



*Artigo Original*

## **Caracterização da trajetória tecnológica da biotecnologia agrícola por meio de redes de patentes**

José Maria Ferreira Jardim da Silveira<sup>1</sup>, Maria Ester Soares Dal Poz<sup>2</sup>, Fabio Kenji Massago<sup>3</sup>,  
Rafael Campos<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Núcleo de Economia Agrícola – Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).  
Correspondência: E-mail: jmsilv52@gmail.com

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

<sup>3</sup> Instituto de Computação da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

<sup>4</sup> Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

### **Resumo**

O trabalho apresenta a trajetória tecnológica de plantas transgênicas e seus principais atores. Resulta da aplicação de uma metodologia de análise de patentes em redes de co-citação desenvolvida pelos autores e baseada no trabalho de Verspagen (2007). Tomando em consideração o conhecimento acumulado em mais de dez anos de desenvolvimento da biotecnologia agrícola, o trabalho apresenta evidências para a melhor compreensão para o sucesso das plantas transgênicas apesar das barreiras impostas em alguns países desenvolvidos à sua difusão. Biotecnologia e o bionegócio são claramente definidos como atividades baseadas em ciência (Bell e Pavitt 1993). Todavia há um debate se a biotecnologia constitui-se em um novo setor econômico ou se é apenas um conjunto de tecnologias que fazem parte de outras trajetórias tecnológicas tradicionais, particularmente do setor farmacêutico. Silveira, Futino e Olalde (2002) trazem evidências ao fato de que o desenvolvimento da biotecnologia, desde o início dos anos 90, fornece a resposta ao baixo dinamismo de muitas indústrias das áreas de saúde humana, meio ambiente e agricultura. Walsh (1993) evidencia o papel da biotecnologia em criar novas demandas e um novo aparato regulatório (veja Aoki 2007). Por

outro lado, a persistência da biotecnologia tradicional e intermediária, combinada ou não com inovações biotecnológicas jogaria dúvidas sobre a pertinência do conceito de trajetória tecnológica aplicada à biotecnologia (Russel 1999). O trabalho lança evidências à ideia de que a biotecnologia e a biologia molecular são os fundamentos do bionegócio inovativo. Além disto, mostra a importância do comportamento estratégico em nível de descoberta de genes como um guia para a criação de empresas biotecnológicas competitivas.

**Palavras-chave:** redes de patentes, plantas transgênicas, biotecnologia.

#### Abstract

The paper presents the technological trajectory of transgenic crops and its main actors. It is a result of the building and analysis of a patent network the authors have achieved by following a methodology developed by them, partially based on Verspagen (2005). Taking into consideration the knowledge accumulated from ten years of experience in the development of agricultural biotechnology, the paper presents an explanation for the better understanding of the success of transgenic crops, despite the barriers imposed on some developed countries to its diffusion. Biotechnology and biobusiness are clearly defined as a science based economic activity (Bell and Pavitt 1993). However, there is a debate on whether biotechnology progressively constitutes a new economic sector or if it is a part of the technology trajectories of traditional science-based sectors, particularly pharmaceuticals. Silveira, Futino and Olalde (2002) bring attention to the fact that the development of biotechnology, since the early nineties, has provided the answer to the low dynamism of the technological trajectories of many industries related to health, environment and agriculture. Walsh (1993) pointed out to the role of biotech in creating new demand and a new regulatory framework, with an active role in the creation of new institutions (see Aoki 2007). On the other hand, the persistence of traditional and intermediate biotechnology combined or not with biotech innovations cast some doubt on the use of the concept of biotechnological trajectories (Russel 1999). The paper casts some empirical evidence to the idea that biotechnology and molecular biology are the fundamentals of a innovative biobusiness. Moreover, shows the importance of the strategic behavior at the gene discovery level involving the building of research networks as a guide for the building of a competitive biotechnology enterprise.

**Keywords:** patent networks, transgenic crops, biotechnology.

#### Resumen

El artículo presenta la trayectoria tecnológica de las plantas transgénicas y sus principales actores. Eso es el resultado de la construcción y análisis de una red de patentes que los autores alcanzaron por metodología que desarrollaron, parcialmente basada en Verspagen (2005). Considerando el conocimiento acumulado en 10 años de experiencia en el desenvolvimiento de biotecnología en agricultura, el artículo presenta una explicación para la mejor comprensión de lo éxito de la plantación transgénica, mientras las barreras impuestas a su difusión por los países desenvueltos. Biotecnología y biobusiness son claramente definidos como una actividad económica basada en ciencia (Bell y Pavitt 1993). Hay un debate sobre si la biotecnología es gradualmente un nuevo sector económico o si es una parte de las trayectorias de otros sectores tradicionalmente basados en ciencia, particularmente el sector farmacéutico. Silveira, Futino y Olalde (2002) llaman atención al hecho que el desenvolvimiento de la biotecnología, desde los años 90, presentaran respuestas al bajo dinamismo de las trayectorias

tecnológicas de diversas industrias relacionadas a la salud, medio ambiente y agricultura. Walsh (1993) muestra el papel de la biotecnología en la creación de nuevas demandas y nuevas estructuras de regulación con una acción activa en la creación de nuevas instituciones (vea Aoki 2007). Por el otro lado, la persistencia de la biotecnología tradicional y intermediaria combinada o no con innovaciones biotecnológicas dejan algunas dudas sobre el uso de lo concepto de trayectorias biotecnológicas (Russel 1999). El estudio muestra algunas evidencias empíricas sobre la idea de que la biotecnología y la biología molecular son fundamentales a un *biobusiness* innovador. Más que eso, muestra la importancia del comportamiento estratégico en el nivel de descubierta de genes en la construcción de redes de pesquisa como un guía para la construcción de una nueva iniciativa de biotecnología.

**Palabras-clave:** redes de patente, plantaciones transgénicas, biotecnología.

## Introdução

---

Biotecnologia e o bionegócio são claramente definidos como um conjunto de atividades baseadas em ciência (Bell e Pavitt 1993, Wolff 2001). Todavia, ainda permanece o debate em torno da questão: a biotecnologia irá progressivamente constituir um novo setor econômico ou será sempre um componente de outras trajetórias tecnológicas, acopladas a setores baseados em ciência, principalmente o setor farmacêutico? Fonseca (2009) defende a idéia da existência progressiva de um bionegócio que vai se tornando autônomo e que também substitui setores tradicionais. Seria o caso de parte da indústria farmacêutica e de *kits* para diagnósticos.

Silveira et al. (2002) chamam a atenção para o fato de que o desenvolvimento da biotecnologia, desde o início dos anos 90, vem fornecendo soluções para o baixo dinamismo das trajetórias tecnológicas de muitas indústrias nas áreas de saúde, meio ambiente e agricultura. Walsh (1993) apontava já nesta época para o papel da biotecnologia na criação de demanda por produtos – em alguns casos gerando problemas para os serviços de saúde pública, dado o preço dos produtos inovadores como o *interferon* – e também por novos sistemas regulatórios, que passaram a gerar inclusive, novos arranjos institucionais e até novas organizações.

O que é fundamental é que a biotecnologia moderna pode ser classificada como um setor “baseado em biológica molecular”, campo científico que fornece uma origem comum para a maioria das técnicas que progressivamente constituem o “coração” do negócio em biotecnologia (Stuverventant 2001, Fraley 1994). Trata-se de um núcleo ainda em transformação após de mais de 30 anos de transgenia nos campos da saúde humana, na indústria de alimentos (queijos), na agricultura e na bioenergia. Com isto, pode-se pensar que a biotecnologia continuaria em uma fase pré-paradigmática, significando a coexistência de um conjunto de trajetórias tecnológicas potenciais que dificultariam a tomada de decisões dos agentes envolvidos no processo de inovação.

De acordo com Russel (1999:236) “*biotechnology is not a narrowly constituted technology and there is no evidence that the emergence of technology trajectories will operate in the reduction of the opportunities generated by biotech*”. Fonseca et al. (2004), por seu turno, apontam que para a capacidade da biotecnologia em gerar variedade tecnológica baseada na combinação persistente de blocos em construção com diferentes conteúdos de conhecimento (*building blocks*) para gerar novas aplicações e novos produtos, ao mesmo tempo que operando um sistema poderoso de destruição criativa (basta ver o efeito dos inoculantes, baseados em biotecnologia clássica, sobre a indústria de fertilizantes nitrogenados).

Dois fatos são inegáveis: a) a biotecnologia como setor demanda o funcionamento de um amplo sistema baseado em ciência; isto é comprovado pela existência de bibliotecas de genes ou de segmentos de material genético

(transcriptoma, em linguagem técnica), da indústria de equipamentos especializados (seqüenciadores, termocicladores) e de produtos (bio) químicos intermediários (*primers*, vetores, plasmídios, *microarrays*, satélites); b) gera um sistema regulatório próprio e por vezes extremamente complexo, confuso e gerados de elevados custos de transação (Zarilli 2005).

Esses dispositivos colocam a tecnologia em um plano ao mesmo tempo internacional quanto de sofisticação tecnológica que afetam inclusive seu processo de difusão. Como mostram Hall e Martin (2005), as incertezas tecnológicas de ordem técnica e, também, devido à variedade tecnológica, são apenas uma parte do problema.

O fenômeno da ambiguidade, revelada na interpretação de mesmos fatos de forma diferentes por tomadores de decisão influentes (*primary stakeholders*) é uma fonte poderosa de incertezas que afetam diretamente os custos de regulação da biotecnologia, custos que só podem ser reduzidos por esforços em pesquisas específicas ao campo da regulação.

Conclui-se que mesmo a simples difusão da biotecnologia demanda uma base técnico-científica que nem sempre está acessível a países sem infraestrutura de pesquisa na área, problema enfrentado não só por países da África, mas de grande parte da Ásia e América Latina. As exceções são constituídas pelos países com grandes centros de pesquisa em áreas específicas, como o Brasil, África do Sul, Índia e China no campo da agricultura e notadamente a Índia no campo das pesquisas farmacêuticas.

O processo de difusão acelerada dos cultivares geneticamente modificados (GM) na agricultura em pouco mais de 15 anos nos países líderes na produção de grãos e oleaginosas: Argentina, EUA, Brasil, Austrália e também na China (algodão), Índia e África do Sul (algodão) sugere uma questão intrigante: se os blocos de conhecimento continuam a serem montados para gerar novas tecnologias e oportunidades de negócio, tornando o investimento atual arriscado; se as trajetórias tecnológicas ainda são amplas ou nem sequer constituem trajetórias tecnológicas (como sugere Russel 1999); *como explicar a rápida difusão da transgenia?*

Isto sem considerar a política deliberada dos países da EU em bloquear o avanço da biotecnologia agrícola com base em sinceras dúvidas sobre seus impactos no ambiente e nas fortes preocupações sobre o efeito da destruição criadora sobre o faturamento de suas empresas líderes no campo da química, farmacêutica, produtos veterinários e de pesticidas. Para uma avaliação do processo de difusão e dos impactos dos cultivos transgênicos, ver Brookes e Barefoot (2010). James (2009) é a principal fonte de informações sobre o processo de difusão de cultivares GM no mundo, em que pesem as críticas sobre a qualidade de seus dados.

O problema se torna ainda mais intrigante quando se sabe que a inovação tecnológica de grande impacto está baseada em apenas dois *projetos* que resultaram em conceitos provados: resistência a insetos (usando a toxina Bt) e tolerância herbicidas, HT, (no início só aplicado ao herbicida *glyphosato*). Confirmando a “estreiteza deste paradigma tecnológico”, observa-se que um agente inovador, a empresa Monsanto, foi o principal coletor da “taxa tecnológica” – termo mais adequado que royalties, em função do não reconhecimento de patente de genes em muitos países em que os cultivares geneticamente modificados se difundiram.

A hipótese que norteia o trabalho é que o processo de formação da trajetória tecnológica, no sentido dado por Dosi (1982) – que envolve escolhas cruciais considerando o processo seletivo que ocorre em determinadas estruturas de mercado – é iniciado na concepção do projeto de pesquisa, na formulação do conceito que guia a geração de um novo produto e que este envolve, no caso da biotecnologia, a existência de redes tecnológicas fundadas no conceito de complementaridade de ativos (Teece, Pisano e Shuen 1997).

O objetivo do trabalho é aplicar uma metodologia de análise de redes desenvolvida pelos autores às redes criadas a partir de co-citação de patentes em biotecnologia para identificar uma possível trajetória tecnológica relacionada ao conceito de organismos geneticamente modificados – chamados de cultivares transgênicos (Jackson 2010).

Com isto, obtém um resultado que emerge das redes e mostra como o conceito de transgenia aplicada à agricultura de grãos – produtos plataforma, globalizados e com mercados de bilhões de dólares – esteve presente muito antes de a tecnologia ter se tornado realidade e de fato um sucesso. A clara definição do projeto em torno da prova do conceito de transgenia aplicada aos cultivares chamados Bt e HT permitiu à empresa vencedora articular um conjunto de empresas inovadoras em um jogo não necessariamente cooperativo em seu início – mas com o reconhecimento comum da importância do conceito por ela proposto (idéia inspirada em Aoki 2007).

O trabalho tem dupla importância: de um lado, testa a aplicação na biotecnologia de um enfoque metodológico complementar àquele desenvolvido por Verspagen (2007) para identificação de trajetórias tecnológicas.

De outro, seus resultados contribuem para a análise de questões importantes no campo da formulação de políticas de C&T&I na área de biotecnologia, principalmente no que tange às alternativas de política de biotecnologia do Brasil e dos países do MERCOSUR (ver PROMESUR 2009) envolvendo: a) privilegiar a criação de empresas de biotecnologia a partir de um conjunto de inovações pontuais que exploram as oportunidades criadas pela multiplicidade e complexidade tecnológica dos blocos em construção, principalmente nas áreas de insumos; tecnologias intermediárias (*enabling technologies*) e de nichos de mercados; b) acoplar a biotecnologia a grandes projetos estratégicos, como no

campo da bioenergia, a partir da identificação de trajetórias tecnológicas promissoras compatíveis com a dotação de recursos existentes no país e com as competências existentes na área (Lemos et al. 2009).

A pergunta que fica do trabalho, a ser retomada nas conclusões: se os blocos da biotecnologia ainda estão em construção, existem conceitos a serem provados que podem articular redes de conhecimento tecnológico que lhes dão suporte e viabilidade futura? Ou o resultado obtido neste estudo é um caso único, não podendo ser generalizado e, portanto, não servindo de orientação para a formulação de políticas estratégicas neste campo?

Na próxima seção procura-se clarificar a idéia de conceito e de sua prova em biotecnologia agrícola, utilizando basicamente o trabalho de Campos (2007). A terceira seção, a seguir apresenta a metodologia utilizada na pesquisa e a quarta seção, os principais resultados. A quinta seção retoma as discussões da introdução e apresenta as conclusões do trabalho.

## A construção de organismos geneticamente modificados (OGM) e a “prova do conceito”

---

Pensando no modelo Kline e Rosemberg (1986) não há razão para manter a suposição ingênua de que de uma base científica ampla, no caso derivada da descoberta do DNA, possa surgir um produto radicalmente inovador sem um processo de interação entre agentes ao longo do processo que denominamos “prova do conceito”.

O argumento do trabalho, que só ficará evidente na apresentação dos resultados da trajetória tecnológica, é que há um jogo de valorização de ativos de conhecimento e de criação de valor antes mesmo da comercialização dos produtos da tecnologia e principalmente, de confirmação “coletiva” de que a trajetória tecnológica já está se constituindo no estágio de pesquisa e de desenvolvimento de tecnologias intermediárias, facilitadoras.

Campos (2007) mostra que o desenvolvimento de um produto comercial, fruto de pesquisas na área de agro-biotecnologia, diferentemente do senso comum, não apenas resulta da inserção de um gene em uma planta que seja o alvo comercial. Isto pode ocorrer em casos específicos e já reflete um grau de maturidade da tecnologia.

Estima-se que o desenvolvimento de um organismo geneticamente modificado voltado ao consumo comercial custe em média US\$ 40 milhões (Potera 2007). Neste trabalho não serão detalhados os custos envolvidos em cada uma das etapas para desenvolvimento de novos cultivares GM, apenas a explicitação do que cada uma delas consiste e uma indicação de que parte delas demanda a existência de economias de rede de pesquisa e inovação.

O interesse deste artigo está justamente na geração da inovação radical, que tem que ser provada pelo conceito proposto pelos inovadores. A obtenção de um organismo geneticamente modificado comercialmente viável dá-se após dezenas de tentativas para seleção do melhor vetor de DNA, tarefa que incorpora além do gene em questão, outros dispositivos tecnológicos, promotores, *íntrons* e outros compostos genômicos que regulam a expressão desse gene.

As etapas desse processo, para um analista convencional – por exemplo, um economista interessado em inovação e política de C&T&I – podem ser descritas segundo o trabalho de Hare (2002) como compostas por cinco fases: *gene discovery*, *crop transformation*, *field efficacy*, *regulatory* e *commercial*. Apesar da facilidade didática na apresentação desse modelo, podemos submetê-lo a duas críticas para justificarmos a apresentação de um modelo alternativo para melhor entendimento deste trabalho.

Primeiramente, ao agregar-se o processo laboratorial em quatro “macro-fases” sujeita-se à abstração que impede a observação conceitual dos pormenores da pesquisa, das dificuldades da empresa e seus pontos estratégicos. Em segundo lugar, o modelo de Hare não deixar explícito que o mesmo processo é repetido dezenas de vezes até que o vetor e a matriz comercial estejam selecionados. Mais que isto, que a etapa de transformação do gene depende intrinsecamente da etapa de descoberta.

Coerente com a metodologia a ser aplicada, pretende-se observar o desenvolvimento de um OGM sob outra óptica. Segundo a proposta feita por Campos (2007), o processo de desenvolvimento de OGMs pode ser descrito em dez fases, ilustradas na forma de sua principal atividade e que são repetidas em três macro-fases necessárias para seu sucesso. As etapas são ilustradas e explicadas a seguir (Figura 1).

No espaço deste trabalho, o foco será colocado nas etapas fundamentais para entender os resultados que serão apresentados na quarta seção do trabalho. Maiores detalhes são apresentados em Campos (2007) e Mir (2004).

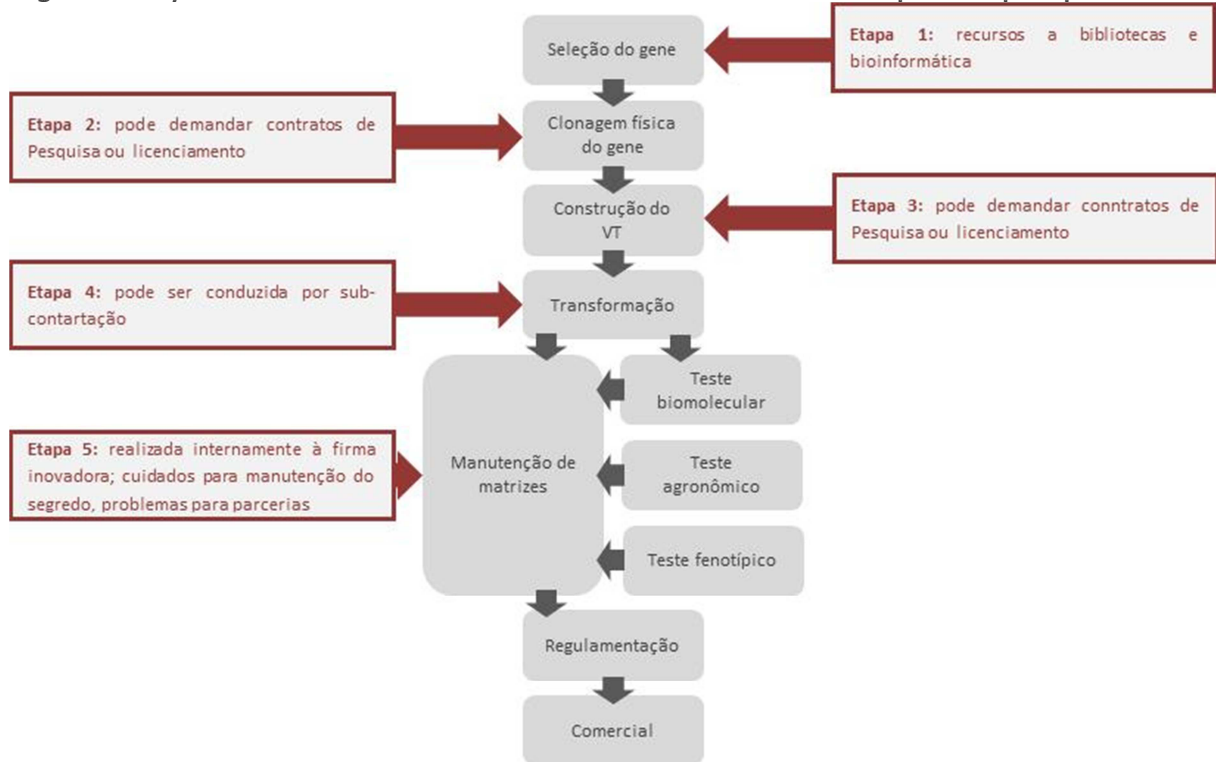
A fase de seleção do gene fase se inicia com a “idéia” do projeto, que se constitui no problema que o OGM visa combater. Tendo esse objetivo em mente inicia-se uma extensa pesquisa que visa à obtenção virtual do gene que continuará no processo. Existem dois principais métodos de trâmite nessa etapa. O primeiro, que chamaremos de *hands-on* e outro, que é a busca teórica. Em ambos os casos, parte-se de uma extensa pesquisa bibliográfica com objetivo de localizar seres vivos que mostrem fenótipo favorável ao projeto. Na segunda parte, que diz à localização exata do gene em questão, é que existe a diferença metodológica.

Pelo método *hands-on*, indivíduos selecionados no primeiro tempo são submetidos a testes biológicos que forcem a demonstração dessa característica. Em seguida, os mesmos indivíduos são analisados molecularmente para busca de



genes que estão expressos na presença e silenciados na ausência do catalisador. Esses genes são fortes candidatos à solução do problema.

Figura 1. *Pipeline* de desenvolvimento de um OGM: Cinco etapas de pesquisa.



O segundo método, de busca teórica, visa à identificação de publicações científicas que mostrem a relação de um gene com o desenvolvimento do fenótipo desejado. Com isso, serão selecionados ou o próprio gene do estudo; ou é realizada uma busca por genes da mesma família – ou seja, que costumam expressar fenótipos semelhantes.

O papel da bioinformática e das bibliotecas de genes é fundamental para este processo e exprime claramente o conceito de cumulatividade em rede, mais amplo que o conceito proposto por Dosi (1982), que se referia à cumulatividade interna à firma. A geração das externalidades de rede, neste caso, não depende apenas do número de participantes, como no caso das externalidades de consumo. Depende fundamentalmente da decisão de gastos motivada pela captação de externalidades geradas no processo e da formação de expectativas quanto às condições de apropriabilidade derivadas da participação na rede. Ver De qualquer forma, não se trata de conceber o conhecimento da bioinformática e das bibliotecas apenas como bem público, mas também como algo passível de apropriação pelas organizações em rede. Ver Dal Poz (2006) e Goyal (2007).

A identificação de qual gene será posto em teste é o produto final dessa etapa, que é sujeita a várias recorrências, ou seja, o ciclo apresentado na Figura 1 é

percorrido até a seleção de eventos transgênicos cujo conceito possa ser provado (a idéia de prova de conceito será explicitada a frente).

Seguindo a Figura 1, a segunda etapa é conceitualmente fácil, mas sua realização envolve técnicas bioquímicas não raramente de difícil realização, tecnologias patenteáveis e não necessariamente apropriadas pelo inovador, por quem desenvolveu a primeira etapa.

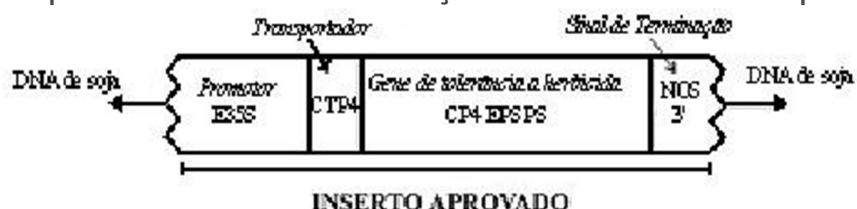
Visualiza-se a necessidade de construção das redes de inovação em transgenia, que é o argumento central deste trabalho. O processo consiste em a partir do gene virtual – produto da Etapa 1 – e do indivíduo que o mantém endemicamente; isolar quimicamente o gene-alvo para obter, ao final, uma solução com inúmeras cópias desse mesmo gene (o gene real) que será usado no restante do processo.

A terceira etapa, a construção de um chamado Vetor de Transformação, envolve duas fases distintas. Um exemplo concreto e pertinente aos resultados apresentados na quarta seção, é dado na Figura 2. A primeira delas usa de técnicas bioquímicas e de DNA recombinante para montar uma molécula de DNA pronta para ser inserida no genoma alvo.

Isto implica juntar genes, promotores, *íntrons* em sua “seqüência” correta/desejada. Essa seqüência, por sua vez, é composta de duas parcelas, chamadas “alvo” e “seleção”. A porção “alvo” é o gene que realmente se deseja testar. A porção “seleção” é uma combinação genômica que confere à planta o fenótipo cientificamente conhecido (normalmente fluorescência, ou resistência a antibióticos e defensivos agrícolas em alta concentração).

A segunda fase é a construção do dito “vetor de transformação”. Prepara-se o material da primeira fase conforme o método de transformação a ser usado. O mais comum é a chamada agro-infestação, que é a inserção do vetor no organismo alvo com a utilização de bactérias virulentas. Nesse caso, o DNA da primeira fase é inserido na bactéria que será usada no experimento de transformação.

Figura 2. Exemplo de vetor de transformação - vetor Monsanto RR para soja.



Fonte: Campos (2007 *apud* Brasileiro 1998).

A Etapa 4, do experimento de transformação também consiste em duas fases. A primeira, de transformação, é o contato do vetor com o organismo alvo até que o DNA do primeiro esteja inserido no segundo. Em seguida, esses organismos são mantidos sob cuidados até que estejam aptos a sobreviver em ambiente aberto; a chamada “cultura de tecidos”.

O sucesso da primeira fase da Etapa 4 está sujeito a 2 fatores de risco: a) a potência do vetor/virulência da bactéria: o vetor de transformação e a técnica devem estar perfeitamente ajustados para que a potência da inserção seja forte o suficiente para garantir a transformação; b) todavia, deve ser fraca o suficiente para não danificar ou matar a planta.

Note que há um forte componente tácito específico nesta fase, principalmente quando se parte de uma inovação, de um novo evento. Não basta ter o conhecimento científico sobre esses processos, mas a capacidade de ajustar as tecnologias de inserção de genes ao tipo de material genético e ao vetor envolvido.

Novamente é importante apontar que as técnicas de inserção e os vetores não necessariamente estão ao alcance do agente inovador. Isto se dá pela definição de algum tipo de contrato ou de uma escolha pela verticalização da pesquisa, como apontado por Aghion e Griffith (2006).

Finalmente, cabe reforçar que o processo de transformação, aliado à “juventude” do material, submete-o a grande estresse. Os dias imediatamente posteriores ao experimento são cruciais para o sucesso da pesquisa como um todo.

A Etapa 5 se inicia com a fase de testes. Imediatamente após o experimento de transformação, as plantas resultantes são submetidas a testes biomoleculares visando sua seleção: as plantas positivas (que foram transformadas) são mantidas na forma de “matrizes” e as negativas são eliminadas. São feitos normalmente três a quatro testes nessa fase:

- *Teste de vetor de seleção*: esse primeiro teste visa identificar em quais plantas resultantes do experimento de transformação foi inserido e está expressa a porção de seleção do vetor. A razão da existência desse primeiro teste é porque existem estudos comparando a correlação entre inserção da porção seleção com o alvo;
- *Teste de presença de vetor alvo*: as plantas positivas para o primeiro teste – de seleção – passam subsequentemente a testes similares visando observar a presença da porção alvo do vetor de transformação no genoma;
- *Teste de expressão de gene alvo*: há dois fatores que justificam a existência desse teste. Primeiramente, a existência de um gene no genoma de um organismo não implica necessariamente em sua expressão (sua tradução em proteínas). Segundo, como a pesquisa

deseja obter um organismo com fenótipo diferente ao original, é necessário que nele esteja expresso o gene dessa característica desejada. Com base nisso, as plantas positivas para existência do vetor alvo são testadas para verificar a expressão molecular de tais fatores. Nas fases mais avançadas da pesquisa, o quarto teste também é realizado na sequência;

- *Contagem de cópias do vetor:* este último teste é realizado por conta de questões de biossegurança e pelos processos de regulamentação. O processo de transformação pode inserir diversas cópias do mesmo vetor no genoma do organismo alvo; e dificilmente será permitida a comercialização de OGMs com mais de quatro cópias. Por conta disso, esse último teste objetiva descartar os organismos que ao final do experimento de transformação detenham mais do que essas quatro cópias. No entanto, por questões internas, normalmente as empresas só mantêm aquelas com apenas uma ou duas cópias do vetor.

Também na Etapa 5, paralelamente aos testes, visa-se manter as matrizes positivas nos testes de diagnóstico vivas e saudáveis até a finalização dos testes ou começo da comercialização. Preparar cópias, clones, dessas matrizes que serão usadas nos testes. Como a matriz é o produto que será comercializado; é estratégico que ela seja mantida segura e fora das condições adversas dos testes.

Outros testes são feitos nessas etapas e podem ser feitos "*in house*". Essa fase visa testar agronomicamente as plantas sob diversas condições (climáticas, terra, adubagem, etc.). Para sucesso da estratégia, ou seja, do gene, é necessário que ao final ao menos uma matriz apresente duas características: a) apresentar nos testes o fenótipo desejado no projeto; b) apresentar rendimento agrônomo no mínimo similar a plantas não transformadas e submetidas ao mesmo teste.

No caso de estratégias que resultem em mudanças fisiológicas no organismo; também são necessários testes visuais, normalmente por técnicas de histologia, para comprovar a presença do fenótipo.

Para além da discussão deste trabalho, o processo de regulamentação visa obter aval governamental para comercializar esse "novo" organismo. Para tanto, é necessário apresentar provas (testes científicos) de que tal organismo apresenta rendimento agrônomo no mínimo similar aos não OGM.

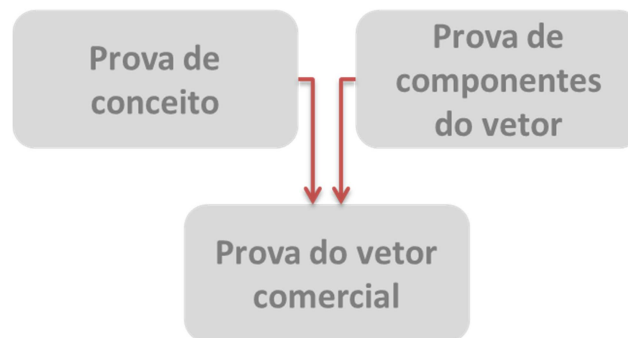
Além disso, é necessário provar a segurança biológica e de saúde do mesmo. Estima-se que uma vez feita a descoberta, esta etapa representa 40% dos custos do processo, mas isto é bastante variável e também reflete um tipo de cumulatividade que poderia ser em rede caso existissem instituições voltadas para este tipo de exigência.

Todavia, no momento os agentes inovadores, geralmente corporações de “ciências da vida”, são os principais detentores do conhecimento necessário para atender às demandas das agências regulatórias (ver Borges et al. (2010), para uma discussão aprofundada sobre o tema).

A fase comercial se caracteriza pela venda de cópias da matriz e coleta de receitas dessa comercialização.

Como a maioria dessas etapas são repetidas, Campos (2007) propõe uma nova agregação, bastante interessante do ponto de vista do argumento do trabalho. As etapas da Figura 1 são repetidas em três macro-fases, apresentadas na Figura 3 abaixo.

Figura 3. Macro-fases na pesquisa e desenvolvimento de cultivares geneticamente modificados.



Fonte: Campos (2007).

A macro-fase “prova do conceito” se dá pela repetição das etapas apresentadas na Figura 1. O objetivo é descobrir um gene, ou uma série de candidatos, que se mostrem solucionadores do problema da pesquisa.

Fato conhecido é que os testes são normalmente realizados em plantas-modelo: plantas com características semelhantes à cultura alvo; mas mais simples de se transformar e com ciclo curto de vida (normalmente entram em fase reprodutiva em menos de um ano). A fase denominada “componentes do vetor” é feita internamente à empresa, mas pode ser terceirizada; detém um papel fundamental no sucesso estratégico da firma e do produto (OGM) final.

A realização contínua e repetitiva dessa fase caracteriza-se também como um ganho de escala estratégico para a empresa e isto motiva sua internalização e cria barreiras à entrada para pequenas empresas inovadoras: a criação e a manutenção de uma biblioteca de partículas genômicas reduzem a necessidade de repetições futuras para a decisão da forma do vetor comercial.

Por último, os genes mais promissores da fase da prova do conceito, unidos ao melhor vetor obtido na fase “prova do vetor” são novamente submetidos às

Etapas 2 a 8. Isso visa à seleção final de qual indivíduo apresenta a melhor solução para o problema do projeto. Em seguida, estando essa matriz selecionada, as etapas de regulação e testes de comercialização são realizadas exclusivamente com ela.

Tabela 1. *Timeline* de lançamento comercial de um OGM.

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tempo (anos)
Prova de Conceito	■	■	■	■							4
Comp. Vetor			■	■							2
Prova Comercial					■	■	■	■			4
Prova Comercial - Regulamentação									■	■	2

Fonte: Campos (2007).

Por se tratarem de resultados de tentativa e erro, e, por conseqüência, informações estratégicas das empresas; não existem relatos na literatura da taxa exata de repetições entre as fases. No entanto, há indícios de que exista a relação 1 para 10 entre experimentos em prova comercial e de conceito.

As próximas seções utilizam o que foi apresentado na segunda seção do artigo para vincular o desenvolvimento da tecnologia ao “pool” de patentes identificadas pela metodologia de geração de redes de co-citação a partir de “palavras-chave ou *queries*” vinculadas a algum aspecto relevante de sua base de conhecimento científico.

## Metodologia para a construção das redes de co-citação e das trajetórias tecnológicas

Apresenta-se um breve resumo da metodologia desenvolvida no trabalho, em função das limitações de espaço. Maiores detalhes podem ser consultados em Dal Poz et al. (2006).

De acordo com Verspagen (2007), a história da mudança técnica focaliza-se em casos de inovações radicais, seguidas por melhorias tecnológicas incrementais, que, por sua vez, promovem o processo de difusão tecnológica.

O mapeamento destes movimentos revela como os quadros tecnológicos dominantes – ou paradigmas – são constantemente alterados por inovações incrementais, cuja direção e desenvolvimento são determinados pela inovação paradigmática. A este “caminho” de desenvolvimento interdependente a literatura vem dando o nome de trajetória tecnológica (Dosi 1982).

Segundo Narin et al. (2000), a citação posterior recebida por uma patente pode ser considerada um excelente indicador de sua qualidade ou impacto econômico. Detentores de patentes que se citam mutuamente formam redes de interesses, gerando cadeias de obtenção de títulos de propriedade intelectual.

Segundo Hall et al. (2001), patentes podem ser consideradas como uma fonte rica e confiável para os estudos de inovação e mudança técnica. Sampat e Ziedonis (2002) apontam que grande significado econômico e tecnológico destas análises.

Trajtenberg (1990) defende a mensuração de citações posteriores recebidas por uma patente como indicador de inovação, pois se *A* cita *B*, *A* se inscreve no corpo de conhecimentos incorporados por *B* (Trajtenberg et al. 1997, Caballero e Jaffe 1993, Jaffe e Trajtenberg 1999).

Breschi e Lissoni (2004) e Jaffe e Trajtemberg et al. (2002) concordam sobre a validade do uso de citações de patentes como indicadores de fluxo de conhecimentos entre inventores ou entre detentores na geração de invenções.

Indicadores de redes (*network indicators*) trazem um olhar novo sobre as medidas de dinamismo inovativo. A empresa *A* poderá ter menor número de patentes que *B*, mas poderá ser citada por outras, que também podem ser muito citadas.

Oferecem uma visão não-linear (*non-linear*) sobre as capacidades inovativas da firma e seu potencial tecnológico. Indicadores de citação de uma patente por outra(s), utilizados para entender as relações entre atores e o grau de conectividade entre eles são, segundo Breschi e Lissoni (2004), a centralidade, a distância geodésica e a conectividade.

As trajetórias tecnológicas definidas por tais arranjos tecnológicos emergem com a utilização da metodologia, demonstrando os conteúdos científicos das invenções, o padrão de cumulatividade tecnológica e índice de difusão no mercado; o papel de certos artefatos tecnológicos para as trajetórias; a composição dos sub-componentes tecnológicos e sua função na consolidação certas trajetórias; as estratégias de governança dos atores industriais, na forma de investimentos, compra, fusão e licenciamento tecnológico.

Para contribuir na construção de trajetórias tecnológicas de plantas transgênicas, desenvolveu-se uma metodologia que é baseada em citações posteriores que uma patente recebe, o que é um indicador de força inovativa em mercados baseados em tecnologia.

Patentes altamente citadas (*cited*) equivalem a mercados de tecnologia de grande importância. Os temas de busca foram compostos por uma matriz de palavras-chave, que constituem a *query* da pesquisa, realizada na base do *United States Patent and Trade Office* (USPTO).

O software *Odyssey* foi desenvolvido especialmente para o propósito de formação das redes de co-citação e para obtenção, via aplicação do conceito *de k-core* (Jackson 2010) das redes simplificadas, que evidenciam as patentes mais citadas. O *software* da Thomson Reuters (*Thomson Innovation*) foi utilizado para validar as redes obtidas, vinculando os resultados ao mundo das empresas e organizações inovadoras.

As citações posteriores recebidas por cada patente – variando de zero a  $n$  citações – originaram a rede de relações entre agentes interessados em tecnologia. Cada relação constitui um vértice de rede – ou seja, uma citação que certa patente recebe de outra.

A extração da rede de maior relevância - composta por  $n$  patentes altamente citadas e por seus respectivos conjuntos de citadoras – baseou-se em indicadores algébricos de densidade, centralidade e distância geodésica dos atores. (Jackson 2010, Goyal 2007). A desconstrução das relações estruturantes da rede - por meio de quem é citado por quem – revela certas trajetórias tecnológicas e a emergência de outras – o que não significa, necessariamente, que a(s) trajetória(s) consolidada(s) tenha(m) se esgotado. Para entender tal processo, outro tipo de procedimento investigativo deverá ser armado. Permite entender as formas de coordenação e os esforços intrínsecos de P&D - *vis-à-vis* as atividades de proteção à invenção.

A busca por informações sobre redes de patentes partiu da formulação de perguntas-chave (Zhu et al. 1999) formuladas para apreender o objeto de investigação de modo consistente com os objetivos da pesquisa.

A estrutura da informação - matriz combinatória de palavras correlatas à composição dos artefatos tecnológicos foi composta pelos termos cumulativos. Entrevistas com pesquisadores do Projeto BIOEN permitiram identificar as palavras chave UBIQUITINA e 35S como geradoras da rede.

Note que as redes apresentadas na seção de resultados, assim como as patentes mais citadas e seus detentores são resultados da metodologia e não fruto de qualquer busca intencional ou estudo setorial. Este é o diferencial da metodologia: as redes podem ser consideradas propriedades emergentes e não frutos de buscas intencionais a partir do conhecimento prévio dos pesquisadores.

Os indicadores algébricos das relações entre patentes de tecnologias utilizados foram: a densidade da rede geral, a distância geodésica, a conectividade e a centralidade (Breschi e Lissoni 2004).

A rede relevante foi extraída daquela primeira por cortes dados pelos indicadores de centralidade. Inventores com alto *grau de centralidade* - dado por todos os contatos que envolvem o ator  $k$ , dividido por todos os reais contatos encontrados na rede – são considerados de grande relevância para a rede.



Tríades são grupos de três ou mais patentes cuja distância geodésica entre pares é igual a 1,0, ou seja, de máxima conectividade. Alguns atores se posicionam de forma a cumprir papel de *conectores* entre outros componentes de alta conectividade.

As patentes de maior centralidade e seus *clusters* de conectores foram lidas e classificadas segundo uma tipologia que classifica patentes segundo critérios de ganhos de escala, de processo, de eficiência, nova abordagem metodológica.

A seleção das patentes constituintes da trajetória tecnológica se dá pelo critério de relevância dos indicadores de rede. A partir disto construiu-se as saídas que formam o coração do trabalho na seção a seguir.

## Resultados

---

Optou-se por uma apresentação centrada em um quadro principal e algumas figuras que permitem entender a metodologia e a relevância dos resultados. A discussão se aprofunda nas conclusões do texto.

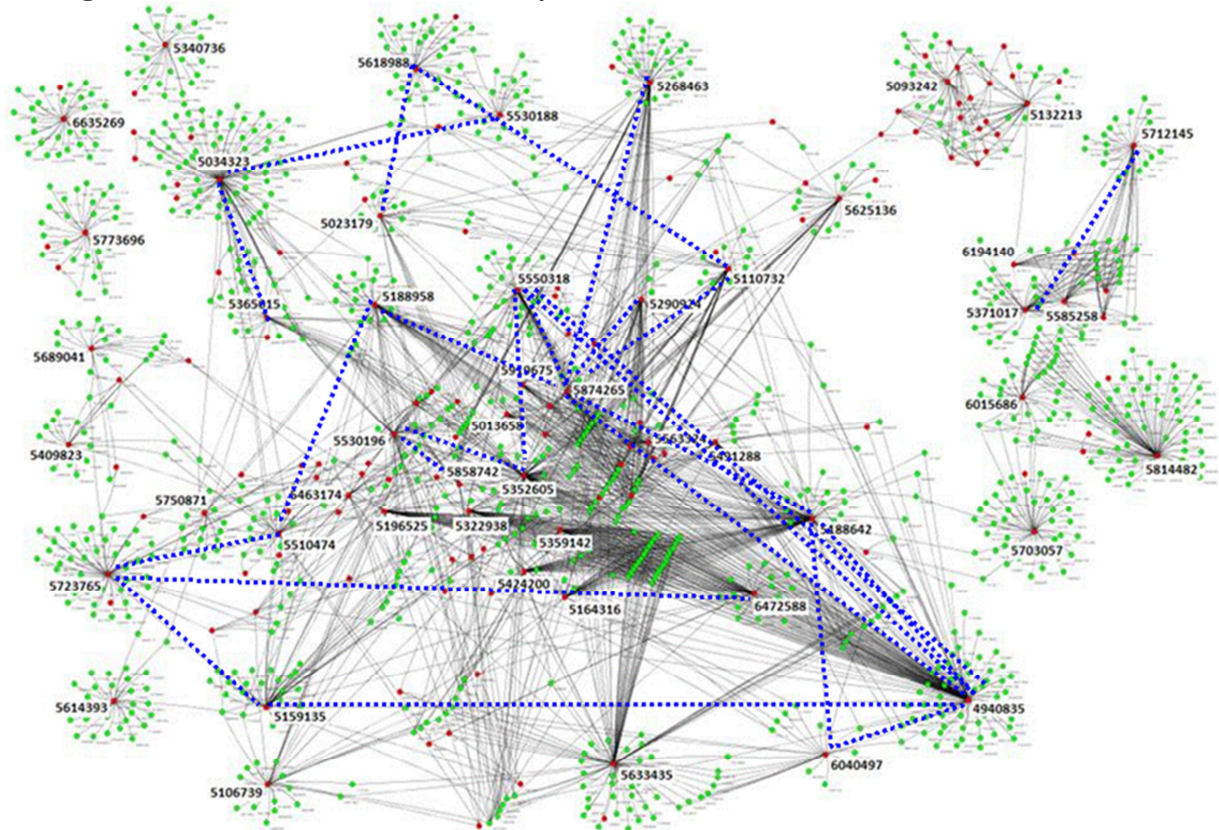
A referência à Figura 1 é necessária, uma vez que a existência da trajetória tecnológica só pode ter consistência se as patentes identificadas como centrais estiverem vinculadas aos passos para desenvolvimento de plantas transgênicas que os pesquisadores apontam como relevante e que Campos (2007) apresentou de forma estilizada.

A rede obtida pela aplicação no USPTO das palavras-chave UBIQUITINA e 35S é apresentada na Figura 4 abaixo. Compreende 564 patentes que envolvem 46% o tema da transformação de plantas (Etapa 4 da Figura 1); 47% a questão da fisiologia de plantas (Etapa 5 e subsequentes da Figura 1); 7% sobre resistência, mostrando que o conceito central, o *core* da tecnologia esteve em poucos inovadores que articularam a rede e portanto a trajetória tecnológica.

O tema de enzimas é residual na trajetória, ainda que se conheça a importância das enzimas de restrição na tecnologia da transgenia. Possivelmente esta técnica é genérica e fica fora da trajetória específica de plantas transgênicas, sendo importante para obtenção de quaisquer transgênicos.

Como se pode perceber, mesmo para conhecedores a figura é confusa. A linha azul é fruto da aplicação da metodologia de identificação das patentes mais importantes segundo os critérios de centralidade e distância geodésica (os valores de distância geodésica não foram incorporados no texto, por problemas de espaço).

Figura 4. Redes de Co-citação de patentes de biotecnologias para plantas transgênicas – K core 20. Redes completas.



Legenda:

**Vermelho:** As patentes mais citadas por outras patentes a frentes (157 to 20 citations) e as ligações mais importantes.

**Verde:** Patentes que citam as outras.

**Azul:** caminhos geodésicos 1/1 (que representam ligações diretas entre patentes muito citadas).

Fonte: trabalho dos autores a partir de USPTO.

Ressalte-se este ponto: se as patentes ligadas pela linha azul, que são centrais e respeitam a distância geodésica 1/1 tem significado, podem ser validadas pela análise apresentada na segunda seção do artigo e mais ainda, têm significado econômico, na forma de detentores de patentes que futuramente se envolveram no mercado de plantas transgênicas, então o exercício foi validado e a metodologia se mostra útil.

Volta-se à pergunta da introdução: este é um caso único – a trajetória obtida neste estudo - ou poderá ocorrer o mesmo no campo da bioenergia, ou seja, empresas que são detentoras de conceitos inovadores testáveis serão capazes de articular uma rede de tecnologias complementares e auxiliares, que permitam a prova do conceito e com isto, a obtenção de produtos comercializáveis?

A Figura 4 apresenta não só as patentes que constituíram a trajetória das plantas transgênicas, mas empresas envolvidas. Analisando o Quadro 1, conjuntamente, percebe-se:

- a) A empresa Monsanto tem a patente que define o conceito: tolerância ao herbicida glifosato;
- b) Desenvolve tecnologias intermediárias (*enabling technologies*) que são vitais para que o conceito seja viável, para a prova do conceito e também para a prova do vetor;
- c) Um conjunto de empresas independentes à época – nos anos 90, e que iniciaram suas pesquisas na segunda metade da década de 70 - desenvolve tecnologias utilizando tanto as patentes da Monsanto quanto o conhecimento que já detinham – uma vez que são resultado de pesquisas de mais de 15 anos – para constituir um *portfolio* de alternativas tecnológicas para as etapas cruciais, notadamente 3 e 4 da trajetória tecnológica;
- d) Há um papel modesto de inventores isolados, possivelmente de universidades e Institutos de pesquisa ou mesmo pesquisadores que não transferiram a propriedade de suas descobertas para as empresas.

Percebe-se o papel gerador da trajetória tecnológica da firma inovadora. Este ponto dá uma nova perspectiva para a idéia de complexidade da biotecnologia. Os blocos em construção mencionados por Fonseca et al. (2004) continuam a existir, na forma de busca de variedade de tecnologias intermediárias que viabilizem o conceito e lhe permitam a prova nos ciclos de investigação apresentados na segunda seção do trabalho.

Todavia, pode-se sugerir que o estudo aponta para o fato de que a trajetória tecnológica obtida nas redes de co-citação tem fortes vínculos com o sucesso do conceito como inovação no sentido formulado por Schumpeter, ou seja, que têm impacto na economia. A questão é: será que em outros processos biotecnológicos o mesmo tipo de trajetória de tecnológica a partir de redes de patentes será observada?

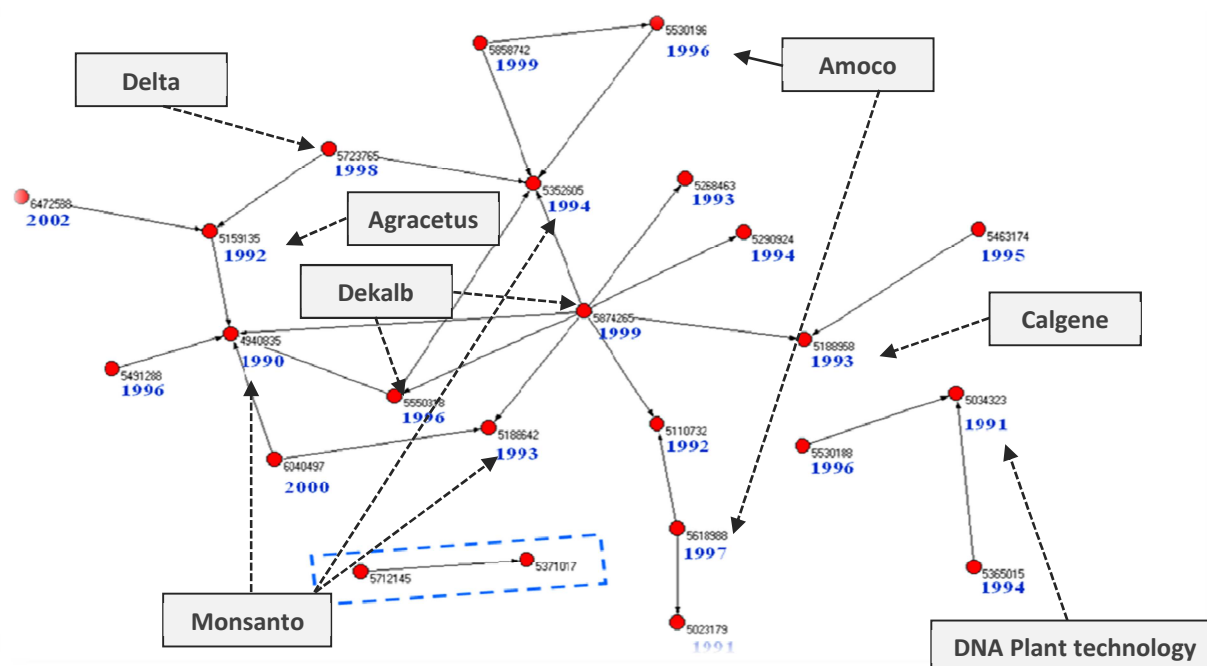
**Quadro 1. Redes de tecnologias para obtenção de cultivos transgênicos: patentes na trajetória tecnológica. Descrição do perfil das patentes mais citadas (de 157 a 20 citações).**


(USPTO nº/ANO)/ nº citações	Assignee - a quem se atribui a patente/ Inventor	Relevância para Obtenção de Cultivos GM
4,940,835/1990/ 157	Firma inovadora: Monsanto	Clonagem e vetor de expressão para o gene que confere tolerância ao glifosato: Etapas 2 e 3 da Figura 1.
5,034,323/ 1991/ 94	DNA Plant Technology Co.	Métodos de recombinação de DNA: Etapas 2 da Figura 1
5,023,179/ 1991/ 27	Lam E, Benfey PN, Gilmartin PMC, Nam-Hai. – inventores isolados	Vírus do mosaico da couve flor e o promotor 35S: Etapa 4 da Figura 1.
5,110,732/ 1992/ 49	Universidade Rockefeller	Promotor 35S do vírus da couve flor para expressão seletiva de quimeras: Etapa 4 da Figura 1. Alternativa à tecnologia anterior.
5,159,135/ 1992/ 50	Agracetus: empresa adquirida pela Monsanto a partir de 2000.	Transformação de plantas medida por <i>Agrobacterium</i> : Etapa 4 da Figura 1. Tecnologia alternativa às duas acima.

(USPTO nº/ANO)/ nº citações	Assignee - a quem se atribui a patente/ Inventor	Relevância para Obtenção de Cultivos GM
5,188,642/ 1993/ 96	Firma inovadora: Monsanto	Plantas resistentes ao glifosato: Etapa 1 e a própria definição do conceito a ser provado e que articula a rede.
5,268,463/ 1993/ 68	Jefferson RA. – inventor	Um promotor para construção de genes: Etapa 4. Tecnologia alternativa ao 35S mencionado acima. Mostra diversidade de tecnologias.
5,188,958/ 1993/ 64	Calgene Inc.	Cassete para o sistema de expressão a partir de transformação feita por <i>Agrobacterium</i> : Etapa 4 e Etapa 5 da Figura 1.
5,352,605/ 1994/ 122	Monsanto	Promotores quiméricos virais para transformação de plantas: Etapa 4. Busca de autonomia de outras empresas pelo inovador.
5,290,924/ 1994/ 39	Last DI, Brettell RIS, Chamberlain DA, Larkin PJ, Marsh EL, Peacock JW, Dennis ES, Olive MR, Ellis JG.	Promotor para expressão de genes estruturais: Etapas 2 e 4.
5,365,015/ 1994/ 33	ICI Imperial Chemical Industries PLC: empresa que desapareceu no processo de fusões e aquisições dos anos 90	Região inicial para transcrição: Etapa 4.
5,463,174/ 1995/ 24	Calgene Inc.	Métodos para melhorar genéticos e fenótipos associados: Etapa 5. Os conceitos tem que ser provados visando resultados comerciais.
5,550,318/ 1996/ 67	Dekalb Genetics Corporation: importante empresa de milho híbrido nos anos 80/90.	Bombardeamento de genes por microprojéteis. Tecnologia alternativa para Etapa 4.
5,530,196/ 1996/ 39	Monsanto	Genes quiméricos para transformar plantas usando promotores celulares virais: Etapas 4 e 5.
5,530,188/ 1996/ 21	Amoco Corporation	Vetores de DNA: Etapa 3.
5,491,288/ 1996/ 36	Rhone Poulenc Agrochimie: Empresa francesa desaparecida por processos de fusão e aquisição	Promotores de genes para tolerância a herbicidas.
5,618,988/ 1997/ 53	Amoco Corporation	Promotores quiméricos que permitem expressão ampliada em órgãos de armazenamento: Etapa 5.
5,723,765/ 1998/ 50	Delta and Pine Land Co. and The USA Secretary of Commerce: Empresa adquirida pela Monsanto nos anos 2000.	Promotores de genes ativos: Etapas 4 e 5.
5,773,696/ 1998/ 27	Monsanto Company	Vetores para transformação de microorganismos que colonizam plantas.
5,874,265/ 1999/ 24	Dekalb Genetics Corporation: Empresa do Grupo Monsanto a partir de meados dos anos 2000.	Produção de plantas monocotiledôneas transformadas férteis e estáveis: Etapa 5. Fundamental para a prova do conceito.
5,858,742/ 1999/ 21	Monsanto Company	Promotores virais quiméricos. Aperfeiçoando às Etapas 3 e 4 .
6,040,497/ 2000/ 25	Dekalb Genetics Corporation	Linhagens de milho resistentes a glifosato: Etapa 5 em diante. O conceito está para ser provado. Alternativa?

Fonte: autoria própria a partir de USPT e Thomson Reuters.

Figura 5. Trajetória tecnológica de plantas transgênicas.



Legenda:  
 ● vértices (patentes)  
 --- arcos (citações)  
 XXXX ano  
 cluster fora do escopo.

## Conclusões

A rede obtida evidencia que aos conceitos definidos com clareza pelas corporações, especificamente Monsanto, direcionaram os investimentos em pesquisa e conseqüentemente, a formação das redes de co-citação de patentes obtidas a partir duas palavras chave em nível meso: 35S e Ubiquitina, relacionadas a uma ampla gama de biotecnologias intermediárias. Estas tecnologias, uma vez reveladas na rede de co-citação, são aquelas necessárias para gerar e provar os conceitos visando a obtenção de plantas transgênicas.

O que é impressionante quando se obtém a trajetória tecnológica apresentada na rede extraída acima (Figura 5) é sua densidade, ou seja, em um período de 9 anos ( de 1990 a 1999 empresas e universidades de distintas filiações geraram ativos complementares na direção de transformar plantas e obter transgênicos (expressar adequadamente esta transformação).

Há uma ampla mobilização de questões em torno da obtenção de plantas transgênicas. A forma de coordenação desta rede pode estar sendo motivada pela expectativa de obtenção das plantas recombinantes, mas certamente nesta fase é fundamental a presença de vários agentes distintos.

No período em que essas trajetórias estão sendo conformadas DNA Plant technology, Calgene, Agracetus, Delta Pine, Pioneer, Dekalb são empresas independentes que valorizam seus ativos no campo da geração de *enabling technologies* e alguma delas no campo do melhoramento genético tradicional, áreas que são líderes a este tempo, como Pioneer (milho), Dekalb (milho e soja), Delta Pine (algodão). O conceito de ativos complementares de Teece, Pisano e Shuen (1997) se consolida com clareza.

Elas já estão posicionadas nos cultivos plataforma que serão valorizados com o sucesso da transgenia (a crítica dos ambientalistas também se dá pela idéia de que os cultivos GM reforçam a monocultura representada pelas commodities agroindustriais). Monsanto neste momento (em que a trajetória é definida em termos de propriedade intelectual) é um novo entrante no campo das sementes melhoradas e um futuro líder no setor de sementes geneticamente modificadas.

O resultado mostra, portanto, que é possível cruzar os *players* estabelecidos em um determinado setor, suas competências e posicionamento (pelas redes de co-citação de patentes) e uma projeção de resultados que podem emergir caso determinadas tecnologias venham ter impactos relevantes como efetivamente vem ocorrendo com os cultivos GM de soja, milho e algodão.

Os resultados também confirmam o que Murakami (2010) já havia apresentado em sua análise do setor aviário no Brasil, de que o papel das universidades é complementar. O número de patentes universitárias aumenta quando se caminha para patentes menos citadas e também os temas são mais amplos e menos coordenados, o que se reflete na posição dessas patentes nas redes de co-citação construídas e filtradas pelo critério *K-core* 20.

Os resultados também deixam claro que as redes obtidas evidenciam quem está posicionado para validar o conceito proposto, no caso a Monsanto. O fato de que ela tenha adquirido grande parte das empresas (exceção de Pioneer) só reforça o argumento.

A relação com a questão de política de C&T&I é clara, principalmente em um país em que a biotecnologia está centrada na pesquisa pública e nas corporações. Como o esforço público de pesquisa identifica e define conceitos? Seu posicionamento reflete as alianças universitárias ou a ligação com o setor produtivo, por exemplo, de bioenergia do etanol?

Como as novas redes de inovação em biotecnologia, principalmente no campo da bioenergia entendem que uma parte das tecnologias de que necessitam já está apropriada por poucos *players*, que é o lado problemático, mas também que não possivelmente ainda não estão definidas as trajetórias tecnológicas, no sentido que foi dado na parte teórica do texto e no resultado para plantas transgênicas, definidas que apontem para a apropriação dos principais *players* da área de cultivos GM, Monsanto, Dow Chemical, Syngenta, Basf, Bayer e Dupont.

## Referências

---

- Aghion P, Griffith R. *Competition and growth*. 1ª. ed. The MIT PRESS, 2006.
- Aoki M. Endogenizing institutions and institutional changes. *J Instit Econ*. 2007, 3(1):1-31.
- BIOTECSUR. *Identificación de los delineamientos estratégicos para a Plataforma BIOTECSUR*. Apoyo al Desarrollo de las Biotecnologías. Contrato MERCOSUR-BIOTECH – Unión Europea, 2009. Disponível na internet em: [http://docs.biotecsur.org/informes/es/inventario/15\\_es.pdf](http://docs.biotecsur.org/informes/es/inventario/15_es.pdf) [Acesso em out. 2011].
- Borges IC, Silveira JMFJ, Ramos de Oliveira AL. *Constraints and incentives for agricultural biotechnology in Brazil*. Encontro Nacional da ANPEC, 2010.
- Brookes G, Barfoot P. *Global socio-economic and environmental impacts*. PG Economics Ltd., 2010. Disponível na internet em: <http://www.pgeconomics.co.uk/pdf/2010-global-gm-crop-impact-study-final-April.pdf> [Acesso em out. 2011].
- Campos R. Redes de direito de propriedade intelectual na agro-biotecnologia: modelagem e mensuração de eficiência. Monografia (Bacharelado em Economia) - Instituto de Economia (UNICAMP), 2007.
- Conselho de Informação em Biotecnologia (CIB). (2009). *Guia dos transgênicos*. Disponível na internet em: [www.cib.org.br](http://www.cib.org.br) [Acesso em out. 2011].
- Cowan R. *Network models of innovation and knowledge diffusion*. MERIT - Infonomics Research Memorandum series, 2005.
- Dal Poz MES. *Redes de inovação em biotecnologia: genômica e direitos de propriedade intelectual*. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências (UNICAMP), 2006.
- Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*. 1982, 11(3):147-62. [notes 14,17].
- Fonseca MDG, Lages C, Silveira JMFJ. *Institutional and financing requirements to the emergence of biotechnology in Brazil*. ISS – Schumpeterian Association Conference. Milan, June 2004.
- Fraley RT. The contributions of plant biotechnology to agriculture in the coming decades. In: Krattiger AF, Rosemarin A. (Eds.). *Biosafety for sustainable agriculture: sharing biotechnology regulatory experiences of the western hemisphere*. Ithaca/Stockholm: ISAAA/SEI, 1994.

- Goyal S. *Connections*. Princeton University Press, 2007.
- Hall BH, Jaffe AB, Trajtenberg M. *The NBER patent citation data file: lessons, insights and methodological tools*. NBER Working Paper 8498, 2001.
- Hall JK, Martin MJC. Disruptive technologies, stakeholders and the innovation value-added chain: a framework for evaluating radical technology. *R&D Management*. 2005, 35(3):273-84.
- Hare PD, Chua N-H. Excision of selectable marker genes from transgenic plants. *Nature Biotechnology*. 2002, 20:575-80.
- Jackson M. *Social and economic networks*. 1ª.ed. Princeton University Press, 2010.
- Jaffe AB, Trajtenberg M. *Patents, citations & innovations. a window on the knowledge economy*. MIT Press, 2002.
- James C. *Global status of commercialized biotech/GM crops: 2006*. ISAAA Brief 38, Ithaca: ISAAA, 2009.
- Kline W, Rosemberg N. An overview of innovation. In: Landau R, Rosemberg N. (Orgs.). *The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth*. National Academies Press, 1986.
- Lemos MB, Negri JÁ, Ribeiro L, Ruiz R. *Fundos setoriais e Sistema Nacional de Inovação: uma análise exploratória. Relatório 1*. MCT/FINEP/IPEA/UFMG, 2009.
- Mir L. (Org.). *Genômica*. 1ª.ed. São Paulo: Atheneu, 2004.
- Murakami T. *As redes de valor do conhecimento com geradoras e difusoras do progresso técnico para as atividades agropecuárias: o caso da avicultura brasileira*. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências (UNICAMP), 2009.
- Potera C. Blooming biotech. *Nature Biotechnology*. 2007, 25:963-5.
- Russel A. Biotechnology as technological paradigm in the global knowledge structure. *Technol Analysis Strat Manag*. 1999, 11(2):235-54.
- Sampat BN, Ziedonis A. *Cite-seeing: patent citations and economic value of patents*. Mimeo, 2002. Disponível na internet em: [www.vannevar.gatech.edu/paper.htm](http://www.vannevar.gatech.edu/paper.htm) [ Acesso em out. 2011].
- Silveira JMFJ, Futino A, Olalde R. Biotecnologia: corporações, financiamento da inovação e novas formas organizacionais. *Economia e Sociedade*. 2002, 11(18):129-64.
- Sturtevant A. *A history of genetics*. New York: Cold Spring Harbor Press, 2001.





Teece D, Pisano G, Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management*. 1997, 18(3):503-33.

Trajtemberg M. A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations. *RAND J Econ*. 1990, 21(1):172-87.

Verspagen B. Mapping technological trajectories as patent citation networks: a study on the history of fuel cell research. *Adv Complex Syst*. 2007, 10(1):93-115.

Walsh V. Creating markets for biotechnology. *Intern J Sociol Agricult Food*. 2002, 10(2):33-46.

Zarilli S. *International trade in GMOs and GM products: national and multilateral legal frameworks*. Sales, 2005.