

A dinâmica da pesquisa em redes: avanços e desafios do seqüenciamento genético da vassoura de bruxa e do eucalipto

Eliane Laranja Dias*

Maria Beatriz Machado Bonacelli**

Débora Luz de Mello***

Resumo A pesquisa em redes tem se destacado como uma forma importante de organização dos trabalhos em genômica. Dois projetos conduzidos recentemente no Brasil – um sobre a *Moniliophthora (ex Crinipellis) perniciosa*, agente causador da doença vassoura de bruxa em cacau, e outro sobre o seqüenciamento do eucalipto – possibilitam essa afirmação. Este artigo analisa a dinâmica e o funcionamento dessas redes de pesquisa e sua importância como geradoras de conhecimento e inovações, evidenciando as diferenças na concepção, evolução e integração entre atores. Os resultados obtidos apontam o impacto positivo dessas ações (sem desconsiderar os riscos inerentes) e fornecem elementos para a implementação de políticas públicas para o desenvolvimento de arranjos cooperativos em áreas estratégicas.

Palavras-chave redes de pesquisa, organização da ciência e da tecnologia, pesquisa em genômica, dinâmica inovativa

The dynamics of research in networks: progress and challenge in DNA sequencing of witches' broom and eucalyptus

Abstract Network organization has been key for genomics research. Two research projects recently conducted in Brazil - one focused on *Moniliophthora perniciosa*, which causes witches' broom (vassoura de bruxa) disease in cocoa, and the other on eucalyptus – were selected to discuss this statement. This article analyzes the dynamics and functioning of both networks and their importance in generating knowledge and innovation, pointing out the differences in project conception and evolution and in integration between actors. Results obtained highlight the strongly positive impact of these networks and provide some guidelines for public policy directed to the development of cooperative arrangements in strategic areas.

* Mestre em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Coordenadora Executiva de Projetos do Laboratório de Proteômica. Contato: Departamento de Genética e Evolução, Instituto de Biologia (IB), Unicamp. CEP: 13083-970, Caixa-Postal 6109, Campinas - SP; telefone (19) 35216238 e e-mail elianeld@ige.ibi.unicamp.br

** Doutora em Ciências Econômicas pela Université de Sciences Sociales de Toulouse (França), professora do Departamento de Política Científica e Tecnológica, (DPCT/IG), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).e Coordenadora do Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (GEOPI/DPCT/Unicamp). Contato: DPCT/IG/Unicamp, CEP: 13083-970, Caixa Postal 6152, Campinas - SP; telefone (19) 3521-4597 e e-mail bia@ige.unicamp.br

*** Doutora em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Contato: Rod. Celso Garcia Cid, km 375. Caixa Postal 481 CEP: 86.001-970. Londrina – PR; telefone (43) 3376-2192 e e-mail deboramello@sercomtel.com.br

Keywords research networks, science and technology organization, genomics research, innovative dynamics

Introdução

Este artigo discute a formação, a implementação, o desenvolvimento e alguns dos principais resultados de duas redes de pesquisa em genômica: a do fungo *Moniliophthora perniciosa*, causador da doença vassoura de bruxa em cacau, e a do *Genolyptus*, que tem como foco o eucalipto. A primeira, com forte viés de política pública, procura enfrentar um dos principais problemas fitopatológicos do país - o ataque de fungos nos cacauzeiros – e resgatar uma atividade de grande importância econômica e social, notadamente na Bahia, problema que influencia toda a cadeia chocolateira nacional. A segunda, formada por uma rede nacional de pesquisa pré-competitiva em eucalipto, visa aumentar a produtividade e, conseqüentemente, a competitividade de um dos setores de destaque na geração de divisas para o Brasil – o de papel e celulose.

O objetivo deste trabalho é o de analisar os aspectos relacionados à dinâmica e funcionamento de redes de pesquisa e sua importância como geradoras de conhecimento e inovações. Procurou-se, desta forma, compreender melhor os processos de desenvolvimento da pesquisa cooperativa, a difusão e o uso dos conhecimentos científicos e tecnológicos gerados por essas redes genômicas, evidenciando as principais diferenças na concepção e evolução das mesmas nos dois casos citados.

O trabalho compreendeu a coleta de dados primários e secundários, por meio de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental (projetos, relatórios da pesquisa, dentre outros), questionários semi-estruturados enviados aos atores participantes das duas redes genômicas e entrevista com seus coordenadores.

O artigo está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. A próxima seção aborda alguns conceitos sobre a constituição de arranjos cooperativos como as redes de pesquisa, incluindo as genômicas. A terceira seção apresenta a constituição das duas redes estudadas, as motivações para sua implementação, os atores que dela participam, seus principais objetivos e características. A quarta seção apresenta alguns indicadores para a avaliação das redes: produção científica, formação de recursos humanos, novos recursos financeiros derivados dos projetos e impactos sobre a organização dos grupos de pesquisa e sobre o sistema produtivo.

Ao final, apresentam-se alguns dos mais importantes aspectos extraídos destas discussões e apontam-se perspectivas do trabalho em redes que possam vir a balizar outros projetos e programas cooperativos, assim como políticas públicas que estimulem a organização da pesquisa a partir de arranjos entre diferentes atores.

O princípio da organização da pesquisa em redes

A concepção de redes de pesquisa vem ocupando um lugar de destaque em diversos campos do conhecimento e sua constituição tornou-se uma característica marcante ao final dos anos 80 do

século XX, quando da emergência de densas redes de relações cooperativas entre vários tipos de instituições, tais como empresas, universidades, institutos de pesquisa, organizações sem fins lucrativos, entre outros.

A formação de redes de pesquisa é hoje um meio geralmente eficiente para lidar com projetos tecnológicos complexos em ambientes de rápida mudança técnico-científica. Com um arranjo em redes, o processo de geração e difusão de inovações é, muitas vezes, mais facilmente viabilizado, dado que comporta a presença de diversos atores que possuem competências e habilidades distintas, implicando um conjunto de processos de aprendizagem tecnológica e de complementaridade de ativos (TEECE, 1986), aproveitando as capacidades acumuladas das instituições participantes. Os arranjos em rede permitem também aproveitar economias de escala em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e dividir riscos inerentes aos processos tecnológicos, reduzem os custos da informação, possibilitam maior flexibilidade, permitem o estabelecimento de acordos sobre trajetórias tecnológicas e reduzem a duplicidade de pesquisas, podendo diminuir assim custos de transação (DIAS, 2006).

Destaca-se, na formulação e aplicação dos conceitos de redes em estudos em ciência e tecnologia (C&T), o trabalho de Michael Callon. Para este, atores heterogêneos (laboratórios públicos, centros técnicos de pesquisa, empresas e laboratórios privados, universidades, usuários) participam coletivamente no desenvolvimento e difusão de inovações e, por meio de numerosas interações, organizam as relações entre a pesquisa técnico-científica e o mercado. Segundo Callon (1992), uma rede não se limita somente a atores heterogêneos; existem vários intermediários que circulam entre eles, que são os documentos (artigos científicos certificados, relatórios, patentes), as competências incorporadas (pesquisadores ou engenheiros que vão trabalhar em outra empresa), os recursos financeiros (contratos de cooperação entre centros de pesquisa e empresa, empréstimos financeiros, compra de bens ou serviços por um cliente) e/ou os instrumentos técnicos como protótipos, máquinas, produtos destinados para consumo.

Ainda de acordo com Callon (1992), as redes estão organizadas em torno de três pólos: (1) o pólo científico, voltado à produção do conhecimento científico reconhecido pela comunidade acadêmica e constituído por cientistas e pesquisadores de universidades e centros de pesquisa pública ou privada; (2) o pólo tecnológico, no qual prevalecem os engenheiros e tecnólogos, caracterizado pela concepção e desenvolvimento de tecnologias particulares voltadas para a realização de funções pré-determinadas, diretamente associadas à atividade industrial e com um papel central no processo de inovação; (3) o pólo mercado, que corresponde ao universo de potenciais usuários das inovações, os quais possuem uma forma organizacional e um perfil particular de preferências. Valle (2002) propôs a criação de um pólo de financiamento, caracterizado pelo desenvolvimento de mecanismos de apoio e fomento das atividades de inovação (fontes públicas e privadas) que exercem papel relevante não apenas no fomento a uma determinada rede, mas também na sinalização de trajetórias de pesquisa e na atividade de prospecção.

As redes podem apresentar diversas conformações, sendo que Callon *et al.* (1995) identificam as seguintes categorias de análise: redes incompletas ou encadeadas; dispersas ou convergentes; curtas ou longas; polarizadas ou sem dominância. As redes são incompletas quando uma ou mais categorias de atores ou pólos estão ausentes ou são pouco desenvolvidos. Pode-se também avaliar o grau de integração das redes. Neste caso, uma rede é convergente (e, portanto, também encadeada) quando um ator, qualquer que seja sua localização na mesma, pode mobilizar a qualquer momento todas as competências da rede sem que seja necessário recorrer a traduções ou decodificações custosas. Uma rede pode ainda ser considerada curta ou longa – ela será longa quando, não importa o grau de interatividade ou convergência, estiverem presentes atividades desde a pesquisa de base aos usuários finais. Mas uma rede longa é quase uma exceção; na

maioria dos casos as redes são curtas e contemplam alguns extratos das atividades de pesquisa. No entanto, uma rede curta é uma rede incompleta, na qual alguns pólos estão ausentes? Não, necessariamente. A diferença é que, enquanto nas redes incompletas há a possibilidade de, quando julgado pertinente, ser organizado o pólo faltante, nas redes curtas isto não procede: acréscimos de atividades não refletem expansões da rede. Finalmente, uma rede pode ser caracterizada pelos mecanismos de coordenação existentes: mercado, hierarquia, confiança e diversos outros identificados pela sociologia da ciência (concepção e circulação de dispositivos técnicos, compartilhamento de conhecimentos científicos comuns, competências incorporadas nos seres humanos). Uma rede é um coletivo, um híbrido no qual as diferentes modalidades se combinam. Perfeita simetria é rara e mais freqüentemente são encontradas as redes polarizadas. A definição da forma de coordenação predominante é fundamental para políticas públicas: a coordenação sinaliza as estratégias mais eficazes para realizar a intervenção. A partir de alguns indicadores, como publicações, patentes, a avaliação das formas de coordenação (contratos, convenções) e análise de citação de palavras é possível caracterizar e compreender a dinâmica das redes.

A manutenção de uma rede de pesquisa é uma tarefa difícil e depende principalmente da comunicação e integração entre os diferentes pólos, além do grau, da intensidade e do comprometimento que os atores dedicam ao estabelecimento e cooperação da rede de pesquisa. Por serem heterogêneos, os atores de uma determinada rede apresentam conhecimentos e competências distintos e também são dotados de uma linguagem própria. Assim, essas informações trocadas entre diferentes atores devem ser traduzidas e, quanto melhor o processo de tradução mais informações coerentes serão partilhadas acarretando maior benefício para os atores e o funcionamento mais eficaz da rede. A interatividade dos atores, materializada na forma de circulação de intermediários e da informação, é essencial para a participação colaborativa e mesmo para a avaliação de resultados e da pesquisa.

De uma maneira geral, as redes são criadas num processo de tentativa e erro, uma vez que é difícil de antemão identificar os atores certos e formular com precisão os problemas frente à convergência dessas redes. Assim, estabelecer os instrumentos de governança para as redes é de fundamental importância para o seu desenvolvimento e estabilidade, bem como para manter o grupo de pesquisa organizado em torno dos objetivos iniciais.

Os trabalhos de seqüenciamento genômico são um dos melhores exemplos desse modo de organização da pesquisa em função de suas especificidades, tais como: a) a exigência de integração de recursos humanos de alta qualificação em muitas áreas do conhecimento – genética, biologia molecular, (bio)informática, física, engenharia, estatística –, em atividades de pesquisa muitas vezes em colaboração com a P&D empresarial; b) a integração de recursos humanos de diferentes instituições para que possam ser realizadas tarefas complexas e *time consuming*, como seqüenciamento, mapeamento e determinação da funcionalidade gênica; e c) os altos custos envolvidos que também requerem a organização de consórcios e outros arranjos cooperativos (DAL POZ, 2000).

Esses elementos fundamentam o conceito de redes e fornecem elementos para a análise e compreensão das redes de pesquisa em genômica, como será visto a seguir.

As redes genômicas da vassoura de bruxa e do genolyptus: motivações e principais características

As redes genômicas da Vassoura de Bruxa e do *Genolyptus* nasceram com forte pólo científico, uma vez que o seqüenciamento em busca de genes com potencial de aplicação tecnológica é uma atividade que requer um amplo conhecimento baseado principalmente na genética, biologia molecular e bioinformática¹. No entanto, essas duas redes apresentam composição, estrutura e desenvolvimento diferenciados e particulares, como passa a ser discutido a seguir.

A Rede Genômica da Vassoura de Bruxa

A repercussão do projeto genoma da *Xylella fastidiosa*, bactéria causadora do amarelinho da laranja, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) em 1997, estimulou diversas iniciativas em pesquisas genômicas no país. Motivado por esses trabalhos, e principalmente pelas perspectivas de crescimento na área de genômica, e identificando uma oportunidade de promover um estudo de um dos grandes problemas da agricultura brasileira, o Laboratório de Genômica e Expressão do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) organizou uma rede de pesquisa para conduzir um projeto genoma sobre o fungo *Moniliophthora perniciosa*, que causa a doença vassoura de bruxa nos cacauzeiros, ora adiante PGVB.

O projeto, iniciado em 2000, foi formalizado por um Protocolo de Intenções entre a Secretaria de Agricultura do Estado da Bahia (Seagri), a Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), a Unicamp (como coordenadora), com a interveniência do Fundo Baiano de Defesa da Cacaucultura (Fundecau). Em junho de 2001, o projeto foi ampliado no âmbito das Redes Regionais de Estudos Genômicos do Ministério da Ciência e Tecnologia/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCT/CNPq)², tendo sido incluídas a Universidade Federal da Bahia (UFBA), a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e a Universidade Católica do Salvador (UCSal).

Resumidamente, o projeto procurou compreender a doença em questão e gerar uma base tecnológica capaz de buscar soluções para o seu controle. Ao mesmo tempo, contribuiu para que ao longo do seu processo de desenvolvimento as instituições baianas adquirissem o *know-how* necessário e suficiente para no futuro conduzir outros projetos genoma, desenvolvendo suas próprias linhas de pesquisa e contribuindo para a implantação e estruturação de laboratórios de biologia molecular e cursos de graduação e pós-graduação nessa área.

Pelas informações coletadas e utilizando-se a tipologia proposta por Callon (1992) e Callon *et al.* (1995) pode-se afirmar que a rede PGVB é um caso típico de rede incompleta, já que conta apenas com o pólo científico e, se usarmos a sugestão de Valle (2002), também o pólo de financiamento. Os demais pólos – tecnológico e desenvolvimento – e os pólos intermediários – transferência e desenvolvimento – estão ausentes. É, também, uma rede curta, de caráter

¹ Atualmente, a rede Genolyptus tem um forte componente tecnológico.

² Outras redes são: Rede do Centro-Oeste; Rede Genoma do Estado de Minas Gerais; Rede Genoma do Nordeste – ProGeNe; Programa de Implantação do Instituto de Biologia Molecular do Paraná; Projeto Genoma do Estado do Paraná – GenoPar; Programa de implantação da Rede Genoma do Estado do Rio de Janeiro – RioGene; Ampliação da Rede Genômica do Estado da Bahia; Rede da Amazônia Legal de Pesquisas Genômicas – Realgene; Programa de Investigação de Genomas Sul – PIGS.

basicamente regional, dado que a maioria dos seus atores se encontra no estado da Bahia, à exceção da Unicamp, no estado de São Paulo, e do Cenargen/Embrapa, em Brasília³.

A Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma do Eucalipto – Genolyptus

Em 1995, seguindo as tendências internacionais de pesquisas genômicas de espécies florestais como o *Pinus* e o *Populus*, surgiu a idéia de formar uma rede brasileira de pesquisa para o desenvolvimento de um projeto genoma do *Eucalyptus*. No entanto, somente em agosto de 2000 essa idéia foi retomada por algumas empresas do setor. A partir daí e com o apoio do MCT, aliado ao ambiente favorável ao desenvolvimento da pesquisa genômica no país, pesquisadores da área florestal e empresas de celulose e papel decidiram pela formação de uma rede de pesquisa pré-competitiva. As atividades tiveram início em fevereiro de 2002. A concepção e execução deste projeto, denominado Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de *Eucalyptus* – *Genolyptus*, ora adiante PGL, reuniu 14 empresas do setor de papel e celulose, sete universidades federais, estaduais e privadas e um instituto de pesquisa federal, organizado em nove subprojetos coordenados por pesquisadores da área florestal e de genética clássica e genômica, com foco na interface entre ciências genômicas, melhoramento genético, tecnologia da madeira e produção florestal. Integram o projeto: Embrapa/Cenargen (Coordenadora); Universidade Católica de Brasília (UCB); Unicamp; Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC/BA); Universidade Federal de Goiás (UFG); Universidade Federal de Lavras (UFL); Universidade Federal de Viçosa (UFV); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Aracruz Celulose S/A; Bahia Sul Celulose S/A; Celmar S/A; Cenibra S/A; International Paper do Brasil Ltda; Jari Celulose S/A; Klabin/Riocell; Lwarcel Celulose e Papel Ltda; Rigesa Ltda; Veracel Celulose S/A; Votorantim S/A; Zanini Florestal Ltda, RAIZ Instituto de Investigação da Floresta e Papel (Portugal); V&M Florestal.

O objetivo central do PGL é descobrir, seqüenciar, mapear e determinar a função de genes de importância econômica de espécies de *Eucalyptus*, o que é fundamental para uma efetiva incorporação de tecnologias de genética genômica nos programas de melhoramento e produção florestal. O trabalho da rede é investir em experimentação de campo, que implique em inovações tecnológicas de impacto, com resultados concretos para o processo produtivo das indústrias do setor.

Ao contrário do PGVB, pode-se dizer que o PGL é uma rede completa, uma vez que apresenta em sua estrutura os três pólos – científico, tecnológico e de mercado e também o pólo financiamento. Trata-se também de uma rede longa e de caráter nacional, uma vez que integra atores participantes de todas as regiões do país e também um grupo internacional.

O Quadro 1 abaixo apresenta as principais características dessas duas redes genômicas.

³ Por problemas de organização da rede, a UCSal e o Cenargen/Embrapa saíram do projeto.

Quadro 1 - PGVB e PGL: Características gerais das redes genômicas

Características	PGVB	PGL
Concepção	Decisão política em nível estadual	Negociação política entre diversos atores
Negociação	1 ano	7 anos
Vigência	2000 – 2005	2002 - 2007 (1ª. Etapa)
Valor total do projeto até 2004	Seagri/BA: R\$ 1,15 milhão; CNPq: R\$ 900 mil e R\$ 315 mil em bolsas	FINEP/FVA: R\$ 5 milhões, empresas: R\$ 2,25 milhões; CNPq (bolsas): R\$ 540 mil; aplicações financeiras: R\$1,1 milhão (até março 2006)
Documentos de contratação	Contrato padrão CNPq e Seagri; Termo de Sigilo	Contrato padrão FINEP e Funarbe; Termo de Compromisso e Sigilo
Participantes	5 universidades e 2 institutos de pesquisa (estrutura inicial)	1 instituto de pesquisa, 6 universidades e 14 empresas privadas
Motivações	Solucionar problema fitossanitário de grande importância e desenvolver uma rede de pesquisa em genômica no estado da Bahia	Estabelecer rede de pesquisa pré-competitiva para ganho de competência em setor de forte concorrência e de importância econômica para o país
Subprojetos	Não há	Nove
Gerenciamento das atividades	Virtual (reuniões anuais)	Virtual (reuniões técnicas e de acompanhamento anuais)
Abrangência	Estadual	Nacional
Objetivos	Científico: controle da doença vassoura de bruxa (e fitossanitário) e econômico	Científico, tecnológico e econômico (ganho de competitividade)
Experiência dos grupos	Baixa, exceto Unicamp/Cenargen	Grupos com experiência em genética, genômica, bioinformática, tecnologia da madeira, tecnologia de produtos e processos
Políticas públicas	Essencial	Importante
Morfologia das redes	Incompleta; curta	Completa; longa

Fonte: elaboração própria a partir de fontes primárias e secundárias

Dinâmica da pesquisa das redes genômicas PGVB e PGL: alguns indicadores

A análise do desempenho de redes de pesquisa pode ser realizada considerando alguns indicadores clássicos para tal, como são os indicadores de *input* e *output*. Neste trabalho foram selecionados como indicadores de *input* as bolsas recebidas; e de *output* a produção científica e os recursos financeiros adicionais obtidos pelos projetos. Foi realizada, também, uma análise dos impactos sobre a institucionalização e expansão dos grupos de pesquisa e sobre a atividade econômica⁴. A aplicação desses indicadores permite um maior conhecimento sobre as duas redes, assim como permite a realização de análise para subsidiar, num segundo momento, ações de políticas públicas.

Bolsas recebidas

⁴ Os dados necessários para a construção destes indicadores não estavam igualmente disponíveis para as duas redes, razão pela qual há algumas variações na apresentação das informações sobre elas.

Para o desenvolvimento das atividades de pesquisa, os projetos receberam quotas de bolsas do CNPq⁵; no caso da rede Vassoura de Bruxa dentro do escopo do Projeto Genomas Regionais e, no caso da rede *Genolyptus*, do programa RHAÉ, o qual visa à formação de recursos humanos em áreas estratégicas. Além dessas bolsas, vários alunos e pesquisadores passaram a integrar a equipe dos projetos, com bolsas concedidas em níveis de pós-graduação (Doutorado - DR) e Mestrado (MS), de Iniciação Científica (IC), de Pesquisa (PQ) e de pós-doutoramento⁶. O Gráfico 1 identifica o número de bolsas concedidas por agência e entidades financiadoras e o Gráfico 2 apresenta o número de bolsas por modalidade de apoio, ambos para os dois projetos.

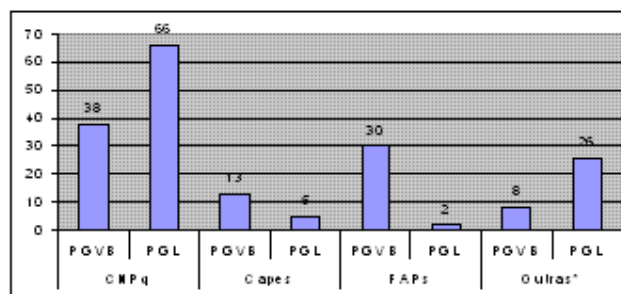


Gráfico 1. PGVB e PGL: número de bolsas concedidas por órgão de financiamento
 * Funarbe, Fundecau, empresas privadas e Fundos de Apoio à Pesquisa das universidades
 Fonte: Elaboração própria a partir de documentos e relatórios dos projetos

⁵ São bolsas de fomento tecnológico e incluem os níveis de Iniciação Tecnológica Industrial (ITI), Desenvolvimento Tecnológico Industrial (DTI), Recém-Doutor (RD) e Pesquisador Visitante (PV) e também Iniciação Científica (IC) e Apoio Técnico (AT), destinadas exclusivamente para o desenvolvimento de atividades diretamente relacionadas aos projetos.

⁶ Essas bolsas foram financiadas pelas Fundações de Amparo à Pesquisa Estaduais (Fapesp e Fapesb, no caso do PGVB e Fapemig para o PGL), Capes, CNPq (bolsas regulares de pós-graduação), Fundos de Apoio à Pesquisa das universidades participantes (FAEP/Unicamp, UESC e UEFS) e também bolsas pagas com recursos diretos dos projetos, via Funarbe e Fundecau.

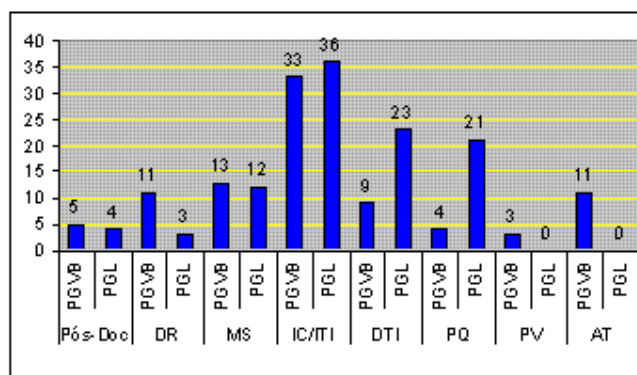


Gráfico 2. PGVB e PGL: número de bolsas por modalidade de apoio

Obs: DR: Doutorado; MS: Mestrado; IC/ITI: Iniciação Científica/Iniciação Tecnológica Industrial; DTI: Desenvolvimento Tecnológico Industrial; PQ: Pesquisa; PV: Pesquisador Visitante; AT: Apoio Técnico

Fonte: Elaboração própria a partir de documentos e relatórios dos projetos, considerando o período de setembro de 2000 a 2005 para o PGVB e fevereiro de 2002 a 2005 para o PGL

O maior número de bolsas concedidas pelo CNPq às duas redes genômicas deve-se à quota dos programas RHAe e Genomas Regionais, como citado acima, e compreendem principalmente as bolsas Iniciação Tecnológica Industrial (ITI) e Desenvolvimento Tecnológico Industrial (DTI) e algumas de Iniciação Científica (IC), Apoio Técnico (AT), Recém-Doutor (RD) e Pesquisador Visitante (PV). Essas bolsas foram fundamentais para os trabalhos de pesquisa, pois esses bolsistas se dedicam em tempo integral às atividades dos projetos, ao contrário das bolsas de mestrado e doutorado, em que o aluno – cuja atividade é também muito importante para o desenvolvimento da pesquisa - passa parte de seu tempo cumprindo créditos em disciplinas.

Na rede genômica da Vassoura de Bruxa, os trabalhos dos bolsistas abrangeram atividades em diferentes linhas de pesquisa que, ao longo do projeto, foram sendo desenvolvidas pelos grupos, interligando temas em genômica, biologia molecular, genética e bioquímica de microrganismos e interação planta-patógeno, de modo a compor um modelo científico bastante abrangente para a compreensão da doença. Embora no início do projeto algumas instituições não tivessem grande experiência na área de genômica, o trabalho cooperativo e as atividades dos grupos envolvidos foram fundamentais e forneceram importante contribuição e conhecimentos, que se complementaram para dar origem a novos alvos e ações para estudos do controle da doença, objeto central do projeto.

No caso do *Genolyptus*, todas as bolsas relacionam-se às diferentes atividades dos nove subprojetos, contribuindo para o trabalho complexo que vem sendo desenvolvido e que se revela importante na formação de alunos e jovens pesquisadores na área florestal e de genômica e biologia molecular. Um aspecto a ser considerado é que, no caso do PGL, há a participação de empresas privadas que montaram uma rede experimental de campo e vêm compartilhando material genético entre si, demonstrando dessa forma o papel dinâmico e interativo do trabalho em rede. Ou seja, o processo de produção do conhecimento, no caso do PGL, envolve atores localizados em diferentes contextos profissionais e com competências específicas, permitindo explorar a capacidade competitiva da rede, de forma que todos os participantes se beneficiem dos resultados, gerando novas capacitações científicas e tecnológicas em todo o setor.

De toda forma, em ambos os casos, evidencia-se o papel central das universidades, qual seja, a concentração de esforços no desenvolvimento e formação de recursos humanos, elementos centrais na geração do conhecimento.

Produção científica

Nas redes científicas, as maiores vantagens residem na interação e articulação entre diferentes grupos de pesquisa, aspecto que contribui para fortalecer o aprendizado e o conhecimento dos pesquisadores envolvidos. Essa dinâmica de aprendizagem, segundo Callon *et al.* (1992), aponta, como uma das ferramentas de avaliação e também do gerenciamento dos projetos em rede, os resultados intermediários, que podem ser evidenciados pelo trabalho cooperativo, auxílios financeiros individuais, etc.. Também para Molina *et al.* (2000), no caso de redes científicas, é comum utilizar-se de indicadores como artigos científicos, número de teses e dissertações, participação em reuniões científicas, comunicação informal etc., que permitem verificar o sucesso ou não das atividades dos diferentes grupos envolvidos. Os resultados advindos dessas redes genômicas podem ser visualizados no Gráfico 3.

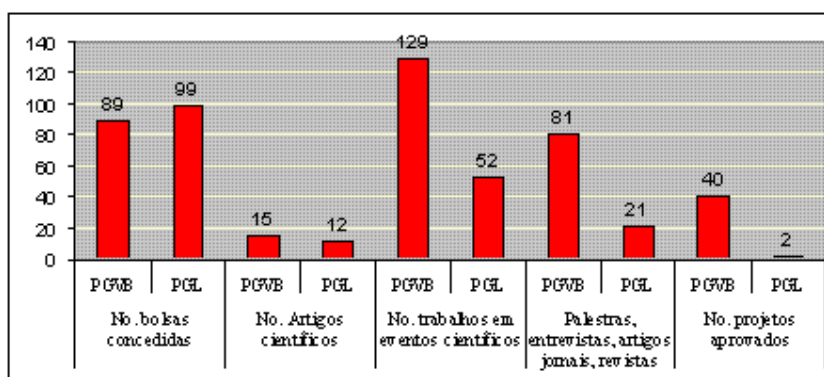


Gráfico 3 – PGVB e PGL: produção científica

Obs: Os dados referentes ao PGVB são de setembro de 2000 a dezembro de 2005 e os do PGL de fevereiro de 2002 a dezembro de 2005.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários e secundários

Os dados apresentados no gráfico acima são reveladores da importância do trabalho em redes, não somente nos aspectos relacionados à capacitação de pessoal e do aprendizado decorrente da cooperação entre os diferentes atores, mas também em termos de produção científica e divulgação da pesquisa.

Todos esses resultados são, indiscutivelmente, decorrentes da ampliação do conhecimento e do aprendizado dos grupos, via os recursos humanos envolvidos na pesquisa. Publicações em revistas e periódicos especializados, assim como apresentação de trabalhos em eventos científicos são indicadores de sucesso de um trabalho de pesquisa.

A participação de pesquisadores em encontros dessa natureza é essencial para os avanços do conhecimento, pois é nesse ambiente que as informações são em grande parte trocadas, recursos são obtidos, trabalhos em cooperação são firmados e, conseqüentemente, alcança-se um progresso nas atividades de pesquisa, o que reforça a evolução e o dinamismo dessas redes. Além disso, os trabalhos das redes também vêm sendo objeto de palestras, artigos em jornais e revistas, dentre outros, ressaltando-se nesse aspecto a repercussão do PGVB, principalmente no Estado da Bahia.

Captação de recursos financeiros adicionais

Outro elemento chave na dinâmica de redes científicas se refere à capacidade dos atores em mobilizar novos recursos financeiros. Como demonstra o Gráfico 4, esse foi um dos destaques da rede PGVB, com a contratação de vários novos projetos após o início das atividades. As informações científicas adquiridas ao longo da execução do projeto e também o conhecimento gerado pela interação entre os laboratórios envolvidos permitiram aos grupos desenvolver novas linhas de pesquisa relacionadas ao fungo *M. perniciosa* e novos projetos foram implementados com o apoio de agências governamentais federais e estaduais, setor privado, dentre outros, num volume total de cerca de R\$ 4,3 milhões. O Governo Federal financia 17 projetos, sendo 10 via CNPq, cinco projetos de infra-estrutura com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e dois junto ao Banco do Nordeste Brasileiro (BNB). O Governo Estadual, representado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), apóia 15 projetos de pesquisa, o setor privado (EP) tem fraca participação com apenas dois projetos financiados, e os organismos internacionais (OI) três projetos. Três projetos têm apoio financeiro das próprias universidades, por meio de seus fundos de apoio à pesquisa (FAP). O Gráfico 4 abaixo mostra o volume de recursos financeiros, em porcentagem, por agente e entidades financiadoras dos novos projetos do PGVB.

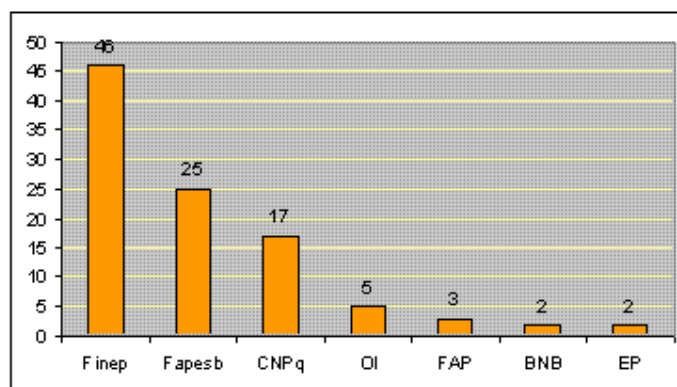


Gráfico 4. PGVB: Participação das agências e entidades financiadoras, em %, 2000 – 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários e secundários

Pelo gráfico acima, verifica-se, a exemplo do que ocorre normalmente em outros projetos genoma, que o setor público ainda é o maior responsável pelo aporte de recursos financeiros às

instituições de pesquisa e universidades no Brasil. Este perfil de financiamento é também encontrado em países desenvolvidos, nos quais esse tipo de pesquisa é frequentemente financiado pelo setor público. Entretanto, não deixa de chamar atenção o baixo índice de participação do setor privado no contexto brasileiro: apenas 2% dos recursos totais são oriundos de empresas privadas.

A Finep, que financia cerca de 46% dos recursos totais alocados aos projetos, apoiou atividades de melhoria da infra-estrutura de laboratórios nas universidades participantes, com a construção e adequação de prédios e instalações laboratoriais. A Fapesb, além da concessão de bolsas, também aprovou recursos para as universidades apoiando a construção de instalações laboratoriais e desenvolvimento de projetos em áreas de genômica e biologia molecular relacionadas ao PGVB. Com recursos do CNPq foram desenvolvidos novos projetos, entre eles, a segunda etapa do PGVB, visando à utilização dos resultados preliminares alcançados nos primeiros anos de pesquisa. Os recursos aprovados pelas demais agências e outras entidades, organismos e empresas privadas cobriram despesas de custeio e capital (equipamentos e material permanente).

Já, no caso do PGL, foram contratados dois novos projetos relacionados às atividades em desenvolvimento pelos grupos, com recursos de R\$ 726 mil, sendo 75% do CNPq e 25% das empresas privadas integrantes do PGL direcionados para despesas de custeio e capital. Nesse caso, também, o aporte de recursos do Governo Federal foi fundamental e prioritário, como ocorreu no PGVB.

Impactos sobre a institucionalização e expansão dos grupos de pesquisa e sobre a atividade econômica

Os trabalhos em redes estabelecem impactos não apenas sobre os atores das redes em questão, conforme indicado nos subitens anteriores, mas potencializam desdobramentos para a institucionalização de grupos de pesquisa, para a ampliação do escopo das pesquisas realizadas e podem ter implicações importantes para o fortalecimento da atividade econômica, levando ao aumento da competitividade dos setores industriais envolvidos, nesse caso os de cacau e chocolate e de papel e celulose.

a) A Rede PGVB

O desenvolvimento do PGVB no Estado da Bahia, entre setembro de 2000 e 2005, permitiu a ampliação da infra-estrutura de ciência e tecnologia nesse Estado. Se não, veja-se:

- i) A Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) teve vários novos projetos contratados, tendo sido implantado o Laboratório de Bioinformática com recursos do CNPq e Fundecau. O laboratório também teve aprovado o curso de pós-graduação em genética e biologia molecular.
- ii) Na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), novos cursos de pós-graduação em genômica e bioinformática e pós-genômica foram aprovados e o laboratório implantou o Núcleo de Bioinformática e a área de genômica e pós-genômica, com recursos da Fapesb;

aquisição de equipamento de seqüenciamento; estruturação e certificação pela UEFS e CNPq do Grupo de Pesquisa em Diversidade e Biotecnologia de Microrganismos - DBMi em 2002;

iii) Com recursos da própria universidade, foi instalado no Instituto de Biologia (IB) da UFBA um novo laboratório de Biologia Molecular com infra-estrutura para pesquisa em genômica e biologia molecular, a criação do Laboratório de Biologia Computacional do Departamento de Biologia Geral do IB/UFBA e a contratação de um pós-doutorado. Com recursos da Fapesb e CNPq foram adquiridos novos equipamentos e materiais. Em decorrência desses investimentos, vários alunos de graduação foram treinados, houve o fortalecimento do grupo de pesquisa do IB em biologia molecular e genômica, promovendo a interação e o desenvolvimento de trabalhos conjuntos com outros grupos de pesquisa da UFBA, com outras universidades no Estado da Bahia (UESC, UEFS e Universidade do Estado da Bahia -UNEB), no Brasil (Unicamp) e no exterior (Universidade de Iowa/EUA).

iv) Após o início do PGVB, a CEPLAC adquiriu um equipamento seqüenciador que auxiliou significativamente o trabalho do grupo nas atividades do projeto. Também foram desenvolvidas novas linhas de pesquisa em microssatélites e genômica e novos projetos foram aprovados pelo CNPq, Fapesb e organismos internacionais.

v) Uma das principais ações na Unicamp foi a construção do prédio da genômica com recursos da Finep e Unicamp, além da contratação de um biólogo e uma analista de informática. Novos projetos de pesquisa foram contratados e novas bolsas de iniciação científica e pós-graduação aprovadas, envolvendo estudos com o fungo que causa a vassoura de bruxa.

Outro desdobramento importante da pesquisa em genômica foi a expansão dos laboratórios envolvidos, muitas vezes em áreas complementares à genômica, como o Laboratório de Fisiologia Vegetal do Instituto de Biologia da Unicamp, e o envolvimento de grupos de outras universidades, como da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e do Centro de Energia Nuclear para Agricultura da USP (CENA/USP) e das empresas Fazenda Almirante Cacau da Bahia e Cargill Agrícola S/A, conferindo uma nova dinâmica de trabalho à rede.

Um outro aspecto que merece destaque são os impactos do projeto genômica sobre o setor cacauero. Segundo informações do coordenador do projeto⁷, há alguns anos vem se tentando estimular ações voltadas ao fortalecimento da cadeia do cacau. A *lista de discussão do cacau*, criada em 1993, vem auxiliando nesse aspecto. Essa lista conta atualmente com cerca de 1050 pessoas para tratar de assuntos diversos dessa cultura e vem tendo uma repercussão positiva no agronegócio do cacau, inclusive a discussão de um planejamento estratégico para o setor, assim como assuntos relacionados à regulamentação e comercialização de amêndoas de cacau e produtos derivados junto aos órgãos competentes.

Houve ainda outros impactos sobre a lavoura cacauera. O conhecimento gerado pela pesquisa ao longo dos mais de cinco anos de projeto possibilitou compreender uma técnica de manejo desenvolvida de maneira empírica por um cacauicultor da região de Ilhéus⁸ e que se mostrava bastante eficaz no controle da vassoura de bruxa, permitindo um crescimento significativo na produção e produtividade de cacau. “A maior contribuição do PGVB nesse ponto é que permite

⁷ O coordenador geral do PGVB é o Prof. Gonçalo Amarante Guimarães Pereira, Professor Associado do Departamento de Genética e Evolução do Instituto de Biologia da Unicamp.

⁸ A técnica consiste nas etapas de anelagem ou roletamento para indução de florescimento extemporâneo da cultura, adubação com nitrogênio e aplicação de fungicida à base de cobre.

explicar do ponto de vista da biologia molecular porque essa técnica funciona e pode gerar soluções científicas que permitam controlar definitivamente o problema da doença no Estado da Bahia” (G. Pereira, entrevista).

Finalmente, devem ser mencionados os impactos sobre as estruturas de apoio à ciência e tecnologia (C&T) no Estado da Bahia. Nos últimos anos, uma série de ações foi orientada visando à criação de novos ambientes para o fluxo de conhecimentos, envolvendo o governo do Estado da Bahia, as universidades e institutos de pesquisa e, também, o setor privado. As diversas estruturas de apoio a ciência, tecnologia e inovação (C,T&I) no Estado, como a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI), a Fapesb e o Instituto Baiano de Biotecnologia (IBB), vêm se tornando importantes órgãos de fomento implementando programas e ações públicas para o desenvolvimento da biotecnologia neste Estado, materializados em recursos para bolsas, infra-estrutura de laboratórios e projetos de cursos de pós-graduação, além de contribuir para a aproximação com empresas de base tecnológica, a obtenção de patentes e a promoção de suporte para planos de negócios e estudos de viabilidade de produtos e processos biotecnológicos.

b) A Rede *Genolyptus*

O PGL foi estruturado com instituições já mais bem consolidadas em termos de pesquisa florestal – tanto científica quanto tecnológica -, genética, genômica e biotecnologia, devido à presença das maiores empresas do setor de papel e celulose do Brasil e de instituições públicas que há anos foram constituídas no país, e também com alguns grupos de jovens pesquisadores atuantes nessas áreas.

Estimuladas pelo trabalho de pesquisa objeto do PGL, duas grandes empresas foram incorporadas à rede após o início do projeto, a V&M Florestal (2005) e o RAIZ (2002), essa última um instituto de pesquisa florestal pertencente a um dos maiores grupos de papel e celulose da Europa. A inclusão de novos atores demonstra a flexibilidade das redes de pesquisa e traz benefícios não somente financeiros, mas também técnicos, estimulando a aprendizagem interativa e permitindo ampliar as competências essenciais das instituições envolvidas, conhecimento que pode ser utilizado futuramente no âmbito das mesmas gerando benefícios econômicos e sociais.

Com relação à dinâmica do PGL, percebe-se uma forte interação entre os diferentes grupos, notadamente entre as empresas que vêm colaborando entre si no desenvolvimento da rede experimental de campo, uma das atividades mais importantes do projeto e que a diferencia das demais redes em genômica florestal no mundo. Embora o PGL seja distribuído em nove subprojetos, vários laboratórios de pesquisa vêm realizando atividades complementares, garantindo assim a constante evolução da pesquisa e dos dados gerados. No caso do PGL, essa integração entre instituições públicas e privadas é particularmente interessante. As empresas absorvem o conhecimento científico gerado pelos pesquisadores das universidades e institutos de pesquisa, tendo acesso a metodologias, capacitação de recursos humanos para a utilização dos dados genômicos e informações científicas para implementar programas de melhoramento genético que possam futuramente viabilizar inovações tecnológicas de impacto em biotecnologia genômica florestal. Já os pesquisadores das universidades e institutos de pesquisa têm a oportunidade de participar das práticas produtivas desenvolvidas nas empresas privadas.

Um número grande de pesquisadores, técnicos e alunos de pós-graduação vem trabalhando no PGL e, dessa forma, o compartilhamento de experiências, habilidades e competências distintas estimulam e promovem uma intensificação do aprendizado, resultado do trabalho conjunto e do grau de envolvimento dos grupos nas atividades de campo, laboratoriais e aquelas ligadas à bioinformática. Assim, um resultado importante do PGL tem sido o avanço no conhecimento adquirido por meio das informações geradas ao longo da sua execução e que pode ser medido em termos de publicações, teses e dissertações defendidas, desenvolvimento de novas metodologias, entre outras, que consolidam os grupos de pesquisa das universidades e institutos de pesquisa.

Vale ainda ressaltar que o setor privado envolvido nesta rede já possui um forte histórico de geração de ganhos e de competitividade na indústria de base florestal e as empresas possuem competência técnico-científica para trabalhos dessa natureza.

Como informado pelo coordenador do projeto⁹, o PGL completou uma coleção de seqüências de DNA geradas a partir de genes e do genoma de quatro espécies de *Eucalyptus*, o que permitiu a identificação de genes importantes de lignificação e síntese de celulose para a realização de estudos de expressão diferencial via bioinformática. Como resultados concretos do projeto apontam-se a base de dados gerada e a coleção completa dos genes seqüenciados que estão sendo transferidas para as empresas privadas participantes, dada a importância da bioinformática aplicada ao melhoramento genético.

O PGL também atingiu uma grande visibilidade internacional, dado que os resultados já alcançados em termos de construção de recursos experimentais genômicos e de campo vêm despertando o interesse de grupos de pesquisa de eucalipto no mundo em colaborações técnico-científicas com os pesquisadores da rede. Portanto, há perspectivas dessa rede vir a participar ativamente de um esforço internacional – comandado pelo Joint Genome Institute, a partir do seqüenciamento completo do genoma de *Eucalyptus grandis*, o que representaria um avanço significativo para a informação genômica e a rede experimental gerada no PGL.

Conclusões

Embora apresentem estruturas diferentes, as redes genômicas do PGVB e PGL têm como objetivo prioritário a realização de trabalhos de seqüenciamento genético, apoiados por pólos científicos fortes, os quais estimulam a interação entre diferentes atores, num caráter multidisciplinar, mobilizando competências diferentes, dispersas e específicas.

Os resultados produzidos por essas redes estão relacionados, principalmente, à evolução da trajetória institucional dos atores envolvidos, influenciada, por sua vez, pelos processos de aprendizagem e desenvolvimento de novas competências absorvidos ao longo do período de execução dos projetos. Constata-se a formação de recursos humanos nas áreas específicas dos projetos, com a realização de atividades de mestrado, doutorado e iniciação científica, publicação de artigos científicos e apresentação de trabalhos em congresso e outros eventos. Também a criação de infra-estrutura laboratorial para pesquisas em biologia molecular e biotecnologia em geral vem possibilitando a cooperação entre os grupos já envolvidos e estimulando novos grupos

⁹ A coordenação geral do PGL está a cargo do Dr. Dário Grattapaglia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen) e professor da Universidade Católica de Brasília.

de pesquisa a integrarem as redes. A incorporação de novos atores, com habilidades e competências distintas, vem se somar àquelas dos outros atores no desenvolvimento das atividades de pesquisa e na geração de resultados, até o momento muito positivos, para os setores de cacau e chocolate e de papel e celulose.

No caso dos trabalhos sobre Vassoura de Bruxa, destaca-se a formação de uma rede de pesquisadores em genômica e biologia molecular na Bahia, já com condições de desenvolver trabalhos e formar recursos humanos em genômica, biologia molecular e bioinformática. Essa rede veio, também, colaborar com outros desdobramentos importantes para aquele Estado, tendo sido uma das incentivadoras da criação de diversas estruturas de apoio a C,T&I, como a regulamentação da Fapesb, a criação da SECTI e do IBB, estabelecendo uma metodologia de trabalho integradora, e modificando as relações locais e interinstitucionais. Essas instituições podem subsidiar políticas públicas para o desenvolvimento da biotecnologia no Estado, criando um ambiente propício para promover interações entre os diferentes agentes dos processos inovativo e produtivo - as instituições públicas, governamentais e privadas. Mas, uma das maiores contribuições do PGVB reside no fato de que os conhecimentos resultantes da pesquisa científica poderão ser aplicados a técnicas adequadas de manejo da lavoura, o que futuramente poderá indicar soluções para o controle definitivo da doença no Estado da Bahia. Esse esforço vem modificando o comportamento do setor, que já articula ações no sentido de promover uma re-estruturação da cacauicultura. Esses elementos, por si só, já indicam um resultado importante do trabalho dessa rede científica.

No caso da rede *Genolyptus*, observa-se como um dos aspectos mais importante a interação entre os atores das universidades e institutos de pesquisa e das empresas privadas do setor, que também se reflete nos bons resultados obtidos até o momento: uma extensa rede experimental de campo com compartilhamento de material genético, constante troca de informações científicas entre os grupos de pesquisa e a geração de um banco de dados de seqüências de genes, que poderão indicar características interessantes para estudo futuro, promovendo um diferencial estratégico para as empresas do setor. Outro ponto decisivo na condução do PGL está na estrutura de governança que, ao contrário do PGVB, contempla um conjunto de documentos formais com normas e regras bem definidas entre todos os atores, procurando garantir uma maior confiança nos trabalhos compartilhados desenvolvidos no âmbito desta rede de pesquisa.

A participação das empresas do setor tem uma importância estratégica na cadeia inovativa, pois a rede experimental de campo gera o material para o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa que são executados pelas universidades e institutos de pesquisa nos seus laboratórios de tecnologia e patologia florestal, genômica e bioinformática. Essas empresas têm uma perspectiva muito clara de utilização dos resultados da pesquisa em seus programas de melhoramento, reforçado pelo fato da cultura ser uma das poucas protegidas pela Lei de Proteção a Cultivares no Brasil. Esses resultados devem permitir um desenvolvimento tecnológico e geração de inovações na cultura, direcionadas para aumentar as vantagens competitivas do Brasil, notadamente no setor florestal e de celulose, que devem repercutir satisfatoriamente no segmento voltado à produção de papel, mantendo a posição de destaque do país no mercado internacional.

Os efeitos positivos das redes de pesquisa acabam por impactar o sistema de inovação como um todo, pois retroalimentam a interação entre os setores produtivo, científico e também o Governo, permitindo, entre outros, ganhos econômicos e sociais para o país. Entretanto, para que isso ocorra, políticas públicas que visem programas e projetos voltados à integração indústria – universidade/instituto de pesquisa e governo em áreas de fronteira como a genômica, proteômica, bioinformática, genoma funcional e transformação gênica devem ser implementadas e constantemente avaliadas e reorientadas/redefinidas. Essas ações devem compreender não somente a pesquisa mais fundamentada, que permite ampliar e consolidar a base do

conhecimento nas áreas em questão, pela capacitação e formação de recursos humanos qualificados em disciplinas especializadas da biologia molecular e biotecnologia ainda carentes no país, como também a pesquisa aplicada de cunho tecnológico para a geração de produtos e processos biotecnológicos, além de estimular parcerias com grupos de pesquisa internacionais.

É senso comum que a cooperação na forma de redes – mesmo se reconhecendo que não é a solução para todo e qualquer desafio técnico-científico - é hoje um arranjo que vem se mostrando interessante para o desenvolvimento da pesquisa em genômica, pois permite a divisão de riscos (financeiros, científicos, tecnológicos e mesmo de capacitação de recursos humanos), a complementaridade de conhecimento e ativos (tangíveis e intangíveis) e o monitoramento de trajetórias tecnológicas – as quais impactam justamente a direção e o desenvolvimento das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I). O arranjo em redes também contribui para a melhoria e principalmente para manutenção de infra-estrutura dos laboratórios das universidades e institutos de pesquisa. No caso do Brasil, mais especificamente, políticas de financiamento, capital de risco e outros mecanismos de apoio a investimentos privados, além da regulamentação das leis de inovação e de proteção patentária e de propriedade intelectual, devem ser, também, fortalecidas, criando assim um sistema dinâmico, voltado ao desenvolvimento de diferentes setores (agro)industriais.

Mas se, por um lado, a organização da pesquisa em redes de cooperação permite a diminuição de custos e das incertezas inerentes ao processo inovador, assim como a economia de escala e escopo das atividades de P,D&I, a complementação de ativos, a ampliação do acesso à informação, dentre outros elementos (ver Fioravanti, 2007), há que se considerar também os fatores de risco destas interações. Entre eles estão os relativos à perda de sigilo de informações essenciais – via situações de oportunismos de alguma das partes -, à dificuldade para se estabelecer os termos para a exploração dos direitos de propriedade, ao escopo da proteção do conhecimento, à necessidade de superar barreiras culturais e aos custos administrativos de coordenação das redes. Tais aspectos são analisados especialmente por autores institucionalistas, como Williamson (1996), os quais destacam a importância dos mecanismos de governança e o *enforcement* para o estabelecimento e alcance de resultados positivos nas transações entre diferentes agentes econômicos. As redes aqui retratadas não estão protegidas destes inconvenientes, infelizmente.

De toda forma, uma rede de pesquisa tem que ser compreendida como uma organização dinâmica e em constante evolução, na qual novos objetivos devem estar sempre sendo estabelecidos, assim como indicadores de cumprimentos de metas devem ser construídos e observados com frequência (DIAS, 2006). Isso parece ser o grande desafio para a perenidade das estruturas em rede, as quais sem esses mecanismos se tornam muito frágeis e facilmente extinguíveis.

Entender a dinâmica de redes de pesquisa, particularmente as genômicas, pode ter um papel estratégico para a aproximação dos diferentes atores envolvidos no processo de inovação - governo, universidades e institutos públicos e privados de pesquisa, setor privado e instituições sem fins lucrativos -, sendo base para o estabelecimento de futuras relações capazes de gerar inovações tecnológicas, assim como para subsidiar ações e políticas que visem sua multiplicação e seu fortalecimento no país.

Artigo recebido em 15/12/2007 e aceito em 16/03/2008.

Referências

CALLON, M. *et al. La gestion stratégique de la recherche et de la technologie – l'évaluation des programmes*. Paris: Economica, 1995. 302p.

CALLON, M. The dynamics of techno-economic networks. In: COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. (eds). *Technological change and company strategies*. London: Academic Press, 1992. p.72-102.

CALLON, M.; LAREDO, P.; RABEHARISOA, V. The management and evaluation of technological programs and the dynamics of techno-economic networks: the case of the AFME. *Research Policy*, v.21, p.215-236, 1992.

DAL POZ, M. E. S. *Da dupla à tripla hélice: o projeto genoma Xylella*. Campinas, 2000. 163 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Política Científica e Tecnológica – DPCT/Unicamp, SP.

DIAS, E. L. *Redes de Pesquisa em Genômica no Brasil: políticas públicas e estratégias privadas frente a programas de seqüenciamento genético*. Campinas, 2006. 116p. Dissertação de Mestrado, Departamento de Política Científica e Tecnológica – DPCT/Unicamp, SP.

FIORAVANTE, C. A arte do encontro: grupos europeus trabalham em conjunto para integrar pesquisas e ganhar tempo na busca de novos tratamentos contra câncer e Aids. *Revista Pesquisa Fapesp*, outubro 2007, ed. 140, 2007.

GIBBONS, M. *et al. The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. SAGE Publications Ltd., London. 1994. 179p.

MOLINA, J. L.; MUÑOZ, J.; LOSEGO, P. Red y Realidad: aproximación al análisis de las redes científicas. VII Congreso Nacional de Psicología Social. Oviedo, 2000. *Anais...* 20p.

TEECE, D. Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, v.15, n. 6, p. 285-305, 1986.

VALLE, M. G. *Cadeias inovativas, redes de inovação e a dinâmica tecnológica da citricultura no Estado de São Paulo*. Campinas, 2002. 149p. Dissertação de mestrado, Departamento de Política Científica e Tecnológica – DPCT/Unicamp, SP.

WILLIAMSON, O. E. *The mechanisms of governance*. New York: Oxford University Press, 1996