientais, assim, passam a constituir fatores de competitividade e de qualidade para o desenvolvimento da agricultura nacional.

A abordagem metodológica utilizada para a avaliação desses impactos sociais é uma combinação de estudos de caso, entrevistas e análises ocupacionais. Aspectos significativos relacionados, por exemplo, à saúde, nutrição e segurança no trabalho são observados. No entanto, destaca-se enquanto impacto social mais evidente a geração de novos empregos identificados não só em nível da propriedade rural, mas principalmente ao longo da cadeia produtiva.

No caso específico dos impactos sociais, cabe ressaltar que aspectos significativos relacionados, por exemplo, à saúde, nutrição e segurança no trabalho estão sendo observados. No entanto, destaca-se enquanto impacto social mais evidente a geração de novos empregos, identificados não só em nível de propriedade rural, mas principalmente ao longo da cadeia produtiva.

Do ponto de vista do emprego, por exemplo, o Balanço Social de 2004 mostrou, mais uma vez,

a inquestionável importância da Embrapa na geração de empregos. Porém, com o uso da metodologia Ambitec-Social, as futuras avaliações sociais buscarão ampliar essa avaliação social e captar aspectos relacionados ao bem-estar dos trabalhadores no quesito emprego. Pretende-se avaliar, dentre outros aspectos, a qualidade do trabalho gerado, se a tecnologia oferece ao trabalhador a oportunidade de se capacitar e as condições de vida do trabalhador que adota as tecnologias da Embrapa. Planeja-se também avaliar os desdobramentos de aspectos relacionados à renda, à saúde e à gestão e administração.

Entretanto, cabe destacar que, apesar das evidências de impactos positivos e dos altos retornos dos recursos nela investidos, nos últimos dez anos, observa-se um decréscimo no montante de recursos alocados na Empresa. Portanto, é necessário recolocar o volume de investimentos na Embrapa, em níveis mais compatíveis com as suas reais e crescentes necessidades, para que ela possa, no futuro, manter ou até mesmo ampliar o seu papel no desenvolvimento brasileiro.

Referências

- ALSTON, J. M.; NORTON, G. W.; PARDEY, P.G. Science under scarcity: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. Ithaca: Cornell University Press, 1995. 585 p.
- ALSTON, J. M.; CHAN-KANG, C.; MARRA, M. C.; PARDEY, P. G.; WYATT, T. J. A meta-analysis of rates of return to agricultural R&D: ex pede. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, c2001. 148 p. (Research report, 113).
- AVILA, A. F. D. Prestação de contas: estudo avalia custo-benefício da Embrapa para o agronegócio. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 6, p. 48, jun. 2004.
- AVILA, A. F. D.; EVENSON, R. E. Total factor productivity and technological capital. In: EVENSON, R. E.; PRABHU, P. (Ed.). *Handbook of agricultural economics: agricultural development: farmers, farm production and farm markets*. North Holland: Elsevier, 2005. No prelo.
- AVILA, A. F. D.; SOUZA, G. S. The importance of impact assessment studies for the Brazilian agricultural research system In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMPACTS DE AGRICULTURAL RESEARCH AND DEVELOPMENT, 2002, San José. Why has impact assessment research not made more a difference? *Proceedings*. San José, Costa Rica: [s. n.], 2002. p. 75-76.
- AVILA, A. F. D.; ROMANO, L.; GARAGORRY, F. L. Agricultural and livestock productivity in Latin America and Caribbean and sources of growth. In: EVENSON, R.E.; PRABHU, P. (Ed.). *Handbook of agricultural economics: agricultural development: farmers, farm production and farm markets*. North Holland: Elsevier, 2005. No prelo.
- BONELLI, R.; PESSÔA, E. de P. O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA, 1998. 40 p. (Texto para discussão, 576).
- CRUZ, E. R. da; PALMA, V.; AVILA, A.F.D. Taxas de retorno dos investimentos da EMBRAPA: investimentos totais e capital físico. Brasília: Embrapa-DDM, 1982. 48 p. (Embrapa-DDM. Documentos,19).
- EMBRAPA. Balanço social 2004. Brasília, DF, 2005. 28 p.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. P. R.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira. *Revista de Política Agrícola*, v. 13, n. 3, p. 73-90, jul./ago. 2004.
- IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, I. A. Sistema de avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas nos segmentos agropecuário, produção animal e agroindústria (Sistema Ambitec). Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 5).
- IRIAS, L. J. M.; GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P.; ROSA, M. F. de; RODRIGUES, G. S. Avaliação de impacto ambiental de inovação tecnológica agropecuária - aplicação do sistema Ambitec. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 23-40, 2004b.
- MAGALHÃES, M. C.; VEDOVOTO, G. L.; IRIAS, L. J. M.; VIEIRA, R. C. M. T.; AVILA, A. F. D. (Org.). Avaliação de impactos da Embrapa: uma amostra de 12 tecnologias. Brasília, DF: Embrapa, 2006 (Documentos, 13). (no prelo).
- PARDEY, P.; ALSTON, J. M.; CHAN-KANG, C.; MAGALHÃES, E. C.; VOSTI, S. A. Assessing and attributing the benefits from varietal improvement research in Brazil. Washington: International Food Policy Research Institute, 2004. 90 p. (Research report, 136).
- PAYRAUDEAU, S.; HAYO, M. G.; WERF, V. D. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 107, p. 1-19, 2004.
- QUIRINO, T. R.; IRIAS, L. J. M.; WRIGHT, J. T. C.; RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I.; CORRALES, F. M.; DIAS, E. C.; LUIZ, A. J. B.; CAVALCANTI, I. P. Impacto agroambiental. São Paulo: E. Blücher, 1999. 184 p.
- RAITZER, D. A. Benefit-cost-analysis of investment in the International Agricultural Research Centers of the CGIAR. Rome: CGIAR Science Council Secretariat: FAO, 2003. 45 p.
- RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; IRIAS, L. J. M.; LIGO, M. A. V. Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa II: avaliação da formulação de projetos - versão I. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 28 p. (Boletim de pesquisa, 10).
- RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: ambitec-agro. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003a. 93 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34).
- RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. An environmental impact assessment system for agricultural R&D. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 23, p. 219-244, 2003b.
- RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, I. A. Sistema de avaliação de impacto social da inovação tecnológica agropecuária (ambitec-social). Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 30 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento). No prelo.
- THE WORLD BANK. World development report for 2002: building institutions for markets. Washington, 2001. 268 p.

O amanhã se constrói dia a dia

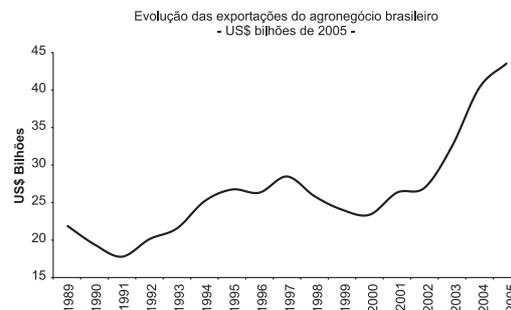
Silvio Crestana¹
Renato Cruz Silva²

Nos últimos 17 anos, o agronegócio brasileiro vem experimentando um surto de crescimento vigoroso, capaz de resistir e de suplantar a toda sorte de lerdezas do Estado, crises cambiais, acidentes climáticos e abusos na prática da “mais valia”, pelo poder comercial internacional.

Nesses anos, adquiriu eficiência econômica mundial, cresceu em sustentabilidade ambiental, deu ao Brasil respostas convincentes em segurança alimentar, tanto em termos de garantia de abastecimento quanto de qualidade nutricional. Criou, também, riquezas no interior – distribuindo renda e empregos – e melhorou os demais indicadores sociais de qualidade de vida de todo o País.

Gerou saldos comerciais expressivos e, assim, financiou o ajuste econômico do País, sobretudo o investimento na renovação tecnológica da indústria, e ajudou a pagar parte significativa da Dívida Externa (cerca de US\$100 bilhões nos últimos 7 anos). Mais que tudo, resgatou a auto-estima do povo brasileiro, sobretudo do povo do interior, fazendo de cada brasileiro um agente de transformação econômica, um cidadão.

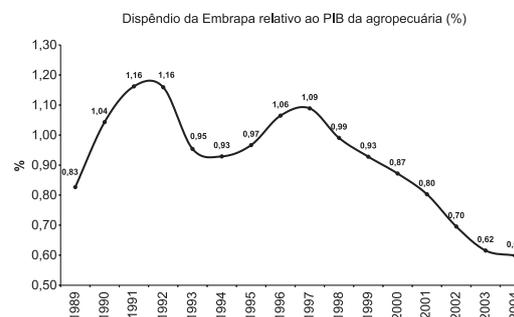
Mercê dessa transformação do agronegócio, atualmente o Brasil é o fiel do equilíbrio do mercado de alimentos e outras *commodities* de origem agrícola, não só no presente, mas esperançosamente, também, do futuro. Pela competência tecnológica, disponibilidade de terras, água e insolação é que este País garantirá ao mundo, uma oferta direta e significativa de álcool e de biodiesel. É também quem pode recompor a oferta mundial



Fonte: MDIC. Elaboração Embrapa/SGE.



Fonte: IBGE. Elaboração Embrapa/SGE.



Fontes: IBGE/SCN e Embrapa/DAF. Elaboração Embrapa/SGE.

Dilema estratégico do Brasil: enquanto crescem os lucros da inovação passada, reduz-se o investimento na inovação e lucros do futuro.

¹ Silvio Crestana, PhD., é Diretor-Presidente da Embrapa.

² Renato Cruz Silva, MSc., é assessor da Presidência da Embrapa, em Desenvolvimento Institucional.

de alimentos, na medida em que os países de clima temperado forem desviando sua produção de grãos para a geração de agroenergia.

No Brasil, o agronegócio cresceu forte, ágil, flexível e competitivo porque foi impulsionado pelo sucesso que tiveram as instituições públicas de pesquisa agropecuária em criar uma base própria de conhecimentos e tecnologias para o desenvolvimento da nova agricultura tropical. Essa foi a primeira grande parceria público-privada de sucesso no País (muito antes de existir a Lei das PPP): o ente público usou o imposto e gerou o conhecimento; o ente privado aproveitou o conhecimento e para gerar riquezas e muito mais impostos.

Contudo, contraditoriamente nesses mesmos 17 anos, essa nova massa de impostos e essa riqueza não foram e nem têm sido usadas para manter e fazer crescer tal rede de cooperação. Ao contrário, o Brasil vem desmontando o braço público dessa parceria: lendo errado os sinais dos tempos e viajando na contramão, nesse mesmo período, o Estado brasileiro se dedicou a desmobilizar o arranjo institucional e operacional vitorioso que criou essa agricultura tropical, o chamado Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA).

Criado ao mesmo tempo que a Embrapa, o SNPA trabalhava segundo uma receita engenhosa para tempos de crise e de enormes desafios. Primeiro, havia foco e divisão de trabalho: uma agenda de pesquisa básica, outra estratégica, outra aplicada e outra adaptativa. Sem fronteiras rígidas, as universidades cuidavam mais da básica, a Embrapa, da estratégica e da aplicada, e os institutos estaduais faziam parte da pesquisa aplicada e de toda a pesquisa adaptativa de ajuste das tecnologias às condições regionais e locais.

Para isso, tinha-se a capilaridade necessária: uma rede de estações de pesquisa federal e outra estadual, que se completavam. A participação privada, a não ser por uma ou outra universidade, não se dava nesse plano, sendo mais visível nas ações de transferência de tecnologia.

A Embrapa detinha instrumentos muito fortes para coordenar essas duas redes e induzir a

convergência de propósitos. Primeiro, dispunha de um programa de capacitação internacional que treinava pesquisadores federais e estaduais para fazer a transformação tecnológica pretendida e ainda alojava em todos os estados os especialistas que lhes faltassem.

Segundo, como sócia, participava da indicação de dirigentes e repassava recursos para o custeio das pesquisas. Era possível então ter foco, concentração de esforços e talentos, agilidade e velocidade na construção das soluções. No plano da transferência das tecnologias, a Embrater coordenava financeira e tecnicamente o esforço da rede de entes estaduais de assistência técnica e extensão rural.

As crises financeiras do Estado negaram à Embrapa os recursos necessários à eficiência desse arranjo e feriram de morte sua coordenação. A amplitude de ação das universidades foi limitada pela escassez de recursos públicos. Mais tarde, as disposições da Constituição de 1988 jogaram a última pá de cal sobre esse arranjo. A Embrater foi simplesmente extinta, também se desfazendo a coordenação na transferência de tecnologias.

A partir de 1989, exatamente quando a colheita dos frutos benéficos desse arranjo passou a ser mais visível, sem o repasse de recursos federais específicos para esse fim, os estados começaram a desmontar a rede estadual de pesquisa, claramente extinguindo suas organizações de pesquisa ou incorporando-as nas organizações de extensão rural.

Desde então, institutos seculares – cujo acervo de conhecimento é um dos pilares da atual base tecnológica da agricultura tropical – têm sido mantidos à míngua, privados de sua identidade, subtraídos em sua liderança científica. Nesse caso, lideranças regionais agiram como se a inovação do agronegócio pudesse se amparar apenas na pesquisa estratégica e aplicada da Embrapa.

É uma falácia. A própria Embrapa tem sofrido muito com a descontinuidade de investimentos, que a impede de sozinha responder

a tal desafio. Além do mais, ela sofreu uma involução institucional: criada como empresa pública ágil e operacionalmente flexível, hoje sofre dos mesmos entraves burocráticos que motivaram sua criação, o que limita, inclusive, sua capacidade de buscar soluções fora do Estado.

Então, na prática, o que temos é isso: afastadas as ameaças de desabastecimento e fome, alcançadas as supersafras e os saldos da Balança Comercial, estamos desmobilizando a "usina de soluções", minando a capacidade de defesa e ataque, porque o perigo já passou.

É natural, é uma das idiossincrasias da condição humana. Só que o Estado não tem o direito de agir assim. A sociedade gasta muito para manter o Estado e para criar coisas como organização, gestão, planejamento estratégico e políticas públicas para que não fiquemos à mercê das nossas fraquezas, imediatismos, erros e limitações. Nesse caso, não é o que se passou.

Na nova economia interna das organizações de pesquisa dos estados, o Setor Público, com dificuldades, mal garante os salários e encargos. O custeio da pesquisa aplicada e adaptativa e dos investimentos em bens de capital precisam ser buscados no Setor Produtivo, o que confere a essas ações caráter não sistêmico, conjuntural, localizado e restrito. Isso não é estratégico e ameaça a sustentabilidade do processo de inovação do agronegócio.

A falta de mais pesquisas adaptativas (mas também das pesquisas aplicadas e estratégicas) e de assistência técnica adequada reduz a eficiência da tecnologia agrícola local já existente. O milho é um exemplo: muitos produtores modernos já alcançaram o potencial de produtividade comparável ao dos países desenvolvidos, mas a produtividade média ainda está em torno de 3 t/ha, porque um grande número de produtores ainda está à margem desse progresso. Ou como no caso do trigo, que continua confinado no Sul do Brasil, ainda sem realizar seu potencial produtivo no Cerrado.

O mais preocupante é que há um lapso de tempo entre a criação da tecnologia e a realização

do seu efeito produtivo, havendo nisso um efeito perverso. As supersafras e os saldos de balança agrícola – que estamos colhendo hoje – encobrem o fato de que são produzidas por tecnologias que criamos no passado, e esse sucesso nos ilude e está nos impedindo hoje de investir adequadamente na geração das tecnologias que vão garantir as supersafras de alimentos, fibras e energia, e os saldos comerciais agrícolas do futuro.

Alguns dos principais desafios do futuro estão colocados agora. Entre eles, se impõe a criação de uma nova matriz energética – centrada na agroenergia – e a construção de um novo patamar de sanidade agropecuária e agroindustrial, centrada na gestão da informação e sistemas de rastreabilidade vegetal e animal, combinando nos alimentos segurança de nutrição e de saúde.

Precisamos melhorar o manejo ambiental, sobretudo no que se refere ao uso e à preservação da qualidade da água, e na redução do aquecimento global, via seqüestro de carbono e enfrentando o desafio florestal. Precisamos também dominar os conhecimentos em nanotecnologia, para criar novos materiais e produtos, além de garantir a oferta mundial de alimentos e combater a fome.

Para responder a esses desafios, os países que competem com o Brasil na faixa tropical, como Índia, China, Austrália e Nova Zelândia estão seguindo um caminho diverso. Eles não têm a mesma disponibilidade de terras, água e sol que o Brasil, mas ampliam seus investimentos em inovação, seguros de que as tecnologias corretas podem suprir tais deficiências.

Os países de clima temperado, pressionados pela luta contra subsídios agrícolas, também aumentam seus investimentos e serão competidores importantes na oferta de tecnologia tropical, em geral, e de agroenergia, em particular.

Na contramão, sem tecnologias adequadas, não saberemos bem aproveitar os recursos naturais que nos sobram. Os desafios tecnológicos que se apresentam não são uma continuidade do que estamos fazendo, mas um novo patamar de qualidade científica que requer novas abordagens e refinamentos. Requer, também, novos talentos, novas capacidades e conhecimentos.

Por todas essas condicionantes, um processo de revitalização da Embrapa e do SNPA é mais do que devido. A Embrapa, as universidades e os institutos estaduais de pesquisa, enfim, todos não só precisamos de melhor sustentação financeira para atrair e renovar os talentos científicos e ampliar as pesquisas, como é crucial ter maior flexibilidade institucional e jurídica para orquestrar novos arranjos operacionais com o setor produtivo.

Nisso, o cenário é parecido com o de 1970. Difere no fato de que hoje o setor privado está bem mais forte e tem maior disposição em participar no financiamento do desenvolvimento de tecnologias. Não é preciso treinar, no exterior, os talentos requeridos, pois o mercado de pós-graduação brasileiro os oferece com qualidade mundial, e amealhamos uma competência que nos faz líder em tecnologia agrícola tropical.

Após as bem-sucedidas experiências de prospecção, monitoramento de avanços e cooperação científica dos laboratórios da Embrapa no Exterior (o Labex-EUA e Labex-Europa), estamos prontos para avançar um pouco mais na conexão internacional, abrindo um escritório de negócios na África – a Embrapa África. Tal iniciativa tem uma perspectiva maior de transferência de tecnologia agrícola tropical que interessa, de perto, às relações diplomáticas entre o Brasil e as nações africanas assim como ao setor produtivo brasileiro, dadas as perspectivas de maior desenvolvimento econômico do continente africano, principalmente na sua porção mais pobre.

No plano interno, a iniciativa Rede de Inovação e Prospecção para o Agronegócio (Ripa) faz intensa mobilização das redes públicas federal e estadual de pesquisa, reavaliando todos os programas em andamento, face aos novos desafios.

Melhoramos muito em vários aspectos do arcabouço jurídico com as leis da Inovação e das PPP, e no aspecto institucional, com a criação dos fundos setoriais de desenvolvimento tecnológico. Se eles ainda padecem com as reservas dos

contingenciamentos orçamentários, em pouco tempo alcançarão a normalidade operacional, mercê do esforço do Ministério de Ciência e Tecnologia, em desbloquear os recursos financeiros lá alocados.

Todos esses fatores estimulam a Embrapa e vários atores públicos e privados, como o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Banco do Brasil, a Petrobrás, a Vale do Rio Doce, a Itaipu Binacional e tantos outros, a considerar, com grande entusiasmo, as possibilidades de iniciativas como empresas de propósito específico, previstas e autorizadas pela Lei de Inovação.

Nelas, se juntam não só culturas de eficiência pública e privada, mas também se estabelece uma conexão transversal, unindo setores como energia, agricultura e logística, que podem ser extremamente eficientes na construção de alternativas para a matriz energética e para manutenção da competitividade externa brasileira.

Nesse particular, o governo já definiu e lançou o Plano Nacional de Agroenergia, iniciativa interministerial coordenada pelo Mapa. Agora, parte-se para a instituição do consórcio nacional de instituições de pesquisas nessa área e, para integrá-lo, a criação, pela Embrapa, de um centro nacional de pesquisas com essa missão, a Embrapa Agroenergia.

Todas essas possibilidades dependem de que as redes de inovação públicas – que servem ao agronegócio – sejam revitalizadas conforme explicitado neste número da *Revista de Política Agrícola*. Há sinais promissores. Novos concursos públicos estão sendo realizados e examina-se a implementação de um novo plano de carreiras para que a Embrapa seja capaz de atrair os talentos de que necessita, sobretudo nessas áreas do conhecimento ditas portadoras de futuro.

Também é grande a sensibilidade do Congresso Nacional, procurando apoiar esse movimento de revitalização institucional com oferta ao Orçamento da União de emendas específicas para esse propósito. Ao mesmo tempo,

o Parlamento trabalha para ampliar e flexibilizar as dotações orçamentárias da Embrapa e para liberar dos contingenciamentos tudo aquilo que é destinado à Ciência & Tecnologia.

Em 2005, o Balanço Social da Embrapa, mostra que cada R\$1,00 investido pelo governo, na inovação do agronegócio, devolve à socie-

dade o equivalente a outros R\$13,00 em renda, emprego, saúde e bem-estar. Isso prova, de forma cabal, que financiamento público da inovação em qualquer campo não é despesa; é investimento estratégico.

Como em 1970, o Brasil precisa, urgentemente, optar pelo que lhe é estratégico.

Instrução aos autores

1. Tipo de colaboração

São aceitos, por esta Revista, trabalhos que se enquadrem nas áreas temáticas de política agrícola, agrária, gestão e tecnologias para o agronegócio, agronegócio, logística e transporte, estudos de casos resultantes da aplicação de métodos quantitativos e qualitativos aplicados a sistemas de produção, uso de recursos naturais e desenvolvimento rural sustentável que ainda não foram publicados nem encaminhados a outra revista para o mesmo fim, dentro das seguintes categorias: a) artigos de opinião; b) artigos científicos; d) textos para debates.

Artigo de opinião

É o texto livre, mas bem fundamentado sobre algum tema atual e de relevância para os públicos do agronegócio. Deve apresentar o estado atual do conhecimento sobre determinado tema, introduzir fatos novos, defender idéias, apresentar argumentos e dados, fazer proposições e concluir de forma coerente com as idéias apresentadas.

Artigo científico

O conteúdo de cada trabalho deve primar pela originalidade, isto é, ser elaborado a partir de resultados inéditos de pesquisa que ofereçam contribuições teórica, metodológica e substantiva para o progresso do agronegócio brasileiro.

Texto para debates

É um texto livre, na forma de apresentação, destinado à exposição de idéias e opiniões, não necessariamente conclusivas, sobre temas importantes atuais e controversos. A sua principal característica é possibilitar o estabelecimento do contraditório. O texto para debate será publicado no espaço fixo desta Revista, denominado Ponto de Vista.

2. Encaminhamento

Aceitam-se trabalhos escritos em Português. Os originais devem ser encaminhados ao Editor, via e-mail, para o endereço reginavaz@agricultura.gov.br.

A carta de encaminhamento deve conter: título do artigo; nome do(s) autor(es); declaração explícita de que o artigo não foi enviado a nenhum outro periódico para publicação.

3. Procedimentos editoriais

a) Após análise crítica do Conselho Editorial, o editor comunica aos autores a situação do artigo: aprovação, aprovação condicional ou não-aprovação. Os critérios adotados são os seguintes:

- adequação à linha editorial da revista;
- valor da contribuição do ponto de vista teórico, metodológico e substantivo;
- argumentação lógica, consistente, e que ainda assim permita contra-argumentação pelo leitor (discurso aberto);
- correta interpretação de informações conceituais e de resultados (ausência de ilações falaciosas);
- relevância, pertinência e atualidade das referências.

b) São de exclusiva responsabilidade dos autores, as opiniões e os conceitos emitidos nos trabalhos. Contudo, o editor, com a assistência dos conselheiros, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações aconselhadas ou necessárias.

c) Eventuais modificações de estrutura ou de conteúdo, sugeridas aos autores, devem ser processadas e devolvidas ao Editor, no prazo de 15 dias.

d) A seqüência da publicação dos trabalhos é dada pela conclusão de sua preparação e remessa à oficina gráfica, quando então não serão permitidos acréscimos ou modificações no texto.

e) À Editoria e ao Conselho Editorial é facultada a encomenda de textos e artigos para publicação.

4. Forma de apresentação

a) Tamanho – Os trabalhos devem ser apresentados no programa *Word*, no tamanho máximo de 20 páginas, espaço 1,5 entre linhas e margens de 2 cm nas laterais, no topo e na base, em formato A4, com páginas numeradas. A fonte é *Times New Roman*, corpo 12 para o texto e corpo 10 para notas de rodapé. Utilizar apenas a cor preta para todo o texto. Devem-se evitar agradecimentos e excesso de notas de rodapé.

b) Títulos, Autores, Resumo, *Abstract* e Palavras-chave (*key-words*) – Os títulos em Português devem ser grafados em caixa baixa, exceto a primeira palavra ou em nomes próprios, com, no máximo, 7 palavras. Devem ser claros e concisos e expressar o conteúdo do trabalho. Grafar os nomes dos autores por extenso, com letras iniciais maiúsculas. O resumo e o abstract não devem ultrapassar 200 palavras. Devem conter uma síntese dos objetivos, desenvolvimento e principal conclusão do trabalho. É exigida, também, a indicação de no mínimo três e no máximo cinco palavras-chave e *key-words*. Essas expressões devem ser grafadas em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e seguidas de dois pontos. As Palavras-chave e *Key-words* devem ser separadas por vírgulas e iniciadas com letras minúsculas, não devendo conter palavras que já apareçam no título.

c) No rodapé da primeira página, devem constar a qualificação profissional principal e o endereço postal completo do(s) autor(es), incluindo-se o endereço eletrônico.

d) Introdução – A palavra Introdução deve ser grafada em caixa-alta-e-baixa e alinhada à esquerda. Deve ocupar, no máximo duas páginas e apresentar o objetivo do trabalho, importância e contextualização, o alcance e eventuais limitações do estudo.

e) Desenvolvimento – Constitui o núcleo do trabalho, onde que se encontram os procedimentos metodológicos, os resultados da pesquisa e sua discussão crítica. Contudo, a palavra Desenvolvimento jamais servirá de título para esse núcleo, ficando a critério do autor empregar os títulos que mais se apropriem à natureza do seu trabalho. Sejam quais forem as opções de título, ele deve ser alinhado à esquerda, grafado em caixa baixa, exceto a palavra inicial ou substantivos próprios nele contido.

Em todo o artigo, a redação deve priorizar a criação de parágrafos construídos com orações em ordem direta, prezando pela clareza e concisão de idéias. Deve-se evitar parágrafos longos que não estejam relacionados entre si, que não explicam, que não se complementam ou não concluem a idéia anterior.

f) Conclusões – A palavra Conclusões ou expressão equivalente deve ser grafada em caixa-alta-e-baixa e alinhada à esquerda da página. São elaboradas com base no objetivo e nos resultados do trabalho. Não podem consistir, simplesmente, do resumo dos resultados; devem apresentar as novas descobertas da pesquisa. Confirmar ou rejeitar as hipóteses formuladas na Introdução, se for o caso.

g) Citações – Quando incluídos na sentença, os sobrenomes dos autores devem ser grafados em caixa-alta-e-baixa, com a data entre parênteses. Se não incluídos, devem estar também dentro

do parêntesis, grafados em caixa alta, separados das datas por vírgula.

- Citação com dois autores: sobrenomes separados por “e” quando fora do parêntesis e com ponto-e-vírgula quando entre parêntesis.
- Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor seguido da expressão et al. em fonte normal.
- Citação de diversas obras de autores diferentes: obedecer à ordem alfabética dos nomes dos autores, separadas por ponto-e-vírgula.
- Citação de mais de um documento dos mesmos autores: não há repetição dos nomes dos autores; as datas das obras, em ordem cronológica, são separadas por vírgula.
- Citação de citação: sobrenome do autor do documento original seguido da expressão “citado por” e da citação da obra consultada.
- Citações literais que contenham três linhas ou menos devem aparecer aspeadas, integrando o parágrafo normal. Após o ano da publicação acrescentar a(s) página(s) do trecho citado (entre parênteses e separados por vírgula).
- Citações literais longas (quatro ou mais linhas) serão destacadas do texto em parágrafo especial e com recuo de quatro espaços à direita da margem esquerda, em espaço simples, corpo 10.

h) Figuras e Tabelas – As figuras e tabelas devem ser citadas no texto em ordem seqüencial numérica, escritas com a letra inicial maiúscula, seguidas do número correspondente. As citações podem vir entre parênteses ou integrar o texto. As Tabelas e Figuras devem ser apresentadas no texto, em local próximo ao de sua citação. O título de Tabela deve ser escrito sem negrito e posicionado acima desta. O título de Figura também deve ser escrito sem negrito, mas posicionado abaixo desta. Só são aceitas tabelas e figuras citadas efetivamente no texto.

i) Notas de rodapé – As notas de rodapé devem ser de natureza substantiva (não bibliográficas) e reduzidas ao mínimo necessário.

j) Referências – A palavra Referências deve ser grafada com letras em caixa-alta-e-baixa, alinhada à esquerda da página. As referências devem conter fontes atuais, principalmente de artigos de periódicos. Podem conter trabalhos clássicos mais antigos, diretamente relacionados com o tema do estudo. Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 de Agosto 2002, da ABNT (ou a vigente).

Devem-se referenciar somente as fontes utilizadas e citadas na elaboração do artigo e apresentadas em ordem alfabética.

Os exemplos a seguir constituem os casos mais comuns, tomados como modelos:

Monografia no todo (livro, folheto e trabalhos acadêmicos publicados).

WEBER, M. **Ciência e política**: duas vocações. Trad. de Leônidas Hegenberg e Octany Silveira da Mota. 4. ed. Brasília, DF: Editora UnB, 1983. 128 p. (Coleção Weberiana).

ALSTON, J. M.; NORTON, G. W.; PARDEY, P. G. **Science under scarcity**: principles and practice for agricultural research

evaluation and priority setting. Ithaca: Cornell University Press, 1995. 513 p.

Parte de monografia

OFFE, C. The theory of State and the problems of policy formation. In: LINDBERG, L. (Org.). **Stress and contradictions in modern capitalism**. Lexington: Lexington Books, 1975. p. 125-144.

Artigo de revista

TRIGO, E. J. Pesquisa agrícola para o ano 2000: algumas considerações estratégicas e organizacionais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 9, n. 1/3, p. 9-25, 1992.

Dissertação ou Tese

Não publicada:

AHRENS, S. **A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoamentos de pinus taeda L. através de um modelo de programação dinâmica**. 1992. 189 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Publicada: da mesma forma que monografia no todo.

Trabalhos apresentados em Congresso

MUELLER, C. C. Uma abordagem para o estudo da formulação de políticas agrícolas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 8., 1980, Nova Friburgo. **Anais...** Brasília: ANPEC, 1980. p. 463-506.

Documento de acesso em meio eletrônico

CAPORAL, F. R. **Bases para uma nova ATER pública**. Santa Maria: PRONAF, 2003. 19 p. Disponível em: <<http://www.pronaf.gov.br/ater/Docs/Bases%20NOVA%20ATER.doc>>. Acesso em: 06 mar. 2005.

MIRANDA, E. E. de (Coord.). **Brasil visto do espaço**: Goiás e Distrito Federal. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 1 CD-ROM. (Coleção Brasil Visto do Espaço).

Legislação

BRASIL. Medida provisória nº 1.569-9, de 11 de dezembro de 1997. Estabelece multa em operações de importação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 1997. Seção 1, p. 29514.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 42.822, de 20 de janeiro de 1998. **Lex**: coletânea de legislação e jurisprudência, São Paulo, v. 62, n. 3, p. 217-220, 1998.

5. Outras informações

a) O autor ou os autores receberão cinco exemplares do número da Revista no qual o seu trabalho tenha sido publicado.

b) Para outros pormenores sobre a elaboração de trabalhos a serem enviados à Revista de Política Agrícola, contatar diretamente o coordenador editorial, Mierson Martins Mota, ou a secretária-geral, Regina Mergulhão Vaz, em:

mierson.mota@embrapa.br; telefone: (61) 3448-4336

reginavaz@agricultura.gov.br; telefone: (61) 3218-2209

Colaboração



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Secretaria de Gestão e Estratégia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*



Secretaria de
Política Agrícola

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

