

Biotecnologia Agropecuária: Fator de Inovação e Competitividade

Documentos 204

Biotecnologia Agropecuária: Fator de Inovação e Competitividade

Mauro Carneiro

Américo Craveiro

Joaquim Aparecido Machado

Rodolfo Rumpf

Elíbio Leopoldo Rech

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Serviço de Atendimento ao Cidadão
Parque Estação Biológica, Av. W/5 Norte (Final) –
Brasília, DF CEP 70770-900 – Caixa Postal 02372 PABX: (61) 448-4600 Fax: (61) 340-
3624 <http://www.cenargen.embrapa.br>
e.mail:sac@cenargen.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Sergio Mauro Folle*
Secretário-Executivo: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*
Membros: *Arthur da Silva Mariante*
Maria de Fátima Batista
Maurício Machain Franco
Regina Maria Dechechi Carneiro
Sueli Correa Marques de Mello
Vera Tavares de Campos Carneiro
Supervisor editorial: *Maria da Graça S. P. Negrão*
Normalização Bibliográfica: *Ligia Sardinha Fortes*
Editoração eletrônica: *Maria da Graça S. P. Negrão*
Fabrcio Lopes dos Reis Rodrigues

1ª edição

1ª impressão (2006):

Todos os direitos reservados.

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

B 615 Biotecnologia Agropecuária: fator de inovação e competitividade. / Mauro Carneiro ... [et al.]. – Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.
22 p. (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 0102 – 0110; 204)

1. Biotecnologia. 2. Agropecuária. 3. Inovação. 4. Competitividade. I. Carneiro, M. ... [et al.]. II. Série.

620.8 – CDD 21.

AUTORES

Mauro Carneiro
Gestor do Núcleo Temático de Biotecnologia
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W5 Norte (final)
Caixa Postal 02372 - Brasília, DF - Brasil - 70770-900
E-mail: mauro@cenargen.embrapa.br

Américo Craveiro
Vallé

Joaquim Aparecido Machado
CEBDS Singenta

Rodolfo Rumpf
Pesquisador em Biotecnologia Animal
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W5 Norte (final)
Caixa Postal 02372 - Brasília, DF - Brasil - 70770-900
E-mail: rumpf@cenargen.embrapa.br

Elíbio Leopoldo Rech
Pesquisador em Biotecnologia Vegetal,
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W5 Norte (final)
Caixa Postal 02372 - Brasília, DF - Brasil - 70770-900
E-mail: elbrech@cenargen.embrapa.br

Sumário

Contextualização do Setor	6
Evolução do Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia Agropecuária	10
Política de C,T&I.....	11
Aspecto Institucional.....	11
Marcos Regulatórios.....	12
Recursos Humanos	13
Promoção do Desenvolvimento de Empresas	14
Infra-estrutura.....	18
Programa Nacional de Biotecnologia Agropecuária	19
Agradecimentos	23

Mauro Carneiro

Américo Craveiro

Joaquim Aparecido Machado

Rodolfo Rumpf

Elíbio Leopoldo Rech

Contextualização do Setor

O agronegócio é um dos pilares da economia brasileira respondendo, em 2004, 33% do Produto Interno Bruto (PIB), 42% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros, empregando por volta de 27 milhões de pessoas, 20% do total da força de trabalho do País, segundo dados do MAPA. O Brasil é o maior produtor mundial e exportador de café, cana, açúcar, álcool e sucos de frutas e o segundo maior produtor de soja, milho, carne e frango, possuindo, ainda, o maior rebanho do mundo, com cerca de 183 milhões de cabeças (50% maior que o dos Estados Unidos). Além disso, lidera o ranking das vendas externas de soja, carne bovina, carne de frango, tabaco, couro e calçados de couro. Milho, arroz, frutas frescas, cacau, castanhas, nozes, além de suínos e pescados, são destaques no agronegócio brasileiro. As projeções indicam que o Brasil será, em pouco tempo, o principal pólo mundial de produção de biocombustíveis. Atualmente, o álcool movimenta 15% da frota automotiva do País e, como o álcool pode contribuir para reduzir a emissão de gases poluentes é esperado que a demanda para a exportação de álcool cresça bastante nos próximos anos.

De 1990 a 2003, a produção de carne bovina aumentou 85,2% e a suinocultura cresceu 173,3%. A maioria do rebanho brasileiro, 83%, se encontra em áreas livres da febre aftosa, sendo também considerado pelo Comitê Veterinário da União Européia como área de risco desprezível para a ocorrência do mal da vaca louca.

No setor avícola, o País é o segundo maior do mundo e, possui o terceiro maior rebanho de suínos. Da mesma forma, o território brasileiro está, praticamente, livre de doenças como *Newcastle*, uma ameaça para a produção de frangos, contagiosa para o homem, assim como da peste suína. Não há registro da ocorrência de casos de

influenza aviária, gripe do frango, que também pode ser danosa para o homem. A pecuária brasileira é hoje uma das mais modernas do mundo, ofertando um alto padrão de qualidade dos produtos de origem bovina, suína e de aves.

Portanto, em grande parte, o Brasil é dependente da produção agropecuária primária para geração de emprego, exportações e crescimento do Produto Interno Bruto. O bom desempenho do agronegócio brasileiro é, em certa medida, fruto do desenvolvimento científico-tecnológico, utilização de técnicas modernas na atividade rural e os programas de sanidade animal e vegetal. No entanto, os sistemas agropecuários são pressionados para obter ganhos de produtividade, para alimentar de uma população em contínuo crescimento, erradicar da pobreza, melhoramento de aspectos nutricionais e promoção da segurança alimentar. Diante destes desafios a introdução de tecnologias para a agregação de valor à produção torna-se essencial. Simulações feitas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) demonstram que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento podem elevar a produção de grãos no Brasil a 295 milhões de toneladas, utilizando tecnologia disponível e ainda não adotada, de forma generalizada, pelo sistema produtivo.

O reconhecido potencial do agronegócio brasileiro, a infra-estrutura de pesquisa e desenvolvimento instalada e os avanços que têm sido obtidos configuram um enorme atrativo para investimentos privados em pesquisa e desenvolvimento no País. As inovações tecnológicas podem possibilitar o aumento e diversificação da oferta de alimentos, melhorando os índices de produtividade das colheitas e a produção de alimentos mais nutritivos, resguardando os ambientes naturais da necessidade de expansão das atividades agropecuárias. O desenvolvimento e adoção de novas tecnologias, dirigidas pelas oportunidades de mercado, podem guiar os investimento por intermédio de parceria público-privado para a geração de conhecimento técnico-científico. A intensificação e a diversificação dos sistemas agropecuários resultante contribuirão para a exportação de produtos de alto valor agregado, geração de renda e, conseqüentemente, melhoria da qualidade de vida.

A biotecnologia tem demonstrado, na prática, o seu potencial inovador destacando-se como área portadora de futuro na agropecuária, o que pode transformar-se em uma grande oportunidade para o País devido, principalmente, à vocação do setor produtivo

nacional e a existência de uma base considerável de recursos genéticos e da biodiversidade.

Como uma visão prospectiva de futuro da biotecnologia agropecuária, pode-se prever os seguintes avanços, entre outros: 1) Novos híbridos, especialmente para os cultivos de auto-polinização, baseados no sistema de proteção de tecnologia (TPS) e macho-esterilidade molecular; 2) Apomixia, de modo a fixar vigor híbrido nas culturas tradicionais; 3) Plantas resistentes a fatores bióticos e abióticos; 4) Plantas com alto valor nutricional (aminoácidos, vitaminas, óleos e ferro); 5) Plantas mais eficientes na absorção de fósforo, na fixação de nitrogênio e atividade fotossintética; 6) Melhoria nas qualidades relacionadas a pós-colheita e abate; 7) Plantas e animais como bioreatores para produção de biomoléculas; 8) Biomaterias para a indústria; 9) Clones de animais de interesse econômico e para a preservação de espécies nativas ameaçadas, em escala comercial; 10) Animais transgênicos com resistência a doenças; 11) Vacinas para doenças para as quais não há imuno-profilaxia e vacinas que possibilitem a diferenciação de animais infectados dos vacinados; e 12) Animais compostos, com qualidade diferenciada e grau de sangue definido segundo a produtividade e o ecossistemas de exploração.

Entre os principais desafios para o desenvolvimento da biotecnologia agropecuária no País, destaca-se a inexistência de uma agenda de pesquisa integrada voltada para a inovação, instabilidade dos investimentos do setor público, falta de uma estratégia de curto, médio e longo prazo para a criação e estabelecimento de microempresas.

O setor produtivo privado internacional tem sido um beneficiário histórico do conhecimento gerado pela ciência mundial, utilizando-o para o desenvolvimento de produtos biotecnológicos. Mais recentemente, observam-se também os resultados obtidos por estratégias, ainda que incipientes, de desenvolvimento científico e tecnológico que contemplam a cooperação do setor público e privado na produção de bens de consumo. Exemplo clássico de transferência de tecnologia são as linhagens de trigo de porte reduzido, cujo gene responsável por essa característica foi introduzido, por metodologia convencional de melhoramento, em muitas cultivares comerciais de todas as regiões produtoras de trigo. Isso provocou uma mudança drástica nas práticas agrônomicas, pela maior utilização de insumos modernos que favorecem o aumento de

produtividade, gerando uma etapa do desenvolvimento da economia agrícola conhecida como Revolução Verde.

A Revolução Verde abriu a possibilidade para companhias privadas ampliarem sua atuação no mercado de sementes e de suprimentos agropecuários. Com o advento da engenharia genética, as tecnologias foram, em sua grande maioria, apropriadas pelas grandes corporações, resultando na oferta de diferentes produtos e um mercado altamente concentrado, com poucos atores. A expansão dos conglomerados transnacionais, que dominam os diferentes aspectos da produção agropecuária no mundo, teve como conseqüência a aquisição das empresas privadas nacionais de sementes. O controle das companhias transnacionais sobre o mercado de variedades e insumos tem sido considerado como um aspecto que contribui para o problema da aceitabilidade dos transgênicos.

O programa de transferência de tecnologia da Revolução Verde teve êxito, considerando o aumento de produção de alimentos, embora, conforme diversas análises econométricas e ambientais evidenciam, tenha também favorecido a importantes distorções na distribuição de alimentos, ocupação e uso do solo, além de impactos ambientais indesejáveis, em função do uso inadequado de insumos.

A transferência e adaptação de tecnologias para as realidades locais foram realizadas, principalmente por organizações públicas, nacionais e internacionais, com o objetivo de construir a capacidade de pesquisa, aumentar produção e oferta de alimento. Mas, diferentemente da biotecnologia atual, as tecnologias da Revolução Verde eram relativamente simples e de custo reduzido, não envolvendo, diretamente, questões de propriedade intelectual.

Portanto, a parceria entre os setores público e privado, nacional e internacional, mais uma vez, torna-se fundamental para o desenvolvimento, geração e adoção das novas tecnologias e seus produtos nos países em desenvolvimento.

A segmentação do mercado e a negociação do acesso às ferramentas e tecnologias dos respectivos proprietários podem ser fatores importantes para a estratégia de desenvolvimento da biotecnologia no País. Portanto, seria desejável o estabelecimento de condições práticas efetivas para interação entre os setores público e privado,

incentivando ações complementares e cooperativas de forma a explorar amplamente o potencial da biotecnologia em benefício da sociedade.

O advento das novas tecnologias e a possibilidade de sua utilização generalizada resultou na necessidade do fortalecimento dos direitos de propriedade intelectual no mundo, de forma a proteger as inovações desenvolvidas. Entretanto, isto tem criado barreiras para o processo de colaboração de pesquisa e transferência internacional de tecnologia para os países em desenvolvimento, como o Brasil. Além do mais, o custo elevado de patenteamento e manutenção das patentes internacionalmente dificultam a proteção das tecnologias por partes destes países. Adiciona-se a este aspecto a necessidade de cumprir com as normas de certificação internacionais, de qualidade e ambiental, exigidas pelos importadores, e a complexidade das análises de segurança alimentar e ambiental. O alto custo destes processos torna-se uma barreira para a comercialização dos novos produtos no mercado internacional, por parte dos países em desenvolvimento. Neste contexto, a parceria público/privada é, também, um elemento essencial para a geração e utilização efetiva de inovações biotecnológicas na agropecuária.

No entanto, ao contrário das grandes culturas de interesse comercial, a questão do desenvolvimento científico e tecnológico e geração de produto de interesse, especificamente, social ou estratégico fica desguarnecida. Daí a necessidade de construção de um setor público forte, com o espaço de atuação definido sob um planejamento estratégico baseado nas potencialidades internas e a realidade dos mercados, e atrelado a fontes estáveis de financiamento.

Os países desenvolvidos, tal como ocorreu na Revolução Verde, podem ter um papel decisivo neste sentido, como fonte de financiamento de pesquisas e desenvolvimento em biotecnologia agropecuária e, facilitando o estreitamento de seus próprios sistemas públicos de pesquisa, detentores de inúmeras patentes na área, com aqueles dos países em desenvolvimento.

Evolução do Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia Agropecuária

Dado as características específicas do setor público e privado nacional, o estágio tecnológico, recursos da biodiversidade e os nichos de mercados que ocupamos no mercado internacional, entre outras, algumas ações governamentais poderiam

alavancar o desenvolvimento da biotecnologia, como alternativa para a intensificação, diversificação e transformação da produção agropecuária.

Neste sentido, três aspectos gerais poderiam ser considerados: 1) A utilização das tecnologias já desenvolvidas; 2) A capacidade de inovação, fortemente ancorada na ciência e tecnologia; e 3) A conversão das descobertas e conhecimentos em produtos. O sucesso desta empreitada depende da evolução do nosso sistema de inovação, envolvendo o governo, agência financiadoras, academia e empresas de pesquisa, agentes de transferência de tecnologia e o próprio setor produtivo.

Política de C,T&I

A principal tarefa do governo seria a de reorientar as políticas de desenvolvimento e suporte para incentivar e contemplar novas formas de crescimento econômico, tendo como base o desenvolvimento científico e tecnológico. Neste sentido, eleger C,T&I como fator de desenvolvimento industrial, identificar lacunas de conhecimento, nichos de mercado, promover a pesquisa fundamental, promover o aprendizado tecnológico, difusão e transferência de tecnologia e marketing são pilares importantes de uma política que considere a inovação como fator essencial para a competitividade da indústria.

A política de desenvolvimento da biotecnologia no País é, muitas vezes, discutida focalizando as novas tecnologias sem considerar o contexto onde as mesmas seriam aplicadas e a capacidade tecnológica para a absorção das mesmas. O incentivo à constituição de fundos de pesquisas com estreitos vínculos e participação efetiva do setor produtivo pode ser uma alternativa interessante a ser considerada.

As transformações econômicas, tendo como base o conhecimento, requerem mudanças institucionais que permitam que a evolução tecnológica ocorra. Este desafio envolve o governo, academia, indústria e sociedade civil, em constante ajuste, sem o qual é impossível operar as mudanças desejadas.

Aspecto Institucional

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem sido fundamental para o desenvolvimento do agronegócio no País, gerando novas técnicas agrícolas, pecuárias e contribuindo com o desenvolvimento da agroindústria. A Embrapa lidera o

Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), uma rede de pesquisa composta por suas unidades de pesquisa e desenvolvimento no País, os Laboratórios Virtuais (Labex), implantados nos Estados Unidos e na Europa (França), as empresas estaduais, algumas universidades e instituições privadas.

No entanto, o setor público nacional, como um todo, representado pelas instituições de ciência e tecnologia, tais como Universidades, Institutos de Pesquisa e Empresas Públicas, carece da agilidade institucional adequada para atuar na ponta e para a geração de produtos propriamente ditos, estando, na prática, dependente de parcerias com o setor privado para exercer este papel. Adicionalmente, o custo de geração produtos biotecnológicos, como substâncias naturais bioativas ou plantas transgênicas, por exemplo, é extremamente elevado o que torna essencial a definição dos papéis do setor público e privado e uma política sustentável de apoio à implementação das parcerias entre estes setores.

Neste sentido, os produtos considerados prioritários, mas que não despertam o interesse do setor privado poderiam ser desenvolvidos pelo setor público. Para isso, seria importante a evolução das leis que regem o sistema público de pesquisa, para que este possa atuar na ponta, proteger suas tecnologias e gerar produtos acabados com a necessária agilidade.

A operacionalização institucional do sistema público de pesquisa deveria ser modernizada, tendo a ciência como base do processo de inovação. Isto inclui a capacitação e profissionalização gerencial, criação e fortalecimento dos Núcleos de Propriedade Intelectual e Negócios e a adoção efetiva de mecanismos que estimulem a criatividade, tais como a participação dos inventores nos lucros das tecnologias e produtos desenvolvidos.

Marcos Regulatórios

Uma política apropriada para o desenvolvimento da biotecnologia deve estar baseada em uma estrutura regulatória ágil e eficaz. O arcabouço legal existente no País, compreendendo a Lei de Acesso, Lei de Biossegurança e Lei de Patentes, necessita de ganhar a agilidade necessária para alavancar o desenvolvimento de inovações tecnológicas. Mais recentemente, a Lei de Florestas também não cria mecanismos

eficientes que facilitem o acesso do sistema público de pesquisa e desenvolvimento às áreas de florestas, para a geração de inovações.

A Lei de Acesso, na prática, tem representado um entrave para o desenvolvimento de inovações, dependentes do uso da biodiversidade. Uma alternativa para a proteção do conhecimento tradicional e estímulo ao acesso à biodiversidade, poderia ser a criação de um Sistema Nacional de Registro de Conhecimento Tradicional, de forma a definir clara e objetivamente as características e as fontes de material a ser protegido.

A Lei de Biossegurança, apesar dos avanços, precisa ser implementada de forma a conferir a devida eficiência e eficácia aos trâmites de autorizações e testes de produtos. Seria importante considerar, ainda, que o caráter de novidade dos transgênicos gerou uma série de procedimentos de biossegurança, de custo excessivamente elevado, o que tem inviabilizado a geração de produtos comercializáveis pelo sistema público de pesquisa.

Em relação à Lei de Patente, o patenteamento de genes e substâncias bioativas naturais não é permitido no País, mas, como signatários dos acordos e tratados que regem o comércio internacional, nossos produtos de exportação estão sujeitos aos padrões e regulação técnica e às leis de propriedade intelectual de outros países, que permitem o patenteamento dos genes e substâncias. Daí a necessidade de que esta questão seja reconsiderada, avaliando-se os custos e benefícios de cada legislação.

Recursos Humanos

A reestruturação institucional deveria ser acompanhada do fortalecimento das bases de recursos humanos e, conseqüentemente, da estrutura curricular, com ênfase em C,T&I. Subáreas, tais como: genética, biologia molecular, imunologia, bioquímica, fitoquímica, bioinformática, nanobiotecnologia, fermentação, escalonamento, bioengenharia, propriedade intelectual e empreendedorismo deveriam ser contempladas, especialmente. O sistema público de ciência e tecnologia atual precisaria ser fortalecido para que possa dar respostas concretas, em termos de desenvolvimento de produtos acabados e inovadores.

A cultura de incentivo aos cientistas, via Bolsas de Produtividade do CNPq, essencial para a formação de massa crítica e incremento da produção nacional de artigos científicos, poderia sinalizar C,T&I como prioridade (e.g.: Bolsa de Inovação Científica e Tecnológica). O privilégio de acesso eletrônico aos periódicos científicos internacionais

no País, por intermédio do Portal CAPES, poderia ser viabilizado para todo o sistema público de pesquisa.

Como a biotecnologia é uma área em constante e rápida evolução, os programas de treinamento deveriam ser incrementados para aprimorar e atualizar os recursos humanos que, juntamente com o apoio financeiro guiado por um planejamento estratégico, pode resultar no fortalecimento das capacidades nacionais em biotecnologia, na independência tecnológica e na geração de inovações. É erro de visão considerar o ensino superior e a C,T&I um luxo, irrelevante para as necessidades imediatas do País. No entanto, seria importante criar oportunidades para absorção de um grande número de doutores que vem sendo formados em biotecnologia e áreas correlatas.

Promoção do Desenvolvimento de Empresas

A globalização, a homogeneização das leis que regem o comércio internacional e a adoção da propriedade intelectual no País criou um ambiente propício para a aquisição das empresas nacionais pelos grandes conglomerados transnacionais. Especialmente, isto ocorreu no setor sementeiro e, também na produção de substância naturais bioativas, como no caso da Biobrás, que desenvolveu tecnologia de escalonamento e produção de insulina, produto de nossa pauta de importação e considerado estratégico. Portanto, seria recomendável não apenas o incentivo à criação de microempresas, mas também uma política estável de proteção e incentivos às mesmas, tais como tributários, por exemplo.

A rota de incubadoras de empresas de base tecnológica, utilizada com sucesso em alguns países em desenvolvimento, deveria ser priorizada, obedecendo à lógica da oportunidade dos espaços operacionais abertos.

A recente expansão da economia mundial e a globalização dos mercados promoveram o incremento substancial da movimentação de mercadorias e da possibilidade de introdução de pragas exóticas. Da mesma forma, os acordos internacionais que tratam do estabelecimento de medidas sanitárias forma implementados visando fortalecer o mercado seguro de commodities e garantir a proteção da fauna e flora dos países. Portanto, torna-se essencial o desenvolvimento e integração de conhecimentos multidisciplinares para o estabelecimento e utilização de inovações, garantindo a segurança biológica e a biossegurança da produção agropecuária. A contribuição da

agropecuária para a economia nacional, contraposta aos riscos associados a eventual introdução de pragas e doenças exóticas, não deixa dúvidas sobre a necessidade de incentivos no estabelecimento de empresas para a certificação, rastreabilidade e detecção, que tenham a precisão requerida internacionalmente.

Portanto, a criação de Empresas em áreas como diagnóstico molecular, certificação, rastreabilidade, produção de mudas, fertilização “in vitro”, clonagem, entre outras, poderiam aportar competitividade e qualidade a inúmeros produtos em desenvolvidos e em desenvolvimento no País.

As Plataformas Tecnológicas, onde as tecnologias genéricas são processadas, representam bases importantes para a criação de novas empresas e o fortalecimento das já existentes. A título de exemplo, a Plataforma Genômica pode gerar conhecimentos e tecnologias para o manejo de pragas e doenças e a possibilitar a criação de empresas em diagnóstico molecular.

O Brasil, por ser signatário de acordos internacionais e membro das organizações que promovem aos valores de segurança alimentar e ambiental, necessita de assegurar que suas instituições de pesquisa que desenvolvam e validem novas tecnologias que dêem suporte técnico a um sistema inteligente de defesa agropecuária. A pesquisa científica tem um papel fundamental, gerando inovações e estabelecendo metodologias eficientes, rápidas e seguras para a identificação e diagnose de pragas, doenças e introdução de variedades que possam representar potenciais danos econômicos, ambientais e sociais. Metodologias para identificação e diagnóstico, rápido e seguro de patógenos, genes, proteínas e subprodutos biológicos podem ser desenvolvidas e validadas, utilizando-se abordagens modernas. Estas abordagens facilitam a identificação de vírus, por exemplo, não requerendo número elevado de espécimes, estágio de desenvolvimento adulto e a presença de indivíduos de ambos os sexos. Estes condicionantes destoam das situações que são normalmente demandadas para identificação: presença de um número mínimo de patógenos (às vezes mortos) e estado juvenil de desenvolvimento. A multiplicação do número de patógenos, via cultivo, é uma atividade de risco, quando se trata de pragas, inexistentes no território nacional, necessitando-se de laboratórios de segurança P2 ou P3. O problema é ainda mais complexo, pois a biologia do patógeno pode ser desconhecida, o que demanda estudos prévios de condições de crescimento, entre outras, o que contrasta com as necessidades de detecção e determinação rápida e eficiente das espécies.

O uso de ferramentas modernas de imunologia, biologia molecular e de técnicas proteômicas permitem a identificação rápida e segura de organismos e, têm como base na existência de características moleculares diferenciais precisos, independente do estágio de desenvolvimento, sexo ou quantidade. Os marcadores moleculares vêm sendo utilizados em associação a estudos de identificação de espécies e raças, bem como para o estabelecimento de relações filogenéticas entre diferentes espécies ou populações e a construção de mapas genéticos de interesse econômico.

Na pecuária, doenças como o mal da vaca louca e da gripe aviária tem preocupado as autoridades sanitárias, não somente pelo eventual impacto na produção e exportação, mas, especialmente, pelo potencial risco de contaminação da população. A microscopia de força atômica (MFA) pode determinar diferenças características de um tipo de estrutura morfológica e, associada a espectrometria de massa MALDI-MS *Imaging*, pode revelar a distribuição espacial *in situ* de uma determinada proteína e quantificar fragmentos protéicos específicos. A escala nanométrica atingida pela MFA, assim como as concentrações nanomolares de proteína que podem ser detectadas por espectrometria de massa, torna este método ao menos dez mil vezes mais sensível que os testes comumente utilizados em identificação de patógenos, utilizados regularmente. De maneira similar, o desenvolvimento de metodologias para a detecção e identificação do vírus H5N1, da gripe aviária, é extremamente importante a avaliação de material importado pelo País, de forma a proteger a produção nacional de frangos e a eventual disseminação da doença. Como o genoma do vírus e de suas variantes são conhecidos, assim como suas respectivas proteínas, é possível desenhar e validar estratégias de detecção utilizando a espectrometria de massa. Neste sentido, a identificação de proteínas virais ou seus peptídeos representam uma alternativa direta e segura de diagnóstico.

Outra demanda que tem despertado a atenção do Ministério da Agricultura é a identificação, rastreabilidade, certificação e estudos pós-liberação de transgênicos. O Brasil cultiva soja transgênica em mais de 9 milhões de hectares, o que lhe confere a destacada posição de terceiro maior produtor de culturas transgênicas do mundo. Atualmente, várias estratégias e eventos foram desenvolvidos e estão sendo utilizados comercialmente nos diversos países. Em alguns casos, como as estratégias de proteção tecnológica (*TPS* e *GURT*), que expressam genes letais em órgãos reprodutivos, produzindo sementes suicidas, a identificação dos transgenes é dificultada por não carregarem resistência a um agente seletivo específico e de fácil detecção.

Além disso, a tendência atual é o desenvolvimento de transgênicos sem uso de agentes seletivos, requerendo, mais e mais, a detecção via sondas moleculares. O inventário destes eventos e genes, a geração de primers específicos com o auxílio da bioinformática e a validação destes em laboratório poderá disponibilizar ferramentas para a rastreabilidade de transgênicos, certificação e avaliação pós-liberação comercial. O desenvolvimento do *PCR* e o *PCR* quantitativo, evento específicos, são essenciais para detecção em condições laboratoriais e para os estudos pós-liberação comercial. O acompanhamento em campo pode fornecer subsídios técnicos que orientem políticas públicas, possibilitem o cultivo de transgênicos no País de forma segura e responsável e que promovam a preservação da identidade das espécies silvestres.

Outro aspecto a ser considerado é a exportação de grãos transgênicos, ultimada após uma cadeia de processos passando pela multiplicação de sementes, plantio e análise em campo, aquisição de grãos por cooperativas ou grandes empresas agrícolas até o deslocamento aos portos para exportação ao país destino. Os elos desta cadeia devem ser monitorados por técnicas adequadas para garantir a identidade do produto e, especialmente, as etapas que envolvem a análise em larga escala de sementes, antes do embarque.

Portanto, a criação e o fortalecimento das empresas na área de certificação e rastreabilidade e a integração das mesmas na economia global, como a implantação no exterior, por exemplo, seria um componente a ser considerado, sobretudo à luz das barreiras técnicas vinculadas ao processo de exportação. O desenvolvimento da capacidade de pesquisa e desenvolvimento de produtos, em consonância com a cadeia global de valores, possibilita o aprendizado tecnológico, o direcionamento do processo de inovação e diferenciação de produtos e o aumento das oportunidades de negócios. Neste contexto, além dos mecanismos gerais de investimentos, seria importante criar incentivos que incrementem a pesquisa e desenvolvimento em temas de interesse empresarial, e a contratação de jovens cientistas, em regime de pós-doutorado pela Empresas e bolsas de mestrado e doutorado.

Esta estratégia deveria ser considerada como opção para a obtenção de resultados a curto e médio prazo. Igualmente importante, o incentivo às indústrias de transformação, como uma alternativa para viabilizar a agregação de valor à produção primária, por intermédio da organização do conhecimento, tecnologias disponíveis e, em casos específicos, ações de pesquisa e desenvolvimento pra a superação de gargalos

tecnológicos. Ressalta-se, neste caso, o aproveitamento de subprodutos do abate de animais, como enzimas, colágeno e produção de válvulas cardíacas, entre outros. A criação de Parques Tecnológicos, a exemplo da proposta da UNICAMP/CPD/FITEC, poderia ser incentivada, considerando o aspecto regional e a proximidade física das infra-estruturas de pesquisa e desenvolvimento (Institutos, Universidades e Empresas Públicas) e o ambiente empresarial.

Infra-estrutura

A infra-estrutura do sistema público de ciência e tecnologia deveria ser considerada no processo de mudança. Não de forma desconectada da política de inovação, mas obedecendo a redefinição de áreas consideradas estratégicas. Como a infra-estrutura relacionada à biotecnologia e a manutenção da mesma é, de maneira geral, bastante cara, a criação, desenvolvimento e fortalecimento das Plataformas Tecnológicas Básicas, podem ser alternativas para permitir a geração de inovações. O funcionamento destas plataformas, com foco nas questões atuais, mas com visão estratégica de futuro, de maneira sinérgica, deve impactar a médio e longo prazo o desenvolvimento econômico. Entre as Plataformas Tecnológicas Básicas, consideradas estratégicas no sentido de potenciação da geração de inovações em biotecnologia agropecuária, seria importante considerar: 1) Genoma e Proteoma; 2) Teste de Função de Genes e Elementos Regulatórios; 3) Regeneração e Transformação; 4) Segurança Ambiental e Alimentar; 5) Química de Proteínas e Fitoquímica; 7) Seleção e multiplicação animal assistida; 8) Vacinologia; 9) Biofábricas; e 10) Nanobiotecnologia.

Além disso, existe uma deficiência no País nas tecnologias de escalonamento, que pode ser sanada com investimentos no setor, formação de recursos humanos e interação com Empresas que possuam este *know-how*.

Não menos importante, a ótica de uso de recursos genéticos e biodiversidade requer a criação e fortalecimento e aperfeiçoamento, como a informatização, por exemplo, dos Bancos de Germoplasmas animais, vegetais e microorganismos.

Outro aspecto a ser considerado é a questão dos insumos para pesquisa científica. O processo atual de importação é moroso e, geralmente, o custo no dos reagentes no País é cerca de três vezes o do mercado internacional, atrasando e onerando os projetos de pesquisa. A solução poderia ser o incentivo à produção local dos mesmos, via criação ou implantação de empresas produtoras no País. Outra alternativa, com

impacto positivo imediato, seria a extinção das alíquotas e a desburocratização do processo de importação.

A criação de ambientes propícios para a transferência de tecnologia, a utilização da infra-estrutura e a incubação de empresas é um instrumento essencial para o desenvolvimento e geração de produtos.

Programa Nacional de Biotecnologia Agropecuária

O caminho da inovação desponta como uma alternativa promissora para sustentar a competitividade e expansão da pauta de exportação e, eventualmente, para a substituição de alguns produtos importados, garantindo a independência tecnológica. A longo prazo, a adoção efetiva da ciência e tecnologia como instrumento de inovação é uma importante fonte de desenvolvimento econômico, possibilitando a interação conseqüente das instituições públicas, geradoras de conhecimento, e as empresas, que convertem o conhecimento em tecnologias e produtos.

A riqueza da biodiversidade tropical sugere a agregação de valor como opção estratégica para o setor agropecuário, por intermédio do desenvolvimento e disponibilização de produtos, processo e inovações tecnológicas.

Para isso, a inovação, como motor da transformação do conhecimento, poderia nortear um programa de desenvolvimento de produtos de alto valor agregado a partir da base de recursos genéticos e da biodiversidade. Dentre tais produtos poderíamos citar: substâncias pesticidas naturais, biopolímeros, aditivos, corantes, essências nativas, fitoterápicos, fármacos de interesse veterinário, alimentos funcionais, nutracêuticos, kits de diagnóstico, genes e seus constituintes, transgênicos, entre outros.

Nos últimos anos, a bioinformática tem sido essencial as pesquisas em biotecnologia. Programas computacionais têm sido desenvolvidos, permitindo a integração e análise de dados gerados pelo sequenciamento de ácidos nucléicos e proteínas e, estudos de estrutura e função, entre outros. Com os recentes avanços da proteômica, com a geração de informações em larga escala, torna-se necessário o desenvolvimento de ferramentas de bioinformática associadas à proteômica, de forma a permitir a análise de dados, integração e testes comparativos para a identificação de peptídeos específicos. Como a grande maioria dos produtos que compõem nossa base alimentar e a agricultura nacional é exótica e, possui uma base genética relativamente estreita, as características desejáveis de qualidade e resistências aos estresses bióticos e

abióticos, por exemplo, passíveis de serem encontradas na biodiversidade tropical, podem ser pesquisadas e transferidas via engenharia genética.

Da mesma forma, as tecnologias de desenvolvimento e/ou produtos intermediários tais como: cultivares, metodologias de transformação, novos genes e seus constituintes, são etapas tecnológicas passíveis de apropriação, negociação e essenciais para a geração de novos produtos de alto valor agregado.

Em relação ao cultivo de transgênicos no País, seria importante considerar a necessidade de se preservar a identidade das lavouras e o direito de cultivo dos agricultores. Portanto, torna-se necessário que os estudos de fluxo de pólen e barreiras de isolamento sejam feitos a fim de garantir a não transferência do transgene para plantios convencionais e orgânicos, nas áreas de cultivo, evitando-se questões comerciais, como o uso involuntário da tecnologia do transgênico. O desenvolvimento de mecanismos de preservação da identidade das variedades e co-existência entre variedades transgênicas e não transgênicas é, ainda, importante para a produção de sementes certificadas.

A exploração da biodiversidade para o desenvolvimento de biomateriais surge como uma opção estratégica atrativa para a indústria. Neste caso, quando envolver a transgenia, o custo de desenvolvimento relativo à biossegurança, seria minimizado. Produtos da biodiversidade tropical como substâncias naturais pesticidas, poderiam revolucionar a indústria de agroquímicos atual, substituindo produtos de uso controlado e que podem causar sérios danos ambientais e para a saúde humana e animal.

A biodiversidade tropical e a alta tecnologia poderiam, também, estar associadas à Marca Brasil, auxiliando na fixação uma imagem e na promoção dos produtos.

A maioria da biodiversidade do planeta está localizada nos países em desenvolvimento, como estava no passado no caso dos cultivos que hoje são regularmente usados como fonte de alimento no mundo. As características valiosas são tradicionalmente conhecidas e, muitas vezes, utilizadas pelos povos, incluindo cosméticos, inseticidas naturais, fármacos, temperos, e fragrâncias. Até agora, nenhuma compensação tem sido dada aos centros de origem dos materiais biológicos. Com a Convenção da Biodiversidade, a soberania de cada país sobre a sua biodiversidade foi reconhecida. É esperado que as companhias de bioprospecção, hoje beneficiárias da Lei de Florestas, compartilhem benefícios, sendo que a transferência de tecnologia poderia ser um dos itens que poderiam ser negociados. O conhecimento tradicional é como bússola que orienta a varredura da biodiversidade em busca que

características especiais. Portanto, reduz enormemente os custos de desenvolvimento e produção de inovações.

O êxito e a adoção generalizada da biotecnologia para o desenvolvimento da agropecuária podem depender do equacionamento das questões do direito e acesso aos bancos de germoplasma, biodiversidade, propriedade intelectual, conhecimento tradicional e descobertas científicas numa nova ordem internacional, onde a tecnologia seja, efetivamente, um instrumento para ajudar os povos a cruzar a ponte do desenvolvimento.

Considerando os aspectos gerais supracitados e o estágio científico e tecnológico atual do conhecimento, os seguintes temas referenciais foram considerados como prioritários, no âmbito do Fórum de Competitividade, para o desenvolvimento da Biotecnologia Agropecuária no País:

1. Desenvolvimento e aplicação da fitoquímica, genômica e proteômica na biodiversidade, visando a descoberta de genes e características especiais, como substâncias naturais bioativas de importância no metabolismo e para o controle de pragas e doenças;
2. Genotipagem como ferramenta para isolamento de genes, caracterização e seleção assistida, para o melhoramento genético animal e vegetal;
3. Pós-genômica: Identificação de função de novos genes e seus constituintes, bioinformática e novos processos biotecnológicos;
4. Introdução de genes em variedades comerciais de plantas e animais, gerando variabilidade genética de interesse para a agricultura e pecuária;
5. Desenvolvimento de tecnologias biológicas associadas à reprodução animal e vegetal para a conservação e multiplicação;
6. Desenvolvimento de vacinas, fármacos, kits de diagnóstico e probióticos baseados em informações genômicas;
7. Desenvolvimento de bioprocessos para produção em escala industrial de vacinas, fármacos e insumos biológicos (inoculantes para leguminosas, biopesticidas, inóculos para silagem, etc)
8. Desenvolvimento das nanobiotecnologias associadas à liberação controlada de medicamentos e antígenos, incluindo técnicas de encapsulamento;
9. Desenvolvimento de biofábricas moleculares para produção de compostos de alto valor agregado;

10. Desenvolvimento de novos sistemas para o rastreamento e manejo de animais, incorporando outras funções de interesse com alta confiabilidade e baixos custos;
11. Desenvolvimento de tecnologias de análise molecular para a detecção de pragas e doenças e para garantir a segurança alimentar e ambiental;
12. Tecnologia de evolução direcionada e informática associada;
13. Desenvolvimento de tecnologia para a preservação da identidade e co-existência de variedades transgênicas e não transgênicas.

Entre os possíveis produtos que poderiam ser focalizados dentro dos temas sugeridos, destacam-se as substâncias pesticidas naturais contra pragas e doenças, clones de animais superiores; vacinas contra parasitas como carrapato, babesia e anaplasma, e insetos como mosca-do-chifre; biopolímeros de uso na indústria; sistemas de liberação controlada de fármacos e fertilizantes; linhagens nacionais para a avicultura e suinocultura; nutracéuticos (manipulação de teores) e derivados de cereais com alto valor agregado.

O estabelecimento de um Programa Nacional em Biotecnologia Agropecuária, tendo como base a exploração da biodiversidade brasileira e variedades locais e com foco na agregação de valor, utilizando ferramentas avançadas, poderá permitir ao País a apropriação de características especiais e o desenvolvimento de novos processos, produtos e serviços. A frutificação de tal esforço de pesquisa envolve, necessariamente, o capital humano das Universidades, Institutos e Empresas públicas e privadas, integrado em uma rede de trabalho de pesquisa e produção, o que poderá colocar o País na vanguarda do desenvolvimento da biotecnologia agropecuária.

O uso adequado da biotecnologia moderna, tendo como premissa os pilares: agropecuária, alimentação, saúde e ambiente representa um fator essencial para a competitividade, sustentabilidade ambiental, segurança alimentar, inclusão social e soberania.

Agradecimentos

Este documento foi construído no âmbito do Fórum de Competitividade – Grupo de Trabalho 4 (GT 4), durante o ano de 2005, sob coordenação de Américo Craveiro e Mauro Carneiro. Além dos autores, participaram ainda das discussões do GT 4 os seguintes componentes: Alexandre Ribeiro Pereira Lopes – MDIC, Diva B. Arrepiá – ABIFINA, Hélen de Aguiar – SINDBIO, José Garcia Gasques – IPEA, Jorge Alberici – ABIFINA, Júnia Cristina Conceição – IPEA, Luciana Pessoa – CEO – YBIOS/CVC/Opportunity, Luiz César A. Guedes – ABIFINA, Rogério Edvaldo Freitas – IPEA e Zich Moysés Junior – MDIC, aos quais agradecemos pelas contribuições.