

ACADEMIA DE PROPRIEDADE INTELECTUAL E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI
DOUTORADO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E INOVAÇÃO

Cecilia Anita Häsner Domjan

**Avanços tecnológicos no padrão de produção de mudas de cana-de-açúcar no período de
2000 a 2016**

Rio de Janeiro – RJ

2017

Cecilia Anita Häsner Domjan

**Avanços tecnológicos no padrão de produção de mudas de cana-de-açúcar no período de
2000 a 2016**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Propriedade Intelectual e Inovação do
Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

Área de Pesquisa: Propriedade Intelectual e
Desenvolvimento Tecnológico

Orientador: Eduardo Winter

Co-Orientador: Araken Alves Lima

Rio de Janeiro

2017

Ficha Cartográfica

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca de Propriedade Intelectual e Inovação “Economista Cláudio Treiguer” – INPI

H352 Häsner, Cecília Anita Domjan.

Avanços tecnológicos no padrão de produção de mudas de cana-de-açúcar no período de 2000 a 2016. / Cecília Anita Häsner Domjan. – 2017.

187 f. il. fig. quadros.

Tese (Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação) – Programa de Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação – Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de Janeiro, 2017.

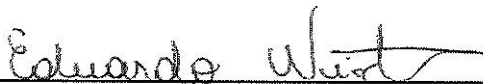
Orientador: Dr. Eduardo Winter.

Coorientador: Dr. Araken Alves de Lima.


1. Propriedade industrial – Patentes. 2. Patentes – agricultura. Patentes – Cana-de-açúcar. 3. Patentes – Informação tecnológica. I. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil).

CDU: 347.771: 631.558.6

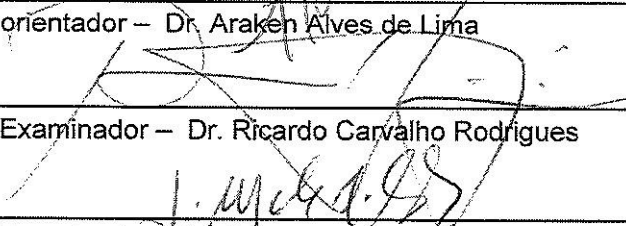
Eu, Eduardo Winter, presidente desta banca, lavrei a presente Ata que segue por mim assinada e pelos demais membros da Banca Examinadora.



Prof. Orientador – Dr. Eduardo Winter



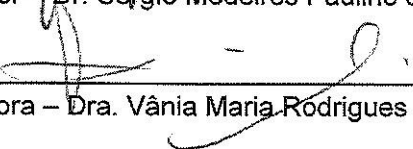
Coorientador – Dr. Araken Alves de Lima



1º Examinador – Dr. Ricardo Carvalho Rodrigues



2º Examinador – Dr. Sergio Medeiros Paulino de Carvalho



3ª Examinadora – Dra. Vânia Maria Rodrigues Hermes de Araújo

4º Examinador — Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira



Doutoranda – Cecília Anita Hasner Domian

DEDICATÓRIA

A todos que acreditam que podemos contribuir para melhorar nossa sociedade, de forma mais justa e sustentável, através da disseminação do conhecimento e do aprendizado, e aos meus filhos, que possam seguir o caminho da sabedoria.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Academia de Propriedade Intelectual do INPI pelos dez anos de existência e por ter propiciado minha formação como Mestre e agora, aprofundando meu conhecimento através do Programa de Doutorado. Em especial, a Rita Pinheiro e Celso Lage, que incansavelmente tem defendido e disseminado a importância de um programa multidisciplinar na instituição, contando com um corpo docente de excelência.

Sou muito grata a meus orientadores, Eduardo Winter e Araken Alves Lima, que desde o Mestrado foram pessoas presentes e marcantes na minha formação. Agradeço a Eduardo pela dedicação constante nos últimos meses, discutindo infinitos Gráficos e Tabelas, enriquecendo a análise dos dados e a forma como apresentá-los. Ao Araken, que mesmo em outro estado, acompanhou o desenvolvimento da pesquisa e, através de longas conversas fim de semana a fora, ajudou no entendimento da agroindústria canavieira e reforçou o pensamento econômico neoschumpeteriana da pesquisa de tese.

Agradeço aos colegas de doutorado pelo grato convívio, os ricos debates em sala de aula e as amenidades fora do ambiente acadêmico.

Às secretárias Patrícia Trotte e Mara Silva, pela prontidão em me atender e me apoiar no Programa.

À todos os professores que influenciaram no meu pensamento, em particular aos professores Dirceu Teruya, Douglas Santos, Sérgio Carvalho e Ricardo Rodrigues, pelo aporte de conhecimento sobre temas relacionados com inovação, meio ambiente, agricultura e métodos prospectivos, que ajudaram na consolidação do meu aprendizado.

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes) pelo apoio no uso da plataforma do Portal de Periódicos Capes/MEC, em especial ao Francisco Rapchan, colega de doutorado, de artigos, de conversas, de amizade e de oportunidades de crescimento pessoal.

Agradeço a Nelson Élio Zanotti, pela oportunidade de compartilhar e debater o tema da pesquisa na época da qualificação.

À Patrícia Ferreira, pelo apoio, conselhos e sua visão de educadora durante o desenvolvimento da pesquisa, na qualificação e na preparação final da defesa.

Às amizades realizadas no saguão do aeroporto, em tantas idas e vindas de Vitória-Rio, permitindo compartilhar as mesmas dificuldades de fazer um doutorado longe de casa.

Agradeço a minha mãe, que continuamente me apoia na dedicação dos meus estudos.

Ao meu esposo e filhos, pela compreensão destes quatro anos dedicados ao Programa de Doutorado, me ausentando física e mentalmente.

À Vanessa Faria pelo suporte na tradução em inglês de um dos artigos submetido a revistas internacionais e pelas dicas no uso das ferramentas do Excel, fundamentais para a análise e compilação dos dados.

Aos meus amigos, minhas colegas de passeios ciclísticos, minhas amigas da confraria de vinho, a saudosa Detinha Son, minhas amigas cariocas, minha família de lugares longínquos, e muitos outros que me deram suporte para continuar e concretizar esta etapa da minha vida.

Agradeço o apoio do CNPq, que ajudou a viabilizar minhas inúmeras viagens ao Rio e a manutenção no Programa de Doutorado.

EPÍGRAFE

“É precisamente na fronteira do conhecimento que a imaginação tem seu papel mais importante; o que ontem foi apenas um sonho, amanhã poderá se tornar realidade.”

Marcelo Gleiser

RESUMO

O tema de tese está centrado em mostrar a importância da propriedade intelectual e da inovação em uma das atividades agrícolas mais relevantes para o país, a produção de cana-de-açúcar. O objetivo é analisar os avanços tecnológicos da produção de mudas de cana-de-açúcar ao longo do tempo, com ênfase no período de 2000 a 2016, abordando como as mudanças tecnológicas afetam o estado da técnica e o padrão de produção da cana na agroindústria canavieira, o convencional e o de cultivo de tecido. A metodologia adotada se baseia em estudos de cientometria através do levantamento de artigos científicos e documentos de patente. Foram utilizados indicadores de ciência e tecnologia e indicadores relacionais de co-autoria (autor-inventor), co-classificação e de citação de patentes. A estratégia de busca utilizou termos relacionados com técnicas de propagação vegetativa da cana-de-açúcar e os repositórios escolhidos foram o Web of Science e o Derwent Innovation Index, ambos da Thomsom Reuters®. Os dados foram exportados para uma planilha Excel, onde foram agrupadas em uma classificação própria e analisados utilizando programas de computador livre. Na análise geral do total de documentos recuperados, tem-se que dos 3.747 documentos, a maior proporção é de documentos de patente, 2.148, contra 1.599 de publicações científicas no período de 1945 a janeiro de 2017, apresentando flutuações ao longo do tempo, demonstrando uma relação de dependência linear entre artigos e patentes a partir de 1997. Demonstra-se assim que existe uma alta capacidade para converter a pesquisa científica em desenvolvimento tecnológico, denotando uma certa maturidade das técnicas de produção de mudas. Os indicadores de produtividade científica e tecnológica para o período de 2000 a 2016 mostraram diferenças das áreas de pesquisa entre artigos e patentes. Enquanto as pesquisas científicas estavam focadas em estudos gerais da cana-de-açúcar, envolvendo toda a cadeia produtiva, os documentos de patente se concentravam em áreas de ponta, como a engenharia genética ou melhoramento vegetal, seguidas do controle de doenças e pragas e as técnicas de propagação vegetativa da cana-de-açúcar. O maior volume de documentos de patente nestas áreas foi observado após 2009, o que indica que o esforço em P&D é relativamente recente, pressionado pelas crescentes exigências ambientais e a necessidade de melhorar a produtividade. As tecnologias sobre embriogênese/micropropagação, criopreservação e semente artificial surgiram em maior número a partir de 2011, indicando que se tratam de tecnologias emergentes. Os resultados apontam para a existência de verdadeiros “hubs” da inovação, mostrando conexão entre quem produz a ciência e quem se apodera do conhecimento por patentes. Destacam-se grupos de países em sistemas de inovação “*local for local*”, incluindo a China, Índia e Brasil, enquanto que a Austrália tem a maior capacidade de transferir conhecimento em um contexto “*local for global*”. A presente tese conseguiu evidenciar as mudanças no padrão de produção de mudas de cana-de-açúcar, as quais estão voltadas para técnicas de cultivo de tecidos, sugerindo a coexistência de trajetórias tecnológicas sob o paradigma da biotecnologia ou “genético”. Como encaminhamento, aconselha-se realizar estudos sobre os fatores que afetam a adoção das inovações tecnológicas de ambos padrões de produção.

Palavras-chaves: propriedade intelectual, patentes, trajetórias tecnológicas, mudas, cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The thesis is focused on the relevance of intellectual property and innovation in one of the most relevant activities of the country, the production of sugar cane. The objective is to analyze the technological advances in the production of sugarcane seedlings over time, with emphasis on the period from 2000 to 2016, addressing how technological changes affect the state of the art and the cane production pattern in sugarcane agroindustry, conventional and tissue culture. The methodology is based on scientometric studies through the collection of scientific articles and patent documents. Science and technology indicators and relational indicators of co-authorship (author-inventor), co-classification and patent citation were used. The search strategy used for collecting data included terms related to sugarcane vegetative propagation techniques and database chosen were the Web of Science and the Derwent Innovation Index, both of Thomsom Reuters®. The data was exported to an Excel spreadsheet, where it was grouped into a classification of its own and analyzed using free software. The general analysis of the 3,747 documents retrieved from 1945 to January 2017 showed a higher proportion of patent documents (2,148) compared to scientific publications (1,599), showing fluctuations over time and a linear relationship between articles and patents after 1997. It is demonstrated that there is a high capacity to convert scientific research into technological development, denoting a certain maturity of the techniques of seedling production. The scientific and technological production indicators for the period from 2000 to 2016 show the areas of research between articles and patents. While scientific articles were focused in general sugarcane research, involving an entire chain production, patent documents were concentrated on leading areas, such as genetic engineering or plant breeding, followed by disease and pest control and sugarcane vegetative propagation techniques. The largest volume of patent documents in these areas was observed after 2009, which indicates that the R & D effort is fairly recent, driven by increasing environmental demands and the need to improve productivity. Technologies on embryogenesis / micropropagation, cryopreservation and artificial seed emerged in greater numbers since 2011, indicating they are emerging technologies. The results pointed out the existence of innovation "hubs", showing the connection between who produces a science and who seizes knowledge by patents. The analysis data highlight groups of countries in "local-to-local" innovation systems, including China, India and Brazil, while Australia has a greater ability to transfer knowledge in a "local to global" context. The present thesis was able to show the change in the production pattern of sugarcane seedlings focused on tissue culture techniques, suggesting a coexistence of technological trajectories under the biotechnology or "genetic" paradigm. It is suggested a diffusion analysis on the factors that affect an adoption of the technological innovations of both production patterns for future studies.

Keywords: intellectual property, patents, technological trajectories, seedlings, sugarcane.

Lista de Ilustrações – Gráficos

Gráfico 1: Representação gráfica da evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil nas safras de 1946–1947 a 2012–2013 e seus respectivos paradigmas.	28
Gráfico 2: Evolução do endividamento e das operações de fusão/aquisição na agroindústria sucroenergética.....	29
Gráfico 3: Evolução do rendimento médio por área colhida (1990-2013) no Brasil e regiões.	33
Gráfico 4: Distribuição das publicações científicas e de documentos de patente segundo ano de publicação comparado com a taxa média de crescimento anual de produtividade de cana-de-açúcar mundial. N= 3.746. Legenda: J – documentos científicos; P – documentos de patente.	64
Gráfico 5 Evolução das Publicações Científicas segundo ano de publicação e as classificações dos documentos recuperados sobre técnicas de produção de cana-de-açúcar para o período de 2000 a 2016. N=1141.....	69
Gráfico 6 Rede de relacionamento entre os grupos das publicações científicas sobre técnicas de produção de mudas e as áreas de pesquisa indexadas nos artigos. N=1141. Período: 2000-2016.....	71
Gráfico 7: Rede de relacionamento entre os países que que pesquisam sobre propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar.....	74
Gráfico 8: Relação entre as principais instituições que pesquisam sobre propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016.	78
Gráfico 9: As top 12 instituições segundo a frequência dos grupos das publicações científicas sobre técnicas produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016	79
Gráfico 10: Distribuição dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo ano de publicação e a classificação dos documentos recuperados e o ano de publicação. N= 1999. Período: 2000-2016. Nota explicativa: resultados parciais sujeito a alterações devido as características da base.	80
Gráfico 11: Mapa mundial mostrando a distribuição dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo país de origem. N=1999. Período: 2000-2016.	84
Gráfico 12: Distribuição percentual de pesquisadores em equivalência de tempo integral, por setores institucionais (empresas, governo e ensino superior), de países selecionados para o ano de 2008.	86
Gráfico 13: Mapa mundial mostrando a distribuição das famílias de patentes segundo o país de publicação das famílias de patentes. N= 12.124. Período: 2000-2016.....	89
Gráfico 14: Distribuição das famílias de patente segundo países de publicação e agrupamento dos documentos. N=1999. Período: 2000-2016.....	90
Gráfico 15: Rede de relacionamento entre as instituições titulares dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016.	95
Gráfico 16: Rede de relacionamento das top 5 instituições titulares dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016.	96
Gráfico 17: Rede de relacionamento entre as instituições brasileiras titulares dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016.....	97
Gráfico 18: Rede de relacionamento entre os autores-inventores das publicações científicas e técnicas. N=435. Período: 1945-2017.....	103
Gráfico 19: Porcentagem dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar com uma ou mais indexações da Classificação Derwent e a porcentagem do número de campos tecnológicos indexados intra-seção e inter-seção. N=1999. Período: 2000-2016.....	104
Gráfico 20: Taxas de convergências tecnológicas intra-seção e inter-seção dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo ano da publicação. N= 1999. Período: 2000-2016.	105
Gráfico 21: Frequência em porcentagem do número de domínios tecnológicos da convergência intra-seção (a) e inter-seção (b) por documento de patentes sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar ao longo do tempo. N= 1999. Período: 2000-2016.....	107
Gráfico 22: Distribuição das citações dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar e as principais tecnologias ao longo do tempo junto da representação gráfica dos	

principais campos tecnológicos. N= 181. Legenda: CP = patente citante; PL= literatura patentária citada; NPL= literatura não-patentária citada.....	112
Gráfico 23: Distribuição das publicações de patentes relacionadas a produção de mudas de cana-de-açúcar no Brasil segundo o país de origem do titular. N= 393. Período: 2000-2016.	115
Gráfico 24: Principais instituições titulares dos documentos de patente publicados no Brasil sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=393. Período: 2000-2016.....	117
Gráfico 25: Documentos de patente publicados no Brasil sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo ano de publicação e de acordo com o agrupamento, comparado com a produtividade da cana-de-açúcar no Brasil (toneladas por hectare). N=393. Período: 2000-2016.	118
Gráfico 26: Comparação da Balança comercial de insumos agrícolas (biocidas e reguladores de crescimento) e a safra anual da cana-de-açúcar para o estado de São Paulo. Período: 2000-2016.	119
Gráfico 27: Frequência por contagem fracionada de participação das instituições brasileiras nas publicações científicas e nos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 279. Período: 2000-2016.....	122
Gráfico 28: Evolução temporal dos registros de cultivares comparados ao número de publicações científicas e documentos de patente de origem brasileira sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. Legenda: J = artigos; P= patentes; C=cultivares. $N_{cultivares}= 110$; $N_{artigos}=250$; $N_{patentes}=29$. Período: 2000-2016.	125
Gráfico 29: Distribuição temporal dos registros de cultivares de cana-de-açúcar por tipo de mantenedor. N=110. Período: 2000 a 2016.....	127

Lista de Ilustrações – Tabelas

Tabela 1: Top 20 instituições em atividades de pesquisa sobre biocombustíveis no mundo. Período 2003 a 2012.....	17
Tabela 2: Estratégia de busca realizada na base do Web of Science, contemplando todos os índices (SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI). Tempo estipulado: todos os anos.....	49
Tabela 3: Estratégia de busca na base do Derwent Innovation Index, índices contemplados: CDerwent, EDerwent, MDerwent. Tempo estipulado: todos os anos.....	50
Tabela 4 – Comparação da produtividade mundial média de cana-de-açúcar, taxa de crescimento médio da produtividade e o número de publicações científicas e documentos de patente recuperados sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar por período, bem como seus índices P/J e coeficiente de Pearson.	66
Tabela 5 - Agrupamento das publicações científicas e documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 3.747.....	67
Tabela 6 – Minigráfico e Índice de Impacto das Publicações Científicas sobre a produção de mudas segundo as classificações dos documentos recuperados. N=1141. Período: 2000-2016.	70
Tabela 7 - Principais países que pesquisam sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar e seus índices de impacto e de colaboração, comparados ao ranking mundial de países produtores de cana-de-açúcar. N=1074.	72
Tabela 8: Ranking dos 10 principais periódicos utilizados nas publicações científicas sobre propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016.....	73
Tabela 9 - Principais países segundo o agrupamento das publicações científicas sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016.	75
Tabela 10 - Principais instituições que pesquisam sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016.	76
Tabela 11 - Minigráficos, número de documento de patentes, tamanho médio das famílias e índice de impacto sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo a classificação dos documentos recuperados. N= 1999. Período: 2000-2016.	80
Tabela 12: Frequência e descrição da Classificação Derwent indexadas nos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016.	81
Tabela 13: Frequência da Classificação Derwent indexadas nos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016. Legenda disponível na Tabela 12 e anexo 4.	82
Tabela 14 - Distribuição temporal das famílias de patentes segundo país de origem. N=1999. Período: 2000-2016	85
Tabela 15 - Indicadores dos documentos de patente segundo país de origem sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1999. Período: 2000-2016. Legenda: sd – sem dados disponíveis....	87
Tabela 16 - Distribuição do país de origem dos documentos de patente segundo classificação dos documentos sobre propagação vegetativa e produção de cana-de-açúcar. N=1999. Período: 2000-2016.	88
Tabela 17 - Indicadores dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo as instituições dos documentos recuperados. N=1999. Período: 2000-2016.....	92
Tabela 18: Principais Instituições das Famílias de patentes sobre técnicas de produção de mudas segundo a classificação dos documentos. Período: 2000-2016.	93
Tabela 19: Lista dos principais autores-inventores das publicações científicas e documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 3747.....	101
Tabela 20: Principais domínios tecnológicos associados nas convergências tecnológicas intra e interseção dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1275, Período – 2000-2014. Legenda disponível na Tabela 12 e anexo 4.....	107
Tabela 21: Número de Publicações científicas com a participação de autores brasileiros e número de documentos de patente com o Brasil como país de origem. Período: 2000 – 2016.....	120

Tabela 22 - Coeficiente de Pearson calculado entre as variáveis: registros de cultivares e as famílias de patentes sobre propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar, de origem brasileira e dos documentos de patente publicados no país, em dois períodos.	125
Tabela 23: Registro Nacional de Cultivares de Cana-de-Açúcar por mantenedor. Período 2000-2016.	126

Lista de Ilustrações – Esquemas

Esquema 1: Fluxograma do processo de produção de cana-de-açúcar utilizando a técnica convencional por rebolos.	10
Esquema 2: Fluxograma do processo de produção de mudas de cana-de-açúcar.	16
Esquema 3: Esquema mostrando as diferentes etapas da metodologia da tese para análise dos avanços tecnológicos sobre produção de mudas de cana-de-açúcar.	47
Esquema 4: Esquema representando as diferentes etapas com o total de documentos, publicações científicas e documentos de patente, sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar.	51
Esquema 5 - Esquema representativo sobre a definição de convergência tecnológica através da análise de co-classificação utilizando a Classificação Derwent (anexo 4).	60

Lista de Ilustrações - Quadros

Quadro 1: Principais formas de proteção intelectual vinculadas com a cadeia produtiva de mudas de cana-de-açúcar no caso brasileiro.	23
Quadro 2: Resumo do perfil de patenteamento da cadeia produtiva do etanol no período 1974-2006. 30	
Quadro 3: Principais atores do sistema de inovação da cana-de-açúcar.	32
Quadro 4: Agrupamento dos documentos por classificação do foco principal da publicação científica e documento de patente.	52
Quadro 5: Descrição dos documentos de patente utilizado na análise de citação.	108
Quadro 6: Perfil das Instituições Brasileiras e a principal contribuição ao estado da técnica sobre produção de mudas de cana-de-açúcar.	122

Lista de abreviaturas e siglas

ABRASEM - Associação Brasileira de Sementes e Mudas

ATR – Açúcar Total Recuperável

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento

CAI - Complexo Agroindustrial

CDB – Convenção da Diversidade Biológica

CEEDS - *Crop Expansion Encapsulation and Drilling System*

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e Caribe

CIP - Classificação Internacional de Patentes

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

COPERSUCAR - Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo

CSIRO - Organização de Pesquisa da Comunidade Científica e Industrial da Austrália

CTBE - Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol

CTC – Centro de Tecnologia Canavieira

DPI – Direito da Propriedade Intelectual

ESALQ - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

FNDCT - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia

GATT - Acordo Geral de Tarifas e Comércio

IAA - Instituto do Açúcar e do Álcool

IAC - Instituto Agrônomo

ICAR - Conselho da Índia de Pesquisa Agrícola (ICAR)

IDE - Investimento Direto Estrangeiro

IISR - Instituto Indiano de Pesquisa em Cana-de-açúcar

MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MCTI – Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MDIC - Ministério de Desenvolvimento e Comércio Exterior

MTA – *Material Transfer Agreements*

OMC - Organização Mundial do Comércio

OMPI - Organização Mundial da Propriedade Intelectual

P & D – Pesquisa e Desenvolvimento

PADCT - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PAISS - Plano BNDES-Finep de Apoio à Inovação dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico

Planalsucar - Programa de Melhoramento da Cana-de-açúcar

Proálcool - Programa Nacional do Álcool

RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento Canavieiro

RNC - Registro Nacional de Cultivares

SAA - Sistema Agroalimentar

SASRI - Instituto de Pesquisa da Cana-de-açúcar da África do Sul

SC - *subject category*

SNPC - Serviço Nacional de Proteção de Cultivares

SPIS - Sistema de Produção e Inovação Canavieiro

TRIPs - *Trade-related Aspects of Intellectual Property Rights*

UPOV - União Internacional para Proteção das Obtenções Vegetais

USDA - ARS - Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

USP – Universidade de São Paulo

USPTO – *United State Patent and Trademark Office*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR E SUA FORMA DE PROTEÇÃO INTELECTUAL	6
1.1. CARACTERÍSTICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	7
1.2. PADRÃO DE PRODUÇÃO DE MUDAS	8
1.2.1. <i>Padrão de Produção de Mudas por Técnica Convencional</i>	8
1.2.2. <i>Padrão de Produção de Mudas por Técnicas de Cultivo de Tecidos</i>	11
1.3. REGULAMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL	14
1.4. PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA E PROGRAMAS DE FOMENTO ASSOCIADOS À CANA-DE-AÇÚCAR	16
1.5. FORMAS DE PROTEÇÃO INTELECTUAL	19
2. AVANÇO TECNOLÓGICO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DO PONTO DE VISTA DA ECONOMIA DA INOVAÇÃO	25
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR AGROINDUSTRIAL CANAVIEIRO	25
2.1.1. <i>Conceito de agroindústria e características do setor agrícola</i>	25
2.1.2. <i>Evolução da Agroindústria Canavieira Brasileira</i>	27
2.2. CONCEITOS RELACIONADOS COM A GERAÇÃO E ADOÇÃO DE INOVAÇÕES	35
2.2.1. <i>Paradigma Tecnológico e Trajetórias Tecnológicas</i>	35
2.2.2. <i>Escolha das Trajetórias Tecnológicas, Path Dependence e Lock-in</i>	38
2.2.3. <i>Fatores de Mudanças Tecnológicas na Agroindústria</i>	39
2.2.4. <i>Globalização da Inovação</i>	44
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	46
3.1. ABORDAGEM METODOLÓGICA	46
3.1.1. <i>Etapas da Metodologia</i>	47
3.2. DEFINIÇÃO DO OBJETO DE BUSCA	47
3.3. LEVANTAMENTO DOS TERMOS DE BUSCA	48
3.4. ESCOLHA DA BASE DE DADOS	48
<i>Web of Science®</i>	48
<i>Derwent Innovation Index</i>	48
3.5. ELABORAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA, EXECUÇÃO E RECUPERAÇÃO DOS DOCUMENTOS	49
3.6. REFINO, DEFINIÇÃO DO UNIVERSO DE DOCUMENTOS E TRATAMENTO DOS DADOS	50
3.7. TRATAMENTO DOS DADOS	51
3.7.1. <i>Harmonização das instituições</i>	51
3.7.2. <i>Agrupamento dos documentos</i>	52
3.8. ANÁLISE GERAL DOS DOCUMENTOS RECUPERADOS:	54
3.8.1. <i>Evolução Temporal Total</i>	54
3.8.2. <i>Análise por Períodos de desenvolvimento tecnológico</i>	54
3.8.3. <i>Análise por agrupamento dos documentos recuperados</i>	56
3.9. INDICADORES DE ATIVIDADE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA.....	56
3.9.1. <i>Indicadores das Publicações Científicas – Período de 2000-2016</i>	56
3.9.2. <i>Indicadores de Patentes – Período de 2000 a 2016</i>	57
3.10. INDICADORES E MÉTODOS ANALÍTICOS DE DADOS AVANÇADOS	59
3.10.1. <i>Análise de autor-inventor</i>	59
3.10.2. <i>Convergência Tecnológica através da análise de co-classificação</i>	59
3.10.3. <i>Análise de Citação de Patentes</i>	60
3.11. ANÁLISE DO CENÁRIO NACIONAL	61
3.11.1. <i>Proteção Intelectual por patente</i>	61
3.11.2. <i>Impacto da pesquisa científica e tecnológica brasileira</i>	62
3.11.3. <i>Principais Instituições brasileiras</i>	62
3.11.4. <i>Proteção por cultivar</i>	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63

4.1.	PANORAMA GERAL DAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS	63
4.1.1.	<i>Evolução Temporal</i>	63
4.1.2.	<i>Agrupamento dos documentos recuperados</i>	67
4.2.	INDICADORES DE ATIVIDADE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA	68
4.2.1.	<i>Perfil das Publicações Científicas – Período de 2000 a 2016</i>	68
4.2.2.	<i>Perfil dos Documentos de patente – Período de 2000 a 2016</i>	79
4.2.3.	<i>Considerações do Tópico de Atividade Científica e Tecnológica</i>	97
4.3.	INDICADORES E MÉTODOS ANALÍTICOS DE DADOS AVANÇADOS.....	99
4.3.1.	<i>Análise de Autor-inventor</i>	99
4.3.2.	<i>Convergência Tecnológica pela Análise de Co-classificação</i>	104
4.3.3.	<i>Análise de citação de patentes sobre produção de mudas de cana-de-açúcar</i>	108
4.3.4.	<i>Considerações do Tópico de Indicadores e métodos de dados avançado</i>	112
4.4.	ANÁLISE DO CENÁRIO NACIONAL.....	114
4.4.1.	<i>Proteção Intelectual por patente</i>	114
4.4.2.	<i>Impacto da pesquisa científica e tecnológico brasileira</i>	119
4.4.3.	<i>Principais instituições brasileiras</i>	120
4.4.4.	<i>Proteção por Cultivares</i>	124
4.4.5.	<i>Considerações sobre o tópico</i>	127
	CONCLUSÕES E ENCAMINHAMENTOS	129
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
	APÊNDICE 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE PATENTES E A RELAÇÃO COM A CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL DE PATENTES	144
	APÊNDICE 2: FREQUÊNCIA DA INDEXAÇÃO POR ÁREA DE PESQUISA NAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS RELACIONADAS COM TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NO PERÍODO DE 2000 A 2016. N=1141.	145
	APÊNDICE 3: TIPO DE COLABORAÇÃO DOS PRINCIPAIS PAÍSES QUE PESQUISAM SOBRE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR. N=1074. LEGENDA: PRÓPRIA FRAC (CONTAGEM FRACIONADA); INTER PAÍS (COLABORAÇÃO ENTRE PAÍSES DIFERENTES); INTRA PAÍS (COLABORAÇÃO ENTRE DIFERENTES INSTITUIÇÕES DENTRO DO MESMO PAÍS) E INTRA INSTITUIÇÃO (COLABORAÇÃO ENTRE LABORATÓRIOS/DEPARTAMENTOS DA MESMA INSTITUIÇÃO).	146
	APÊNDICE 4: NOME DAS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS COM PARTICIPAÇÃO (CONTAGEM FRACIONADA ≥ 1) NOS DOCUMENTOS RECUPERADOS SOBRE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR. PERÍODO: 2000-2016.	147
	ANEXO 1 –MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO NA SAFRA 2013/14.	149
	ANEXO 2 – PRINCIPAIS FUSÕES E AQUISIÇÕES DE EMPRESAS NO MERCADO BRASILEIRO DE SEMENTES.	150
	ANEXO 3: FONTES DE INOVAÇÃO E FORMAS DE PROTEÇÃO À PROPRIEDADE INTELECTUAL.	151
	ANEXO 4: ESTUDO SISTEMATIZADO PARA SELEÇÃO DE TERMOS DE BUSCA PARA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE CANA-DE-AÇÚCAR	152
	ANEXO 5 - DESCRIÇÃO DETALHADA DAS BASES DA TOMSON REUTEURS, WEB OF SCIENCE® E DERWENT INNOVATION INDEX.	166
	ANEXO 6 - LISTA COMPLETA DAS CLASSIFICAÇÕES DO DERWENT	168
	ANEXO 7 - TABELA 8.2.5 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE PESQUISADORES EM EQUIVALÊNCIA DE TEMPO INTEGRAL, POR SETORES INSTITUCIONAIS(1), DE PAÍSES SELECIONADOS, 2000-2013	181

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa de tese trata de evidenciar a importância da propriedade intelectual e do processo de inovação relacionados com o avanço tecnológico da produção de mudas de cana-de-açúcar ao longo do tempo e como as mudanças de tecnologia afetam o estado da técnica e o padrão de produção da cana na agroindústria canavieira. O trabalho de pesquisa utiliza tanto a literatura acadêmica como literatura patentária, ferramentas da propriedade intelectual que permitem analisar o progresso técnico, tendências tecnológicas, a atuação dos atores e os mecanismos de apropriabilidade, bem como identificar oportunidades de pesquisa e desenvolvimento.

Os direitos da propriedade intelectual relacionados com a agroindústria canavieira representam um dos mecanismos de apropriabilidade que as empresas ou instituições utilizam como estratégia competitiva e garantia de retorno econômico aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de inovações tecnológicas, em especial as patentes e as cultivares. A tecnologia protegida, portanto, pode ser considerada como um ativo comercializável (CARVALHO, S.M.P.; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006) capaz de agregar valor na cadeia produtiva, a qual é intensiva em produtos primários, sendo o açúcar sua principal *commodity*. Em adição, a utilização destes ativos em estudos prospectivos permite identificar a interação entre atores e as inovações tecnológicas e as fontes de inovação.

Considerando que a tecnologia abrange tanto o conhecimento codificado ou a técnica, como o conhecimento tácito ou “como fazer as coisas” (WAHAB; ROSE; OSMAN, 2012), as formas de proteção podem ser jurídicas ou não, e, portanto, a maneira como são comercializadas também difere. O conhecimento não codificado é mais difícil de ser protegido juridicamente, muitas vezes é contemplado no segredo de negócio ou segredo industrial, e sua forma de ser negociado pode ser através de contratos de transferência de tecnologia. Já o conhecimento codificado é passível por apropriação por direitos de propriedade intelectual, tais como a cultivar ou a patente, cujos ativos são negociados mediante licenciamento entre o detentor da tecnologia e o produtor comercial e contempla pagamento de *royalties*. Do ponto de vista jurídico, a cultivar implica no registro de uma nova variedade vegetal, enquanto que a patente tem como contrapartida do monopólio temporário a divulgação da informação tecnológica, permitindo que qualquer um possa acessá-la e utilizá-la para fins de pesquisa.

A relevância do setor canavieiro no Brasil remonta a sua história na contribuição para a economia nacional e na produção de energia renovável. Em 2014, a cadeia produtiva sucroenergética representou 4,3% do Produto Interno Bruto (PIB), movimentando 107 bilhões de dólares, contribuindo com postos de trabalho e geração de renda. Ademais, o país se destaca como líder mundial na produção de cana-de-açúcar e de etanol proveniente da cana, mostrando competitividade e capacidade tecnológica.

Existe pouca literatura ligado ao setor canavieiro que utilize a informação tecnológica proveniente dos documentos de patente na análise de mercado e de oportunidades para o desenvolvimento tecnológico, em parte, pela falta de cultura no uso destas ferramentas (RAVASCHIO; FARIA; QUONIAM, 2010; SOUZA *et al.*, 2016). Entre a literatura disponível, estão os estudos sobre mapeamento tecnológico da cadeia produtiva do etanol e de tecnologias de fermentação para produção de etanol (HASNER; SANTOS; LIMA, 2015; LIMA *et al.*, 2013; WINTER; LIMA; MENDES, 2014) e a análise bibliométrica utilizando a base Science Citation Index-Expanded (SCI-E) sobre a pesquisa mundial em cana-de-açúcar (JIANG *et al.*, 2015). Em geral, a vasta literatura sobre a agroindústria canavieira abrange temas diversos, entre eles, o contexto histórico das políticas públicas voltadas para a produção de açúcar e álcool combustível, os paradigmas desta evolução histórica, a evolução das tecnologias agrícolas em geral, mapeamento dos esforços relacionados com o melhoramento vegetal, entre outros (CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013; SANTOS, 2016; NYKO *et al.*, 2013; SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991). Não obstante, não há relatos sobre estudos envolvendo as mudanças nos padrões de produção de mudas de cana-de-açúcar e as formas de cultivo até o presente momento, somente pesquisas sobre melhoramento genético ou evidenciando tendências nas inovações agrícolas (CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, 2013; NYKO *et al.*, 2013).

A produção de mudas de cana-de-açúcar é um dos elos da cadeia produtiva e, desde sua introdução no século XVI no Brasil, tem sido pelo padrão convencional, ou seja, através da produção de rebolos ou toletes provenientes do corte da cana em seções e, posteriormente depositada horizontalmente em sulcos. Porém, a baixa quantidade de gemas viáveis por colmo de cana (BARROS; MILAN, 2010), agravado pelos danos gerados pela colheita mecanizada (MANHÃES *et al.*, 2011), tem estimulado pesquisas no país para desenvolver novas tecnologias, que sejam mais saudáveis e de fácil manejo para plantio por máquinas agrícolas.

Na literatura, existem relatos de técnicas para produção de mudas de cana-de-açúcar em larga escala através de técnicas de cultivo de tecidos (SNYMAN *et al.*, 2011), entretanto,

comercialmente são poucos os países que utilizam esta técnica. Entre elas, a Índia se destaca, mas recentemente diversas unidades produtoras fecharam devido aos custos elevados (KAUR; SANDHU, 2015). No Brasil, houve alguns intentos de modernizar o sistema de produção de mudas e de plantio, uma delas foi a tecnologia da Syngenta, a Plene®, porém tratava-se de minitoletes encapsulados, que dependiam de irrigação e acabaram sendo retirados do mercado (BATISTA; CAETANO, 2014). Outra tecnologia introduzida no país é a AgMusa™ da Basf, um sistema de formação de viveiros onde é produzida a muda a partir da brotação de gemas da cana (tecido meristemático). Recentemente, o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) divulgou o lançamento de uma semente artificial de cana-de-açúcar que pretende revolucionar o padrão de produção no país (CTC, 2017b).

Muito dos avanços técnicos na produção de mudas estão descritos na literatura recente, com maior ênfase na década de 1990 em diante, graças ao advento da biotecnologia. O escopo de proteção das tecnologias demonstra que a apropriabilidade por patentes surge da maturidade alcançada na ciência, havendo diferenças do campo tecnológico protegido. Enquanto algumas protegem o processo de obtenção dos propágulos (plântulas) para a produção de mudas, outros protegem todo o tratamento químico das técnicas de micropropagação e encapsulamento do material propagativo, e também outros protegem o *container* que inclui a muda de cana-de-açúcar.

Um dos grandes entraves na produção de sementes artificiais está na preservação do material propagativo, o qual requer técnicas de dessecação ou desidratação e proteção por encapsulamento (MICHELI; STANDARDI, 2015; SNYMAN *et al.*, 2011). Apesar da grande variedade de tecnologias de mudas e sementes artificiais, Nieves *et al.* (2003) relatam a dificuldade em aceitar comercialmente as sementes artificiais, apesar das vantagens frente às técnicas tradicionais, tais como não precisar tanto de mão de obra, nem grandes áreas para viveiros ou logística de armazenamento e transporte, irrigação e aclimatização. Entre a falta de aceitação, está o desconhecimento dos benefícios da nova tecnologia e os custos associados de produção.

No caso brasileiro, existe uma carência de estudos específicos para compreender as etapas envolvidas na produção de mudas de cana-de-açúcar, pois ela faz parte do elo da cadeia produtiva da cana-de-açúcar. Em parte, a falta de estudos radica no perfil da agroindústria canavieira, a qual é verticalizada para traz, ou seja, o mesmo produtor de cana é o produtor de açúcar ou etanol. Ademais, o fornecimento da cana, incluindo a muda, é proveniente na sua

maioria das próprias unidades de processamento. Outra característica do setor canavieiro é que muitas das pesquisas sobre técnicas de cultivo são realizadas nos mesmos centros de pesquisa onde são realizados o melhoramento genético da cana-de-açúcar e, quem gera uma nova variedade de planta, não necessariamente tem interesse comercial na produção de viveiros de grande escala.

Basicamente, podem ser distinguidos dois padrões de produção de mudas: o convencional por rebolos e o por técnicas de cultivo de tecidos. Entende-se como padrão uma forma de buscar uma solução ao problema de produção de mudas, os quais variam conforme as tecnologias utilizadas. Portanto, a compreensão das tecnologias, suas trajetórias, os mecanismos de apropriabilidade, vão determinar o sucesso delas no mercado ou não.

A pesquisa de tese tem como pergunta central o seguinte questionamento: **É POSSÍVEL OBSERVAR MUDANÇAS NO PADRÃO DE PRODUÇÃO (compreendido como trajetória tecnológica) DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR RELACIONADOS AOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS EM SEU ESTADO DA TÉCNICA?**

Neste contexto, o objetivo geral da presente tese de doutorado é analisar os avanços tecnológicos no estado da técnica de produção de mudas de cana-de-açúcar por meio de indicadores científicos e tecnológicos e a inserção brasileira nesse cenário.

Os objetivos específicos tratam de abordar a dinâmica do processo de inovação e estão detalhados a seguir:

- Analisar os avanços das pesquisas e desenvolvimento tecnológico no estado da técnica da produção de mudas de cana-de-açúcar através de indicadores científicos e tecnológicos;
- Identificar tecnologias emergentes e convergências tecnológicas sobre a produção de mudas de cana-de-açúcar;
- Identificar as tendências tecnológicas, compreendido como padrões de soluções, a partir da análise de citações dos principais documentos de patente sobre a produção de mudas de cana-de-açúcar;
- Analisar a proteção intelectual das tecnologias associadas a produção de mudas de cana-de-açúcar no cenário nacional através da análise do perfil de detentores dos documentos de patente publicados no país e de cultivares;

- Discutir o cenário brasileiro em termos de produção científica e avanço técnico sobre a produção de mudas de cana-de-açúcar, as formas de proteção intelectual e seu o impacto no mercado nacional;

A tese está dividida em quatro capítulos, além da introdução e conclusão: o primeiro se refere a contextualização dos métodos de produção de mudas de cana-de-açúcar, o segundo aborda o contexto do setor agroindustrial canavieiro e os conceitos relacionados com a econômica da inovação aplicados a geração e adoção das inovações tecnológicas; o terceiro capítulo detalha a abordagem metodológica e a última parte é destinada a apresentação dos resultados da pesquisa e sua discussão.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR E SUA FORMA DE PROTEÇÃO INTELECTUAL

Os elos da cadeia da cana-de-açúcar podem ser resumidos em: antes da fazenda, dentro da fazenda e depois da fazenda¹, além dos agentes facilitadores (FAVA; VINÍCIUS; TROMBIN, 2014). No elo antes da fazenda, estão os insumos agrícolas: fertilizantes, defensivos, tratores, caminhões e combustíveis. No elo dentro da fazenda está incluída a produção de cana-de-açúcar, contemplando o plantio e crescimento até a colheita. O elo depois da fazenda contempla os insumos industriais, as usinas e destilarias, as empresas químicas envolvidas no processo produtivo do setor canavieiro ou sucroenergético, e a distribuição. A produção de mudas de cana-de-açúcar se enquadraria no elo “antes da fazenda”, porém em alguns casos mostrados mais adiante, pode ser considerado no elo “dentro da fazenda”. Os agentes facilitadores são definidos pelo conjunto de empresas que, embora em nenhum momento detenham a propriedade dos produtos do setor, são fundamentais para seu funcionamento, como por exemplo, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que possui linhas de fomento para o setor canavieiro (FAVA; VINÍCIUS; TROMBIN, 2014).

Segundo o estudo da dimensão do setor canavieiro, a movimentação financeira, medida pela somatória de todas as vendas, de todos estes elos para a safra 2013/14, alcançou o valor de US\$ 107,72 bilhões (anexo 1), equivalente a 4,3% do PIB nacional em 2014, sendo que a produção de cana-de-açúcar é responsável por 16,7% de toda a movimentação financeira para essa safra (FAVA; VINÍCIUS; TROMBIN, 2014). Não obstante, na literatura é retratado que a etapa de produção da cana-de-açúcar representa aproximadamente 65% a 70% do custo industrial da produção de açúcar e/ou etanol (PAULILLO *et al.*, 2016; RAMOS, 2016). Este é um ponto fundamental na discussão sobre a capacidade de investimentos nesse setor, a qual será retomada quando for analisado o perfil do setor agroindustrial canavieiro.

Apesar da produção de mudas fazer parte da cadeia produtiva, ela não é contemplada nos levantamentos de custos de produção ou estimativa de mercado, pois a maioria dos produtores de cana produzem sua própria muda ou a comercialização ocorre de maneira informal entre produtores integrados, usinas, associações e outros atores (FAVA; VINÍCIUS; TROMBIN, 2014). As pesquisas sobre o perfil dos fornecedores de cana-de-açúcar às usinas mostraram que,

¹ Estes termos foram utilizados pelos autores Fava, Vinícius & Trombin (2014), porém são conhecidos como “antes da porteira”, “dentro da porteira” e “depois da porteira” (BELIK, 2007).

na sua maioria (entre 50 a 60%), são provenientes das próprias unidades de processamento (próprio), com algumas diferenças regionais entre Nordeste e Centro-sul, explicando que a viabilidade das usinas “dependia de sua capacidade de produzir, em grande medida, sua própria matéria-prima” (RAMOS, 2016) (p.60). No caso do estado de São Paulo, responsável por 50,9% da área plantada de cana-de-açúcar no país, tem-se que, do universo de fornecedores independentes, 93% são providos por pequenos fornecedores (até 12 mil t/ano) (OLIVEIRA; NACHILUK, 2016). Neste sentido, observamos que a produção de mudas de cana ocorre mais no elo “dentro da fazenda” que “antes da fazenda”, o que poderá afetar a adoção de novas tecnologias de produção e plantio.

Em relação aos custos de produção, existem diferentes arranjos produtivos, tais como o tipo de plantio (manual, semimecânico ou mecanizado) e tipo de colheita², que influenciam no custo final, variando de R\$ 36,22/t a R\$ 74,48/t na safra 2011/2012 (OLIVEIRA; NACHILUK, 2016), entretanto, não foi discriminado o custo associado a produção de mudas de cana-de-açúcar.

Nesse contexto, percebe-se uma carência de estudos voltados a compreender melhor o elo da cadeia produtiva que engloba a produção das mudas e melhoramento da cana-de-açúcar no setor canavieiro. Este capítulo está voltado à compreensão dos aspectos tecnológicos da produção de mudas, sua regulamentação e as formas de proteção intelectual, aspectos importantes a serem considerados não só na quantificação do mercado, como em políticas públicas.

1.1. Características da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea semiperene, pertencente à família Poaceae, gênero *Saccharum*, própria de climas tropicais e subtropicais, e possui reprodução sexuada. A planta da cana-de-açúcar é composta por uma parte aérea, formada pelo ápice da planta (contendo a gema³ apical), por colmos (caule das gramíneas contendo as gemas laterais), folhas,

² Os tipos descritos são: manual realizada pela usina; manual realizada pelo produtor; manual crua realizada pela usina; manual crua realizada pelo condomínio; manual queimada realizada pelo produtor; manual queimada realizada pelo condomínio; manual queimada realizada pela usina; mecânica realizada pela usina; mecânica realizada pelo condomínio; e mecânica realizada pelo produtor (OLIVEIRA, M. D. M.; NACHILUK, 2016).

³ A gema é “a parte da planta que possui tecido meristemático e é capaz de dar origem diferentes partes de uma planta, ex. ramos e folhas (gemas vegetativas) ou flores (gemas florais)” (BRASIL, 2009), p.195. O ápice da planta contém a gema apical, que produz o hormônio auxina, responsável pelo crescimento vegetativo e gera um efeito de dormência das gemas laterais (SILVA; SILVA, 2012). Portanto, é

inflorescências em espigas e frutos, e uma parte subterrânea, composta de raízes e rizomas (SILVA; SILVA, 2012). Uma característica importante da planta é o alto perfilhamento, capacidade de produzir ramos a partir das gemas laterais. O ciclo da cultura de cana-de-açúcar dura de cinco a seis anos, sendo que o primeiro ciclo é conhecido como ciclo da cana-planta e, os demais ciclos referem-se ao ciclo das soqueiras ou ciclo das socas (SILVA; SILVA, 2012). A produtividade diminui a cada ciclo e no final dos ciclos, é necessário a renovação do canavial (BARROS; MILAN, 2010). Portanto, a principal demanda de mudas vem das áreas de renovação e de expansão dos canaviais (CONAB, 2017).

Existem 6 espécies comerciais do *Saccharum*⁴, entretanto, as variedades modernas correspondem a híbridos interespecíficos obtidos através de programas de melhoramento genético das espécies *Saccharum officinarum* e *Saccharum spontaneum* realizada no final do século XIX (BARBOSA, 2010; GAZAFFI *et al.*, 2010; SNYMAN *et al.*, 2011). As sementes naturais da cana-de-açúcar não são plantadas nem cultivadas, pois geram indivíduos diferentes do seu progenitor e, portanto, acarreta uma perda da identidade genética (PASSARIN; FERNANDES; PERTICARRARI, 2014). Devido a essas características, o padrão de propagação em lavouras comerciais é realizado através de técnicas de reprodução assexuada ou vegetativa (LANDELL *et al.*, 2012; PASSARIN; FERNANDES; PERTICARRARI, 2014; SILVA; SILVA, 2012).

Desta forma, é possível diferenciar ao menos dois padrões de tecnologias envolvidos na produção de mudas de cana-de-açúcar: (1) técnicas convencionais a partir de brotação dos rebolos e (2) técnicas de multiplicação do tecido propagativo por cultura de células ou tecidos vegetais (GAZAFFI *et al.*, 2010; KAUR; SANDHU, 2015; PASSARIN; FERNANDES; PERTICARRARI, 2014; SNYMAN *et al.*, 2011)

1.2. Padrão de Produção de Mudanças

1.2.1. Padrão de Produção de Mudanças por Técnica Convencional

O principal padrão de produção de mudas de cana-de-açúcar no Brasil desde sua introdução no século XVI é o rebolo (BARROS; MILAN, 2010; LANDELL *et al.*, 2012; MORILHAS, 2012). O rebolo, também conhecido como tolete e *seedcane* em inglês, é uma seção do colmo da cana-de-açúcar e possui vários nós e entrenós, como em outras gramíneas.

necessário cortar o ápice da planta para que as gemas laterais sejam capazes de produzir uma nova planta.

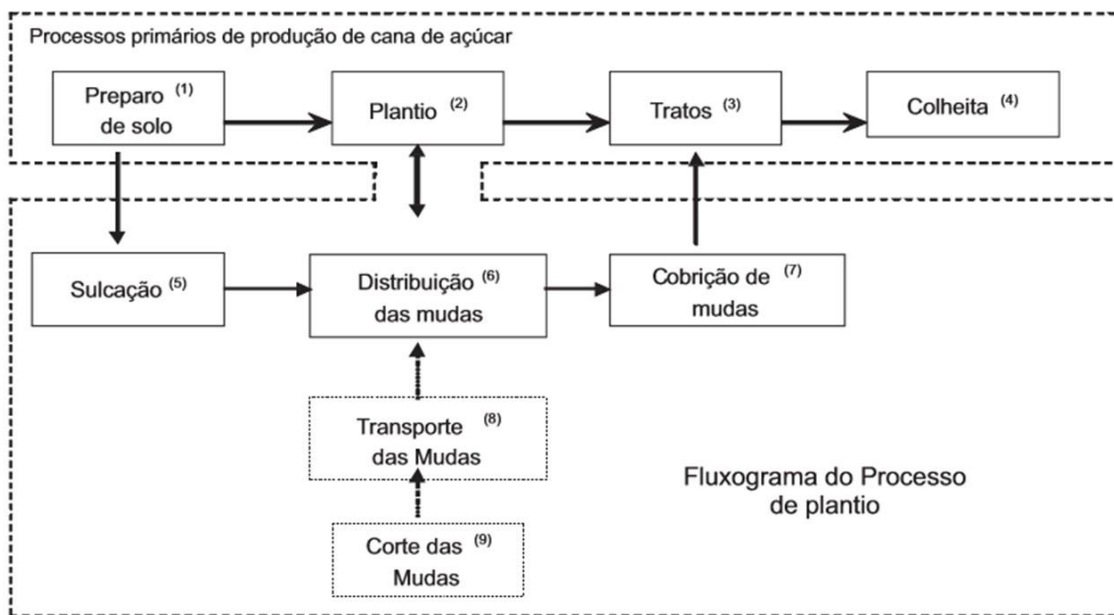
⁴ As seis espécies são *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. barberi*, *S. sinense*, *S. spontaneum* e *S. edule* (GAZAFFI *et al.*, 2010).

Na posição de cada nó, forma-se a gema lateral, que pode desenvolver uma nova planta inteira em condições propícias (LANDELL *et al.*, 2012).

O processo de produção das mudas em rebolos inicia-se com o corte da cana da própria lavoura em seções, etapa conhecida como “picação”, a qual pode ser manual ou com ajuda de máquinas picadoras, gerando tamanhos variados e, portanto, afetando o número de gemas por rebolo (BARROS; MILAN, 2010). Após o corte, as mudas de rebolos passam por tratamento térmico e fitossanitários com a aplicação de fungicidas e inseticidas, e depois são depositados horizontalmente em sulcos, manualmente ou por máquinas agrícolas⁵ (BARROS; MILAN, 2010; LANDELL *et al.*, 2012; MORILHAS, 2012).

O fluxograma da produção da cana-de-açúcar a partir da técnica convencional está representada no Esquema 1 e conta com nove etapas: preparo de solo (1), plantio (2), tratos culturais (3), colheita (4), sulcação (5), a distribuição (6), a cobertura das mudas (7), o transporte das mudas (8) e o corte das mudas (9) (BARROS; MILAN, 2010). Os cuidados necessários que envolvem as diferentes operações do processo são denominadas tratos culturais (3), e envolvem o tratamento de ervas daninhas, adubação do solo, profundidade do sulco, espaçamento entre fileiras, época do plantio, quantidade de mudas por hectare, entre outros (BARROS; MILAN, 2010; BEAUCLAIR, 2016). Todas estas etapas são essenciais para garantir o desenvolvimento adequado do cultivo de cana-de-açúcar e a longevidade das soqueiras. Entretanto, entre os fatores críticos deste processo produtivo, destaca-se a baixa quantidade de gemas viáveis por colmo de cana (BARROS; MILAN, 2010). No caso de colheita mecanizada, este fato é agravado pelos danos gerados nos colmos da cana-de-açúcar (MANHÃES *et al.*, 2011).

⁵ As etapas de desenvolvimento da cana-de-açúcar são: brotação, enraizamento e emergência, que dependem de fatores ambientais, genéticos (variedade das cultivares), fisiológicos e fitotécnicos (LANDELL *et al.*, 2012).



Esquema 1: Fluxograma do processo de produção de cana-de-açúcar utilizando a técnica convencional por rebolos.

Fonte: (BARROS; MILAN, 2010), p.224

Nos plantios manuais, os canaviais utilizavam seções de 20-50 cm de comprimento tendo 2 nós ou 12 a 15 gemas/metro de sulco, e em termos de volume de muda, se traduz em 8 a 12 toneladas por hectare (Coleti 1987 *apud* (LANDELL *et al.*, 2012)). Os autores Landell *et al.* (2012) relatam que, para reduzir o risco de falhas em um canavial, este volume de mudas tem aumentado para 11 a 14 t/ha em lavouras manuais 20 t/ha em lavouras com plantio mecanizado. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) sobre o perfil do setor canavieiro 2014/2015, a área total utilizada no Brasil para produção de mudas foi estimada em 346.235 hectares, representando 3,95% da área total colhida pelas indústrias. A produtividade média foi de 73,94 toneladas de mudas por hectare (CONAB, 2017). Este volume representa um desperdício econômico e financeiro para o setor, pois é intensivo em mão de obra e compromete as mudas à exposição de doenças e pragas (LANDELL *et al.*, 2012; NIEVES *et al.*, 2003).

Aliado a perda econômica e aumento no custo de produção, este padrão de produção de mudas tem como desvantagem a multiplicação lenta e a alta suscetibilidade a doenças (SNYMAN *et al.*, 2011). Como alternativa, vários esforços em pesquisa e desenvolvimento (P&D) vem sendo realizado para produção de mudas com maior produtividade. O Instituto Agrônomo (IAC) desenvolveu a tecnologia de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB) a partir de gemas individualizadas com o intuito de aumentar a

eficiência e os ganhos econômicos na implantação de viveiros (LANDELL *et al.*, 2012). Esta tecnologia é comumente utilizada para corrigir falhas do plantio mecanizado, conhecido como linhas de cana, garantindo maior homogeneidade do plantio (LANDELL *et al.*, 2012). Consiste em vários estágios: 1) retirada dos colmos, corte e preparo dos minirrebolos de 3 cm de comprimento a partir de plantas saudáveis de 6 a 10 meses de vida; 2) Tratamento das gemas com um meio de cultivo contendo Azoxistrobina ou Pyraclostrobin a 0,1% na solução, e também com indutores de enraizamento; 3) Brotação – consiste em colocar ao redor de 80 minitoletes em bandejas plásticas com substrato aclimatados a 32°C; 4) Individualização ou “repicagem” – consiste em colocar cada muda em tubetes; 5) Aclimação (fase 1) por 21 dias em viveiros; 6) Aclimação (fase 2) em bancadas expostas ao sol para simular as condições do campo.

Entre as tecnologias comerciais que utilizam o padrão convencional, destaca-se a Plene®⁶, desenvolvida e lançada em 2010 pela empresa Syngenta⁷. A Plene® era uma muda pré-germinada a partir de minirebolos ou minitoletes que prometia aumentar a produtividade entre 5 e 10%, porém um ano depois, a empresa precisou retirar o produto do mercado por falhas na produção industrial em grandes escala⁸, acarretando um prejuízo de milhões de dólares (BATISTA; CAETANO, 2014). Em 2014 a Syngenta firmou um acordo de licenciamento exclusivo com a canadense New Energy Farms, a qual desde 2009 vem desenvolvendo uma tecnologia de propagação vegetativa (gemas encapsuladas) para produção em larga escala em diversas plantas, uma tecnologia denominada CEEDS™ (*Crop Expansion Encapsulation and Drilling System*), e pretende adaptar esta tecnologia na produção de mudas de cana-de-açúcar a ser comercializada e lançada pela Syngenta no Brasil na safra de 2016/2017 (NEW ENERGY FARMS NEWS, 2014; SYNGENTA AG, 2014).

1.2.2. Padrão de Produção de Mudanças por Técnicas de Cultivo de Tecidos

As pesquisas em biotecnologia têm proporcionado tanto a produção de novas cultivares como a produção em larga escala de mudas e sementes artificiais mediante técnicas de cultivo

⁶ A marca comercial registrada vem acompanhada do símbolo ® ou ™. O símbolo ® é utilizado quando o registro for efetivado pelo Escritório de Propriedade Industrial de um país.

⁷ A Syngenta é uma organização global voltada para o agronegócio, com sede na Suíça, que atua em mais de 90 países. Em setembro de 2010, a empresa Syngenta Corp Protection AG registrou a averbação de transferência de tecnologia no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) para fornecer tecnologia de cultivo de cereais à Syngenta Seeds Ltda.

⁸ Em uma conversa informal com um técnico do setor canavieiro, foi mencionado que o fracasso foi associado à necessidade de irrigação da muda, inviabilizando a plantação nos canaviais.

de células e tecido vegetal (ALI *et al.*, 2008; BARBOSA, 2010; CARVALHO, J.M.F.C.; SILVA, 2012; CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013; LAKSHMANAN *et al.*, 2005; MICHELI; STANDARDI, 2015; NIEVES, NADINA *et al.*, 2003).

As primeiras pesquisas envolvendo técnicas de regeneração de tecido e propagação vegetativa foram realizadas na década de 60 e envolveram a indução de calo a partir de tecido vegetal, entretanto, os principais avanços tecnológicos ocorreram a partir da década de 90 (LAKSHMANAN *et al.*, 2005). Estes avanços se referem a métodos de multiplicação clonal de plantas *in vitro*, conhecidas como micropropagação, as quais utilizam células ou tecidos meristemáticos ou não meristemáticos como explante (material propagativo). A micropropagação tem como vantagens a alta taxa de multiplicação de novas variedades com as mesmas características da variedade vegetal ou cultivar, a melhoria da saúde vegetal e sua utilidade no armazenamento de germoplasma (ALI *et al.*, 2008).

As vias principais de micropropagação da cana-de-açúcar são a organogênese⁹ e a embriogênese¹⁰ (ANDRADE, 2002; SNYMAN *et al.*, 2011). Tanto a organogênese como a embriogênese podem ser direta, utilizando tecido meristemático da gema apical, lateral ou de tecidos foliares imaturos ou podem ser indireta, a partir do calo do explante (LAKSHMANAN *et al.*, 2005). O calo, a sua vez, é obtido através da cultura de células finas de folhas imaturas ou tecido inflorescente.

Os protocolos para produção em larga escala de mudas de cana-de-açúcar a partir destas técnicas de micropropagação têm sido descritos na literatura, descrevendo as concentrações ideais de diferentes fitoreguladores (citocinas e auxinas), estimuladores de crescimento, biocidas e nutrientes aplicados em bioreatores, bem como as etapas subsequentes de aclimatação em estufas e em campo (ALI *et al.*, 2008; KAUR; SANDHU, 2015; SNYMAN *et al.*, 2011). Segundo a revisão da literatura realizada pelos autores Snyman *et al* (2011), as técnicas de embriogênese indireta e organogênese direta possuem as melhores taxas de sobrevivência nas fases de aclimatação e de campo, as quais tem sido utilizada comercialmente na indústria canavieira ao redor do mundo. As maiores unidades comerciais de micropropagação de cana-de-açúcar se encontram na Ásia e Índia, entretanto, um terço destas unidades na Índia

⁹ Formação unipolar ou primórdio vegetativo de órgãos com um sistema vascular conectado ao tecido de origem (BARBOSA, 2010).

¹⁰ Capaz de gerar um embrião bipolar, contendo “uma raiz e um broto meristemático não conectado ao explante pelo sistema vascular” (BARBOSA, 2010, p.16).

foram fechadas por não serem economicamente viáveis e à ausência de teste de qualidade (KAUR; SANDHU, 2015).

Entre as tecnologias comerciais, destacam-se as marcas SmartSett™, a NovaCane®, AgMusa™ e a Kleentek®. A SmartSett™¹¹ foi desenvolvida pela empresa australiana BSES Ltd. junto com a Organização de Pesquisa da Comunidade Científica e Industrial (CSIRO) para a produção de mudas por micropropagação via organogênese ou embriogênese utilizando a inflorescência e folhas imaturas da cana-de-açúcar (LAKSHMANAN *et al.*, 2001; MORDOCCO *et al.*, 2005). Já a NovaCane® foi desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa da Cana-de-açúcar da África do Sul (SASRI) e compreende o método propagação embriogênica a partir de folhas imaturas da cana-de-açúcar (MEYER *et al.*, 2010; SNYMAN *et al.*, 2008). A Kleentek®, desenvolvida pela empresa americana Crop Genetics International Corporation (antiga Certis SA), é uma muda produzida a partir meristema apical (FLYNN *et al.*, 2005). A AgMusa™ é uma tecnologia da Basf para produção de mudas de cana-de-açúcar a partir da brotação de gemas que pode permitir um ganho de produtividade de 20 a 40% comparado ao padrão convencional (BATISTA; CAETANO, 2014).

Além dos elevados custos de produção, existem vários fatores que afetam a exequibilidade da aplicação das técnicas de micropropagação e, portanto, a qualidade das mudas. Entre elas estão a procedência das cultivares, o tipo de cultivar adaptada para cada clima e solo da região de cultivo (condições edafoclimáticas), o tipo de explante, as condições de cultura, como os nutrientes, biocidas e os fitoreguladores (CARVALHO, J.M.F.C.; SILVA, 2012).

Uma das técnicas mais utilizadas para preservar as mudas, ou qualquer material propagativo, de forma segura por um longo período é a criopreservação, a qual utiliza nitrogênio líquido à baixas temperaturas (BARRACO; SYLVESTRE; ENGELMANN, 2011). Para que seja bem sucedido, este processo passa por uma etapa de remoção de água celular antes do seu congelamento, minimizando a ocorrência de cristais de gelo (SNYMAN *et al.*, 2011). Dentre os métodos utilizados de criopreservação para a cana-de-açúcar, estão os de encapsulamento-desidratação, vitrificação, *droplet-vitrification* (BARRACO; SYLVESTRE; ENGELMANN, 2011; NIEVES, N *et al.*, 2001; SNYMAN *et al.*, 2011). O encapsulamento também é utilizado

¹¹ A marca foi registrada no Escritório Australiano de Propriedade Industrial em 2002 e atualmente encontra-se cancelada.

de forma independente da desidratação, onde o material propagativo é encapsulado em esferas de alginato (MICHELI; STANDARDI, 2015).

Estas técnicas de criopreservação são muito utilizadas na produção de sementes artificiais. Define-se como semente artificial o encapsulamento de qualquer tecido embrionário em estágio avançado de desenvolvimento, com capacidade de ser armazenada e de desenvolver uma planta completa *in vitro* e em campo (*in vivo*) (BARRACO; SYLVESTRE; ENGELMANN, 2011; NIEVES, N *et al.*, 2001; NIEVES, NADINA *et al.*, 2003; SNYMAN *et al.*, 2011). Apesar dos avanços destas técnicas para a produção de sementes artificiais de cana-de-açúcar, não há relatos destas tecnologias disponíveis até o momento comercialmente na indústria canavieira, somente em pesquisas envolvendo estufas, os quais remontam a mais de dez anos atrás (NIEVES, NADINA *et al.*, 2003). No entanto, a empresa brasileira, o Centro de Tecnologia Canavieira – CTC anunciou a produção de “sementes” de cana-de-açúcar em uma Biofábrica entre 2017 e 2018 (BATISTA; CAETANO, 2014; CTC, 2017b). Este desenvolvimento tecnológico teve o apoio Plano de Apoio Conjunto à Inovação Tecnológica Agrícola no Setor Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS), uma iniciativa conjunta da Finep e do BNDES destinada a fomentar consórcios entre empresas voltados para o desenvolvimento de tecnologias agrícolas (FINEP NOTÍCIAS, 2015; NYKO *et al.*, 2013).

1.3. Regulamentação da Produção de Mudanças de Cana-de-açúcar no Brasil

A produção de mudas de cana-de-açúcar deve atender as diretrizes da Lei nº 10.711/2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências (BRASIL, 2003), regulamentada pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004 (BRASIL, 2004). A lei visa

garantir a oferta de materiais de propagação vegetal de qualidade para os produtores rurais e certificar a produção de sementes e mudas em conformidade com os padrões de qualidade fisiológica, fitossanitária e identidade genética, a legislação de sementes e mudas (CARVALHO, J.M.F.C.; SILVA, 2012, p.11).

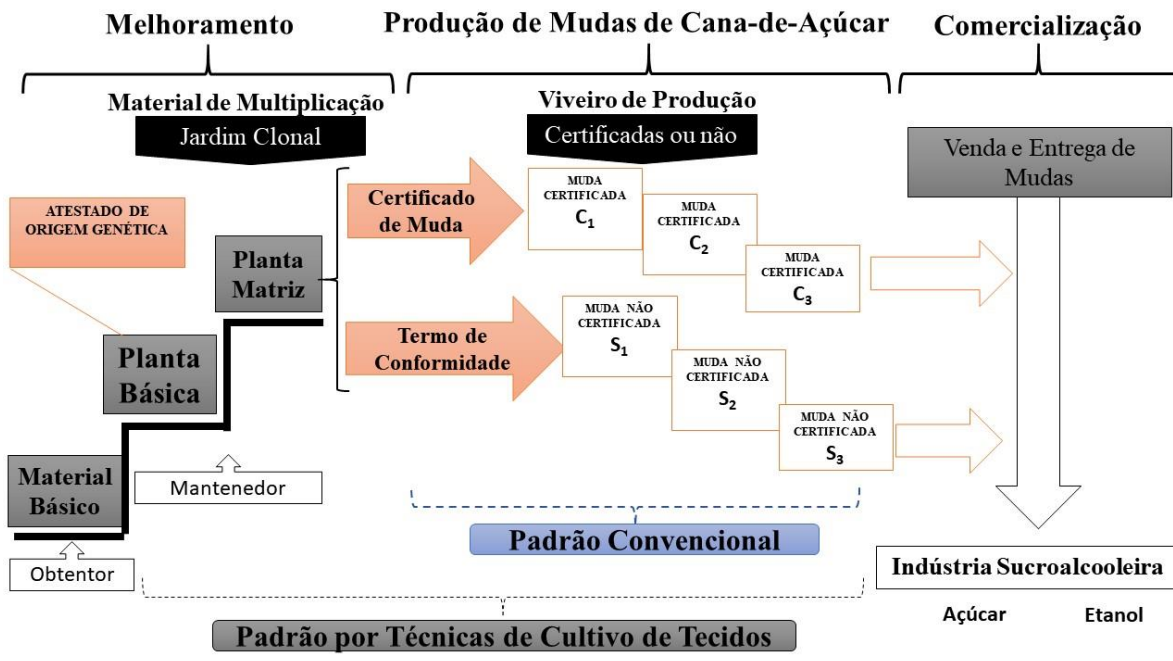
As normas para a produção, comercialização e utilização das mudas está regida pela Instrução Normativa nº 24/2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005), e estabelece que o processo de certificação de mudas deve contemplar a inscrição das plantas fornecedoras de material de propagação, segundo os conceitos de planta

básica, planta matriz e jardim clonal¹². A certificação deve ser solicitada ao órgão de fiscalização do estado em que estão instalados e deverá ser renovado periodicamente: a cada três anos para planta básica e planta matriz, e anualmente para jardim clonal (CARVALHO, J.M.F.C.; SILVA, 2012).

A Associação Brasileira de Sementes e Mudanças (Abrasem) criou um comitê para debater junto ao Ministério da Agricultura esta Instrução Normativa, pois não leva em consideração diversas especificidades da cadeia produtiva do setor canavieiro (ABRASEM, 2016). Entre as premissas do Comitê, busca-se permitir a utilização do material genético de forma não restritiva e manter a exceção para uso próprio, possibilitando a troca de material entre filiais de um mesmo grupo de usinas e seus fornecedores.

A cadeia produtiva da produção de mudas de cana-de-açúcar com todas as etapas onde é exigida a certificação, englobando tanto o padrão convencional como o de técnicas de cultivo de tecidos, está representada no Esquema 2. Se a origem genética do material de propagação for comprovada (Atestado de Origem Genética), é emitido o certificado da muda ou semente, caso contrário é emitido um Termo de Conformidade. As mudas (C) e sementes (S) recebem o certificado conforme a geração: Certificada de Primeira Geração - C1 ou S1; Certificada de Segunda Geração - C2 ou S2 e assim sucessivamente.

¹² As definições conceituais são: Planta básica: planta obtida por meio de processo de melhoramento, sob a responsabilidade e controle direto do seu obtentor ou introdutor, mantidas as suas características de identidade e pureza genética. Planta matriz: planta fornecedora de material de propagação que mantém as características da planta básica da qual seja proveniente. Jardim clonal: conjunto de plantas, matrizes ou básicas, destinado a fornecer material de multiplicação de determinada cultivar.



Esquema 2: Fluxograma do processo de produção de mudas de cana-de-açúcar.

Fonte: Elaboração própria adaptado de (ABRASEM, 2016).

1.4. Principais Instituições de Pesquisa e Programas de Fomento associados à Cana-de-açúcar

Os programas de pesquisa sobre a cana-de-açúcar em vários países têm um forte apoio governamental. Nos Estados Unidos, o Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura (USDA-ARS em inglês) é referenciado por apoiar pesquisa básica ligada a ciência agrícola e transferir esse conhecimento em tecnologias protegidas por patentes (PERKO; NARIN, 1997). Em um estudo sobre a análise de citações a partir de documentos de patente no período de 1987 a 1993, constatou-se um aumento de quatro vezes o número de artigos (literatura não patentária) apoiados pelo USDA-ARS citados em patentes depositadas no Escritório de Marcas e Patentes dos Estados Unidos (USPTO em inglês), onde a metade eram provenientes de inventores estrangeiros (PERKO; NARIN, 1997). Uma publicação recente sobre o mapeamento das atividades de pesquisa sobre biocombustíveis mostra que a produção anual de artigos científicos disparou no período de 2003 a 2012, onde o USDA-ARS é o líder em pesquisa, de forma colaborativa com diversos países: China, Reino Unido, Alemanha, Canadá, Coreia do Sul, Brasil, entre outros (YAOYANG; BOEING, 2013). As instituições que mais realizam pesquisa e publicam estão localizadas nos Estados Unidos, entretanto, a Universidade de São Paulo – USP aparece em 12º lugar no ranking das top 20 (Tabela 1).

Apesar da Índia e Austrália serem referenciadas como países importantes nas pesquisas de biocombustíveis, estas não se destacaram através de suas instituições de pesquisa neste período. Entretanto, o Conselho da Índia de Pesquisa Agrícola (ICAR) apoia o Instituto Indiano de Pesquisa em Cana-de-açúcar (IISR), o qual tem diversos programas voltados para o melhoramento genético da cana-de-açúcar e produção de mudas por técnicas de cultivo de tecido (ICAR, 2015). Na Austrália, a Organização de Pesquisa da Comunidade Científica e Industrial (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation - CSIRO) apoia diversas atividades relacionadas com pesquisas da cana-de-açúcar, em colaboração com empresas, como a Sugar Research Australia Ltd. (CSIRO, [S.d.]).

Tabela 1: Top 20 instituições em atividades de pesquisa sobre biocombustíveis no mundo. Período 2003 a 2012.

Institution	All				Single institution				Institutional collaboration			
	TP	TC	TP/TC	h-index	SP	TC	TC/SP	SP (%)	CP	TC	TC/CP	CP (%)
Agricultural Research Service, USDA, USA	213	1882	8.8	23	62	588	9.5	29.1	151	1294	8.6	70.9
Chinese Academy of Sciences, China	195	3101	15.9	30	67	1226	18.3	34.4	128	1875	14.6	65.6
University of California (Berkeley), USA	138	3023	21.9	24	39	1217	31.2	28.3	99	1806	18.2	71.7
University of Illinois, USA	127	1323	10.4	18	50	470	9.4	39.4	77	853	11.1	60.6
Michigan State University, USA	119	1774	14.9	22	55	1021	18.6	46.2	64	753	11.8	53.8
Iowa State University, USA	117	1578	13.5	15	54	190	3.5	46.2	63	1388	22.0	53.8
Oak Ridge National Laboratory, USA	104	1471	14.1	16	21	275	13.1	20.2	83	1196	14.4	79.8
Chalmers University of Technology, Sweden	95	1247	13.1	20	41	571	13.9	43.2	54	676	12.5	56.8
University of Minnesota, USA	95	3238	34.1	19	35	840	24.0	36.8	60	2398	40.0	63.2
University of Wisconsin, USA	91	1185	13.0	19	27	364	13.5	29.7	64	821	12.8	70.3
Swedish University of Agriculture Sciences, Sweden	81	891	11.0	17	43	496	11.5	53.1	38	395	10.4	46.9
University of São Paulo, Brazil	80	567	7.1	12	22	168	7.6	27.5	58	399	6.9	72.5
Lund University, Sweden	76	1269	16.7	22	20	314	15.7	26.3	56	955	17.1	73.7
Purdue University, USA	76	755	9.9	14	34	368	10.8	44.7	42	387	9.2	55.3
Texas A&M University, USA	74	543	7.3	13	23	173	7.5	31.1	51	370	7.3	68.9
University of Georgia, USA	74	556	7.5	14	17	73	4.3	23.0	57	483	8.5	77.0
University of California (Davis), USA	73	864	11.8	13	37	519	14.0	50.7	36	345	9.6	49.3
Georgia Institute of Technology, USA	70	1371	19.6	19	22	153	7.0	31.4	48	1218	25.4	68.6
Cornell University, USA	67	1256	18.7	20	25	475	19.0	37.3	42	781	18.6	62.7
National Renewable Energy Laboratory, USA	67	1017	15.2	19	27	433	16.0	40.3	40	584	14.6	59.7

TP=Total publications, TC=Total citation, SP= Single institution publications, CP=Institutional collaboration publications.

Fonte: (YAOYANG; BOEING, 2013, p.86)

No Brasil, as primeiras pesquisas sobre melhoramento vegetal da cana-de-açúcar foram motivadas com o surgimento de doenças (mosaico) que afetaram os canaviais no início do século 20. As primeiras variedades de cana produzidas com sucesso para fins comerciais datam de 1934, realizadas no estado de São Paulo pela Estação Experimental de Cana de Piracicaba, incorporada ao Instituto Agrônomo (IAC) (CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013; OLALDE, 1992; RAMOS, 2016). Também há relatos de variedades produzidos em Campos, Rio de Janeiro, porém foi fruto do esforço pessoal do pesquisador F.M. Veiga e que após seu falecimento não teve mais continuidade (OLALDE, 1992). Outra instituição que teve destaque

no século passado, foi a Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo – Copersucar, a qual criou em 1969 o Centro de Tecnologia com a finalidade de investir em pesquisa agrônômica para aumentar a produtividade agroindustrial (RAMOS, 2016), alocando recursos em infraestrutura (estações experimentais para melhoramento genético), recursos humanos com pós-graduação (mestrado e doutorado) e pesquisa e desenvolvimento (P&D) (OLALDE, 1992). Segundo Olalde (1992), o volume investido até 1990 chegou a US\$ 240 milhões e como resultado foram lançadas mais de 25 novas variedades de cana, sendo 12 até 1983, 8 em 1989 e 5 em 1989. As variedades da Copersucar foram rapidamente difundidas em São Paulo, trazendo um aumento de produtividade de 7% até 1983. A Copersucar deu lugar ao Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) em 2004, uma instituição sem fins lucrativos e em 2011 constituiu-se uma Sociedade Anônima¹³ (CTC, 2017a).

Apesar destas primeiras iniciativas de melhoramento vegetal, os programas de investimentos e de incentivos públicos foram criados somente em 1971: o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (Planalsucar) e o Programa de Racionalização da Indústria Açucareira foram criados em 1971, sendo que o segundo foi substituído pelo Programa de Apoio à Indústria, Açucareira dois anos mais tarde (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991). O principal objetivo do Planalsucar era o desenvolvimento em larga escala de novas variedades de cana por técnicas de melhoramento genético. O Planalsucar foi extinto em 1990, onde todo o seu acervo foi incorporado na Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento Canavieiro (Ridesa) em 1991 (CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013). Com a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) em 1975, apareceram novos investimentos públicos, impulsionando a P&D no país, principalmente na região sudeste. A CTC foi uma das instituições beneficiadas pelo Proálcool e pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT) vinculado com o Ministério de Ciência e Tecnologia na década de 80. Já a década de 90 foi impulsionada pelos fundos setoriais Fundo Nacional de Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (FNDCT), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Segundo Santos & Werhmann (2016):

As universidades públicas são as maiores contratantes destes recursos, seguidas de institutos e centros públicos de pesquisa em energias e biomassa. Embora não haja um programa específico de apoio à P&D e inovação para biomassa energética ou para o etanol dentro dos fundos setoriais, iniciativa da

¹³ Historicamente, o CTC colocou à disposição do mercado 61 novas variedades até 2004, com a denominação comercial de SP. Depois, sob a nova forma de atuação, disponibilizou às suas associadas 20 novas variedades de cana-de-açúcar, com as denominações de CTC1 até CTC20. (CARVALHO, FURTADO, 2013, p. 38).

Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), em parceria com o BNDES promove, desde 2011, ações exclusivas para esse produto e sua cadeia produtiva. A iniciativa guia-se pela promoção de novas tecnologias dentro do Plano BNDES-Finep de Apoio à Inovação dos Setores Sucoenergético e Sucoquímico (Paiss) (SANTOS; WEHRMANN, 2016, p. 258).

Conclui-se que os avanços na seleção de variedade de cana-de-açúcar na cadeia produtiva da cana gerou ganhos de produtividade e ajudaram a consolidar um “Sistema de Produção e Inovação Canavieiro” (SPIS) antes do Proálcool (DUNHAM; BOMTEMPO; FLECK, 2011; SANTOS; WEHRMANN, 2016), entretanto, com as descontinuidades dos programas de financiamento e fomento da pesquisa ao longo do tempo, este SPIS vem sofrendo mudanças na base tecnológica (VERGES, 2013), gerando novos desafios para o setor, entre eles, novas formas de plantio e produção de mudas de cana-de-açúcar.

1.5. Formas de Proteção Intelectual

Os direitos de propriedade intelectual (DPI)¹⁴ relacionados com a produção de sementes e mudas envolve a proteção de novas variedades, do germoplasma e das tecnologias envolvidas no processo produtivo. Este tema tem sido debatido por diversos autores, ressaltando as consequências no mercado mundial de sementes e no desenvolvimento de melhoramento vegetal (BJØRNSTAD, 2016; CARVALHO,S.M.P., 2003; CARVALHO,S.M.P.; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006; OLALDE, 1992; OLIVEIRA, 2014; PRAKASH, 2007; VIEIRA *et al.*, 2007). Em relação ao mercado, o DPI tem provocado a concentração das empresas na cadeia de fornecimento de sementes ao redor do mundo, onde em 2012, 59% do mercado de sementes era controlado pelas dez maiores empresas, contra 12% em 1985 (BJØRNSTAD, 2016). Entre elas, destacam-se a Monsanto, DuPont e Syngenta, responsáveis por 42% do mercado mundial de sementes. Em contraponto a esta tendência de exclusividade no mercado de sementes e variedades de plantas, recentemente foi lançada nos Estados Unidos a Iniciativa de Sementes de Código Aberto (OSSI em inglês), que tem como missão “manter o acesso justo e aberto aos recursos genéticos das plantas em todo o mundo, a fim de garantir a disponibilidade de germoplasma para agricultores, jardineiros, criadores e comunidades desta e gerações futuras”

¹⁴ A proteção jurídica das criações intelectuais é dividida em dois grupos (CARVALHO, S. M. P. DE, 2003; CARVALHO, S. M. P. DE; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006): a propriedade industrial, que inclui marcas, patentes, desenho industrial, os segredos de negócio e repressão à concorrência desleal e; os direitos de autor, direitos conexos e programas de computador. As formas de proteção intelectual *sui generis* (não se encaixam na proteção clássica à propriedade intelectual), contemplam a proteção das cultivares, topografia de circuito integrado e o conhecimento tradicional. No Brasil, as indicações geográficas e denominações de origem, bem como os programas de computador e a topografia de circuitos integrados são administrados pelo INPI.

(OSSI - OPEN SOURCE SEED INITIATIVE, [S.d.]). Esta iniciativa já está presente em outros países, tais como Canadá, Reino Unido, Finlândia e Austrália, porém nenhum país da América Latina.

Os principais tratados internacionais que regem a temática de DPIs envolvendo plantas são o TRIPs¹⁵ (*Agreement on Trade-related Aspects of Intellectual Property Rights* em inglês) da Organização Mundial do Comércio (OMC) e a UPOV (União Internacional para Proteção das Obtenções Vegetais). O TRIPs estabelece padrões mínimos de proteção, os quais cada país membro da OMC deve implementá-lo em suas legislações nacionais. Segundo o artigo 27(b), os países membros também podem considerar como não patenteáveis:

“plantas e animais, exceto microrganismos e processos essencialmente biológicos para a produção de plantas ou animais, excetuando-se os processos não-biológicos e microbiológicos. Não obstante, os Membros concederão proteção a variedades vegetais, seja por meio de patentes, seja por meio de um sistema *sui generis* eficaz, seja por uma combinação de ambos. O disposto neste subparágrafo será revisto quatro anos após a entrada em vigor do Acordo Constitutivo da OMC”.

Desta forma, o TRIPs deixa facultativa a proteção por patentes para as plantas. Entre os países que utilizam este sistema de proteção, está os Estados Unidos, o qual já vinha utilizando a proteção por patentes para variedades de planta desde a 1930, através da Lei de Patentes Farmacêuticas (BJØRNSTAD, 2016). A partir de 1985, o país também permitiu a concessão de patentes de modelo de utilidade em qualquer planta modificada através engenharia genética, incluindo sementes, genes, traços, métodos de reprodução ou variedades.

O Brasil, como membro da OMC, atualizou e reformulou sua legislação sobre propriedade industrial para atender as novas diretrizes do TRIPs, promulgando a Lei da Propriedade Industrial N° 9.279, de 14 de maio de 1996 (BRASIL, 1996), onde fica estipulado pelo Art. 18, inciso III, o que não são patenteáveis: “o todo ou parte dos seres vivos, exceto os microrganismos transgênicos que atendam aos três requisitos de patenteabilidade - novidade, atividade inventiva e aplicação industrial - previstos no art. 8° e que não sejam mera descoberta”.

A definição de microrganismos transgênicos está descrita no Parágrafo único:

¹⁵ Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio, em português.

Para os fins desta Lei, microrganismos transgênicos são organismos, exceto o todo ou parte de plantas ou de animais, que expressem, mediante intervenção humana direta em sua composição genética, uma característica normalmente não alcançável pela espécie em condições naturais.

A UPOV foi assinada em 1961, mas só entrou em vigor em 1968, sendo revisada por meio de Atos em 1972, 1978 e 1991. Estes Atos diferem significativamente entre eles, por exemplo, o Ato de 1978 (art. 2.1¹⁶) não permite a dupla proteção intelectual, patentes e *sui generis*, para variedades de plantas transgênicas, gerando muita controvérsia no mundo acadêmico e industrial (LEITE, 2013; VIEIRA *et al.*, 2007). Atualmente, 74 países são membros da UPOV (UPOV, 2016), os quais não tem a obrigatoriedade de aderir ao novo Ato. No caso dos maiores produtores e melhoristas de cana-de-açúcar no mundo, Brasil, China¹⁷ e Índia, somente a Índia não aderiu ao UPOV (BJØRNSTAD, 2016), embora possua um sistema *sui generis* desde 2001, a Lei de Proteção de Variedades Vegetais (PVPA em inglês) (PRAKASH, 2007). No caso dos Estados Unidos, inicialmente o país estabeleceu um sistema próprio (PVPA) em 1970, porém em 1981 o país aderiu a UPOV.

O Brasil promulgou a Lei de Proteção de Cultivares através da Lei nº 9.456, de 25 de junho de 1997 (BRASIL, 1997b) e implementada pelo Decreto nº 2.366, de 5 de novembro de 1997 (BRASIL, 1997a), como forma de atender o TRIPs e a UPOV/78, signatário desde 1999, com emendas da Ata de 1991, tais como a exigência que a variedade protegida seja “distinta, homogênea, estável e nova” e a proteção da variedade “essencialmente derivada” (CARVALHO,S.M.P.; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006). Desta forma, o Brasil não concede patentes para novas variedades vegetais ou cultivares, nem permite a dupla proteção para plantas transgênicas.

Além dos DPIs como patentes e cultivares, as sementes também são reguladas pelos sistemas multilaterais através da Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD em inglês) e do Tratado Internacional sobre os Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura (ITPGRFA) da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Entretanto, estes acordos não contemplam direitos privados, sendo necessário somente a

¹⁶ “Cada Estado membro da União pode reconhecer o direito do obtentor previsto na presente Convenção pela concessão de um título especial de proteção ou de uma patente. No entanto, um Estado membro da União cuja legislação nacional admite proteção sob ambas formas pode fornecer apenas uma delas para um mesmo gênero ou espécie botânica” (tradução própria) (UPOV, 1978)

¹⁷ A China aderiu em 1999 ao Ato 1978.

emissão de um Acordo de Transferência de Material (MTAs) de forma bilateral (entre dois países) para intercâmbio de germoplasma (BJØRNSTAD, 2016).

Ademais dos DPIs analisados até o momento, os autores Carvalho (2003) e Carvalho, Salles-Filho & Paulino (2006) estudaram o dinamismo da inovação na agricultura, identificando diferentes formas de apropriação intelectual, jurídica e não jurídica, de acordo com as fontes de inovação. Entre os ativos mais utilizados, estão as patentes, marcas, proteção por cultivares, tema que será detalhado no próximo capítulo (seção 2.2.3). Cabe destacar que devido à complexidade da geração de conhecimento envolvendo as atividades agroindustriais, “existe complementaridade entre as diversas formas de proteção, jurídicas ou não” (CARVALHO,S.M.P.; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006, p. 334).

A partir desse levantamento, podemos vislumbrar a aplicação da propriedade intelectual em várias etapas da cadeia produtiva de mudas de cana-de-açúcar. Para tal, cabe lembrar a definição de propriedade intelectual pela Convenção da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI):

a soma dos direitos relativos às obras literárias, artísticas e científicas, às interpretações dos artistas intérpretes e às execuções dos artistas executantes, aos fonogramas e às emissões de radiodifusão, às invenções em todos os domínios da atividade humana, às descobertas científicas, aos desenhos e modelos industriais, às marcas industriais, comerciais e de serviço, bem como às firmas comerciais e denominações comerciais, à proteção contra a concorrência desleal e todos os outros direitos inerentes à atividade intelectual nos domínios industrial, científico, literário e artístico (texto extraído de (BARBOSA, [S.d.]) p. 10).

Nesse contexto, o quadro 1 mostra as aplicabilidades dos DPIs nos diferentes tipos de produtos e processos da cadeia produtiva de mudas de cana-de-açúcar. O desenho industrial protege a parte plástica ornamental de um objeto, podendo ser utilizado para a proteção de diferentes utensílios para crescimento e transporte de mudas, tais como tubetes e bandejas. As marcas, pela sua função de “distinguir produto ou serviço de outro idêntico, semelhante ou afim, de origem diversa” (BRASIL, 1996), é utilizada na comercialização de mudas, tais como as já mencionadas tecnologias: Plene®, SmartSett™, AgMusa™, NovaCana®, Kleentek®, desenvolvidas pelas empresas Syngenta, BSES Ltd, Basf, SASRI e da Crop Genetics International Corporation. O direito de autor permite a proteção de todo o material de divulgação da pesquisa científica e da comercialização do produto, tais como livros, brochuras, folhetos, apresentações, alocações, entre outras.

Quadro 1: Principais formas de proteção intelectual vinculadas com a cadeia produtiva de mudas de cana-de-açúcar no caso brasileiro.

Elo da Cadeia Produtiva	Tipo de Desenvolvimento	Tipo de Proteção Intelectual
Melhoramento	Novos processos biológicos (engenharia genética ou biologia molecular)	Patente de Invenção
	Novas Variedades Vegetais	Cultivar (<i>sui generis</i>)
Produção de Mudas	Tubeletes ou Recipientes das mudas	Desenho Industrial
	Bandejas para mudas	Patente – modelo de utilidade
Comercialização	Produto final – muda de uma empresa	Marca
	Material de divulgação da pesquisa científica e da comercialização do produto	Direito de autor

Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao debate dos DPIs no âmbito da inovação, existe muita controvérsia sobre os benefícios do direito de exclusividade ligado ao melhoramento vegetal, principalmente por patentes (BJØRNSTAD, 2016; CARVALHO, S. M. P. DE; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006; HENRY; STIGLITZ, 2010; VIEIRA *et al.*, 2007). Alguns autores mencionam que os DPIs garantem o retorno econômico ao investidor, gerando um ciclo virtuoso no desenvolvimento tecnológico e, em caso das P&D serem desenvolvidas por centro de pesquisa pública, gera um retorno social no agronegócio brasileiro (CARVALHO, S.M.P.; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006; VIEIRA *et al.*, 2007). Outros autores questionam a “exclusividade” na geração e disseminação do conhecimento, pois geralmente o *know-how* associado à tecnologia não é divulgado, mantido como segredo de negócio ou celebrado através de contratos de transferência de tecnologia, restringindo ainda mais a liberdade de uso dos agricultores (*freedom-to-operate* em inglês) (BJØRNSTAD, 2016). No caso de patentes sobre genes e sequências biológicas, “uma patente atuará mais como um obstáculo do que como um passo para novas inovações” (HENRY; STIGLITZ, 2010, p. 241). Pode-se citar a Monsanto, a qual utilizou a tecnologia descrita por cientistas americanos na década de 70, introdução de um fragmento de DNA em uma bactéria, para desenvolver e proteger por patente o uso de uma bactéria chamada *Agrobacterium tumefaciens*, fundamental para a transferências de genes nas técnicas de engenharia genética (HENRY; STIGLITZ, 2010). O objetivo da Monsanto, como de outras grandes empresas do setor, é a proteção intelectual de um traço ou característica, p.ex. resistência a inseticida ou herbicida, mais do que a proteção de uma planta transgênica em si com capacidade de tolerância à seca ou salinidade, cujo foco estaria no cerne das necessidades de sustentabilidade atual (HENRY; STIGLITZ, 2010). No entanto, os autores Henry & Stiglitz

(2010) relatam casos onde pesquisadores divulgaram recentemente técnicas de engenharia genética em sistemas abertos (ex. publicação científica), permitindo o uso da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* sem ferir os direitos da Monsanto, garantindo assim a sustentabilidade da agricultura tropical.

Este debate vai além dos DPIs, pois existem outros mecanismos de apropriabilidade que as empresas utilizam como estratégia de competitividade e formas de promover a inovação, cada vez mais globalizada, o qual será retomado no próxima capítulo.

2. AVANÇO TECNOLÓGICO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DO PONTO DE VISTA DA ECONOMIA DA INOVAÇÃO

Na literatura é possível encontrar vários estudos voltados para compreender a atividade agrícola do ponto de vista do pensamento evolucionista: as mudanças nos padrões tecnológicos que marcaram a Revolução Verde e Revolução Genética (PARAYIL, 2003; POSSAS; SALLES-FILHO; DA SILVEIRA, 1996; VIEIRA FILHO; SILVEIRA, 2012), padrão de difusão das inovações e fatores que afetam sua adoção na agricultura (FEDER; UMALI, 1993; GHADIM; PANNEL, 1999; MARRA; PANNELL; GHADIM, 2003), paradigmas e dependência tecnológica (*path dependence*) do etanol brasileiro (SHIKIDA; PEROSA, 2012) e pesquisas sobre trajetórias tecnológicas e avanços tecnológicos utilizando patentes como indicadores (MILANEZ, 2015; SILVEIRA *et al.*, 2011; WINTER; LIMA; MENDES, 2014), entre outros. Entretanto, as mudanças relacionadas com a produção de mudas de cana-de-açúcar têm sido abordadas considerando o melhoramento genético (CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013; OLALDE, 1992) e não no padrão de produção e plantio. Neste contexto, o presente capítulo pretende fazer uma revisão da literatura dos principais conceitos da economia da inovação e discutir como se aplicam nos padrões de produção de mudas de cana-de-açúcar, abordados no capítulo anterior. O capítulo está dividido em duas partes, sendo a primeira destinada a descrever os conceitos de agroindústria, suas principais características e a evolução do setor canavieiro no Brasil, bem como mostrar os principais atores envolvidos no sistema de inovação canavieiro e a heterogeneidade da produtividade canavieira. A segunda parte abrange os conceitos relacionados com a geração e adoção de inovações: paradigmas, trajetórias, fatores de mudanças tecnológicas e globalização da inovação.

2.1. Contextualização do setor agroindustrial canavieiro

2.1.1. Conceito de agroindústria e características do setor agrícola

O conceito clássico de macroeconomia divide os setores econômicos em primário, secundário e terciário segundo os recursos utilizados, os modos de produção e os produtos resultantes. A atividade agropecuária se enquadra no setor primário, caracterizado pela “produção de matérias-primas dirigidas ao processamento ou ao consumo “in natura”” (BELIK, 2007)(p.142). A indústria corresponde ao setor secundário, onde se processam as matérias-primas, e os serviços correspondem ao setor terciário, pois tratam de “atividades auxiliares necessárias para a colocação desse produto no mercado” (p.142). A partir de estudos sobre a relação das atividades agropecuárias com os demais setores surgiram os conceitos de Complexo

Agroindustrial (CAI), Sistema Agroalimentar (SAA) e o Agribusiness (agronegócio). O termo Complexo Agroindustrial é o mais utilizado no Brasil, porém ele se sobrepõe à interação técnico-produtiva por contemplar diferentes aspectos ligados às relações financeiras, poder econômico e político (BELIK, 2007). Segundo Belik (2007), o termo agroindústria foi amplamente utilizado nas metodologias da FAO e pela CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e Caribe) definido como “composta pelas atividades de transformação de matérias-primas provenientes da agropecuária, em seu primeiro processamento” (p.152).

As atividades agroindustriais mostram uma relação de dependência, ou de interdependência, com as indústrias a montante (“antes da fazenda” ou “antes da porteira”), tais como as químicas (fertilizantes, biocidas etc.), de equipamentos e maquinários agrícolas, fornecedores de sementes e mudas, entre outros insumos e serviços de assistência técnica (RAMOS, 2007). As atividades “dentro da porteira” se referem a produção agropecuária em si, que no caso da atividade canavieira pode ser produção intensiva ou intercalada. A relação com as indústrias a jusante ou “depois da porteira” se referem ao processamento, armazenamento, distribuição e comercialização.

A forma de coordenação entre as firmas agrícolas e industriais a montante ou a jusante podem ser: 1) via mercados; 2) formas híbridas; 3) hierarquia (integração vertical). Na indústria canavieira brasileira, verifica-se a integração vertical para trás, conhecidas como “usinas” (VIAN, 2006), enquanto que em outros países, ex. Austrália, é realizada de forma híbrida (BELIK, 2007). A principal consequência desta diferença é em termos econômicos e sociais do país, pois, na estrutura verticalizada o empresário é responsável pelo aporte de capital tanto na agropecuária como na indústria, repercutindo nos investimentos realizados para a produção de mudas de cana-de-açúcar. Como mencionado no capítulo anterior, no caso brasileiro, o fornecimento da cana é realizado em sua grande maioria pela própria agroindústria canavieira, portanto o investimento de capital em uma possível mudança de padrão de produção de mudas deve ser absorvido pela mesma firma que produz etanol ou álcool.

O setor agroindustrial canavieiro tem como principais produtos o açúcar e o etanol ou álcool anidro. O açúcar é uma *commodity* que está sujeita a transações comerciais nas bolsas de mercadorias, e existe um esforço para inserir o álcool anidro na mesma categoria, o qual permitiria aumentar sua competitividade (SANTOS; VIAN; *et al.*, 2016). Entretanto, diferentemente de como acontecia no passado, atualmente o setor utiliza muita P&D com o intuito de aumentar a produtividade e atender a exigências de sustentabilidade: melhoramento vegetal para combater a doenças e pragas, adaptação a mudanças climáticas, novas técnicas de

plantio, colheita mecanizada, entre outros (BATISTA; CAETANO, 2014; CARVALHO,S.A.D.; FURTADO, 2013; SANTOS; VIAN; *et al.*, 2016).

Segundo as características das empresas inovadoras, a agricultura se classifica como uma atividade “dominada por fornecedores”¹⁸, pouco inovadora e dependente de fontes tecnológicas dos fornecedores e de pesquisa (ciência), diversificação tecnológica baixa e de integração verticalizada e de apropriabilidade não técnica (ou seja, não possui patentes, somente marcas, design) (PAVITT, 1984). Veremos mais adiante que na agroindústria existem várias formas de apropriabilidade, inclusive patentes de processos, cultivares entre outros mecanismos de apropriação.

2.1.2. Evolução da Agroindústria Canavieira Brasileira

A introdução do cultivo da cana-de-açúcar remonta a história do Brasil, sendo que inicialmente sua produção era toda voltada para a produção e exportação do açúcar (VIEIRA; LIMA; BRAGA, 2007). A partir de 1930 têm-se uma diversificação do uso da cana e uma divisão territorial: a região Centro-Sul iniciou e dominou a produção do álcool anidro utilizado como combustível¹⁹, enquanto que a região do Nordeste continuou a produzir açúcar (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991). Desde então, a agroindústria canavieira brasileira vem sendo marcada por ciclos de desenvolvimento relacionados com as mudanças ocorridas nos ambientes organizacionais, institucionais e tecnológicos do setor produtivo (Gráfico 1) (SHIKIDA, 2014). Os períodos de maior intervenção estatal foram denominados de “paradigma subvencionista”, como modelo de sobrevivência do produtor de cana, o qual não precisava se preocupar com mudanças tecnológicas que pudessem minimizar custos de produção (SHIKIDA, 2014; SHIKIDA; PEROSA, 2012). A criação do Programa Nacional do Alcool (Proálcool)²⁰ em 1975 marca o primeiro ciclo de expansão, com taxas de crescimento média anual de 11,7% (Gráfico 1), vinculada à crise mundial do Petróleo (SHIKIDA; PEROSA, 2012). A ruptura de paradigma veio com a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA)

¹⁸ A pesquisa de Pavitt (1984) analisou as mudanças tecnológicas em diferentes setores industriais segundo as fontes de tecnologia utilizadas, a natureza da tecnologia produzida e as características das empresas inovadoras, sendo classificadas em: “*supplier dominated*”, “*specialized suppliers*”, “*scale intensive*” e “*science based*”.

¹⁹ Em 1933, o governo federal criou o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) com o objetivo de controlar produção e preço, deter o monopólio da exportação e intervir nos demais assuntos que envolvesse o setor canavieiro (VIEIRA; LIMA; BRAGA, 2007).

²⁰ O Proálcool tinha como função de “regulamentar o uso do álcool anidro misturado à gasolina em todo o país, bem como reduzir a importação de óleo cru e controlar a balança de pagamento” (VIEIRA; LIMA; BRAGA, 2007).

em 1990, levando as empresas a buscar desenvolvimento tecnológico como estratégia de se manter no mercado, o que conduziu ao paradigma tecnológico (SHIKIDA, 2014; SHIKIDA; PEROSA, 2012). Segundo Ramos (2016), existem dois aspectos subjacentes que impulsionaram o crescimento de produção de cana, a produção de equipamentos e máquinas e o melhoramento da cana.

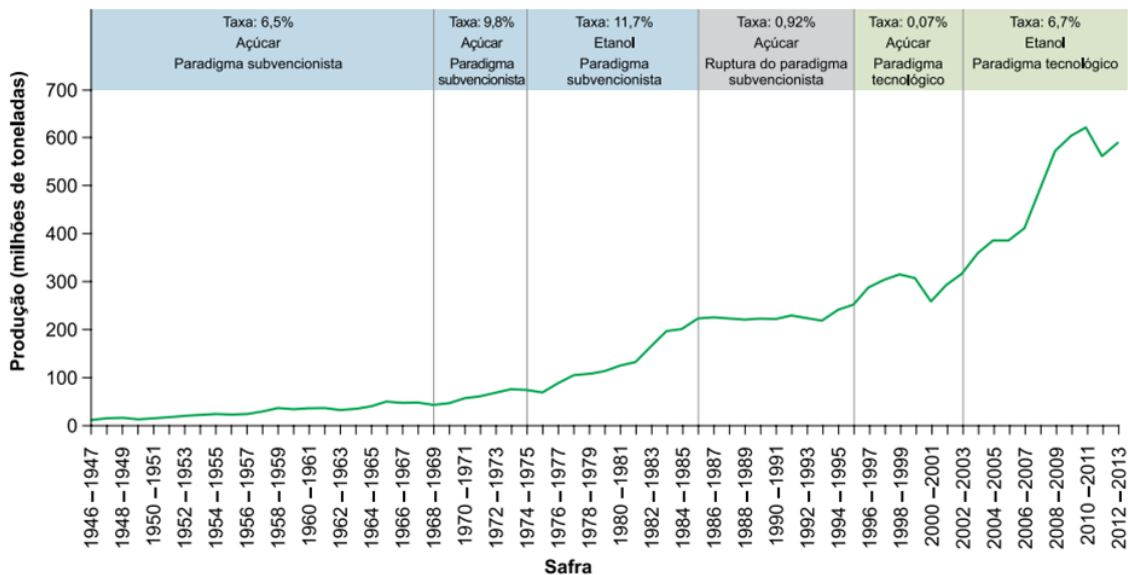


Gráfico 1: Representação gráfica da evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil nas safras de 1946–1947 a 2012–2013 e seus respectivos paradigmas.

Fonte:(SHIKIDA, 2014), p.55.

O último ciclo de crescimento do setor canavieiro deu-se a partir de 2003, com taxa média de 6,7% anual (Gráfico 1), impulsionadas pelo mercado de automóveis *flex-fuel*. Este último ciclo de desenvolvimento foi acompanhado de uma série de mudanças no setor canavieiro: expansão nas regiões de fronteira agrícola, entrada do investimento direto estrangeiro (IDE), produção de energia elétrica por meio de queima do bagaço (cogeração), mecanização da lavoura, entre outros (VIAN, 2006). No entanto, os autores Santos *et al.* (2016) ressaltam que o momento atual (desde 2011/2012) é de uma profunda crise ligada a diferentes fatores: custos de produção da cana-de-açúcar, diminuição de investimento do BNDES, controle do preço da gasolina e a redução da competitividade do etanol, entre outros. Os autores mencionam que esta crise levou ao endividamento e a baixa lucratividade nas cinco últimas safras.

Como consequência da recente crise e do nível de endividamento, o setor canavieiro passou por profundas mudanças no controle de capital através de fusões e aquisições (Gráfico 2), fomentando a implantação de empresas na área de biotecnologia com forte participação de

empresas estrangeiras (CHAGAS, 2014; RAMOS, 2016). No entanto, o maior foco das pesquisas e desenvolvimento tecnológico está no melhoramento genético da cana-de-açúcar por engenharia genética e produção de etanol de segunda geração, visando atender a diversificação e heterogeneidade da produtividade nacional, detalhada mais adiante.

Em relação as fusões e aquisições do setor de sementes no país, a Abrasem destacou as mudanças a partir de 1995 no âmbito de legislações sobre produção de sementes, propriedade intelectual, biossegurança e a engenharia genética no ambiente empresarial, provocando uma verdadeira reestruturação da indústria de sementes, com a entrada de grandes multinacionais no país (anexo 2). Entre elas, destacam-se a DuPont, Monsanto, Bayer, Dow Agrosience e a KWS, as quais atuam principalmente em sementes de soja e milho, porém a Monsanto incorporou a CanaViallis e a Alellyx, duas empresas nacionais voltadas para a produção de cana-de-açúcar.

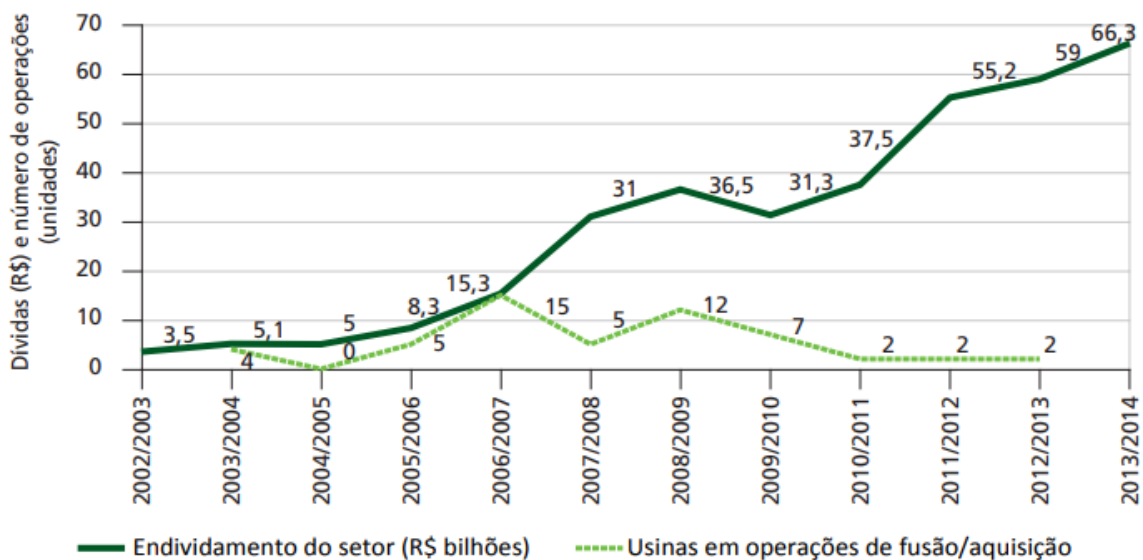


Gráfico 2: Evolução do endividamento e das operações de fusão/aquisição na agroindústria sucroenergética

Fonte: Datagro (Nastari, 2014), Nascimento (2014) e Siqueira (2014) *apud* Santos *et al.*, 2016, p. 25.

A partir desses dados históricos, percebe-se que o aumento de produtividade da cana-de-açúcar cria um “problema” a ser resolvido na agroindústria canavieira brasileira: produzir mudas de cana em larga escala, que sejam saudáveis, práticas de serem utilizadas em plantios mecanizados e que reduza o volume de cana da plantação reservado para esses fins. Cria-se assim a possibilidade de mudança nos padrões de produção de mudas, estímulo a inovações a

montante (“fora da porteira”), mudanças nas relações empresa, instituto de pesquisa e governo, bem como mecanismos de apropriabilidade dos avanços tecnológicos gerados. Entretanto, estes temas não têm sido abordados na cadeia agroindustrial canavieira até o presente momento.

Mapeamento da Cadeia Produtiva do Etanol no Brasil

A evolução tecnológica relacionado com a cadeia produtiva do etanol proveniente da cana-de-açúcar no Brasil foi mapeada no período de 1974 a 2006 (WINTER; LIMA;; MENDES, 2014) e no período de 2007 a 2012 (LIMA *et al.*, 2013), através do levantamento de depósito de patentes por ano. Os elos da cadeia produtiva contemplados foram: preparo do solo, plantio, colheita, moagem, destilação, fermentação de primeira geração (1G) e fermentação de segunda geração (2G)²¹.

Os resultados mostraram que no Brasil, a proteção patentária das inovações evoluíram conforme as principais mudanças de paradigma observadas por Shikida (Quadro 2) (2014). Estes estudos demonstraram que o uso de patentes pode ser empregado para analisar o comportamento das inovações e suas trajetórias tecnológicas.

Quadro 2: Resumo do perfil de patenteamento da cadeia produtiva do etanol no período 1974-2006.

Continua

1º. Período – 1974 a 1980

Neste período, que coincide com o início do programa Proálcool, observa-se a maior taxa de crescimento no que se refere ao número de pedidos de patentes depositados no Brasil, com um aumento aproximado de cinco pedidos ao ano.

2º. Período – 1981 a 1989

A década de 1980, já conhecida por ser a década em que a tecnologia, de uma forma geral, ficou praticamente estagnada, ocorrendo à desaceleração do interesse pelo etanol. O desmonte do programa governamental refletiu no esforço inovativo, diminuindo o número de pedidos de patentes por ano depositados no Brasil, com uma taxa de aproximadamente – 03 (três) pedidos ao ano.

²¹ A fermentação do álcool de primeira geração implica em processos biológicos de fermentação da sacarose, enquanto que a fermentação de segunda geração se refere a processos enzimáticos para decompor o material lignocelulósico, presente na parede vegetal.

3º. Período – 1990 a 1996

Neste período, o número de depósitos de patentes no Brasil permaneceu estável, com uma média de aproximadamente 10 pedidos ao ano. Porém, nesse período, se intensificou a discussão sobre questões ambientais, com forte atuação brasileira, como pode ser verificado com a realização, na cidade do Rio de Janeiro, da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, conhecida também como ECO-92 ou Rio-92. Outro fator que interfere neste período é a adesão do Brasil ao Acordo sobre os Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (Acordo TRIPS), por meio do Decreto nº 1.355, de 30 de dezembro de 1994, que promulgou a Ata Final que Incorpora os Resultados da Rodada Uruguai de Negociações Comerciais Multilaterais do GATT (BRASIL, 1994). Isso culminou na reformulação do código de propriedade industrial de 1971, que resultou na instituição da atual Lei de Propriedade Industrial, Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. As alterações incorporadas nessa nova lei afetaram a cadeia produtiva do etanol, especialmente com a possibilidade de patenteamento de biotecnologias e compostos químicos (BRASIL, 1996).

4º. Período – 1997 – 2006

No final da década de 1990, além da entrada em vigor da Lei de Propriedade Industrial, outros fatores fizeram com que o Brasil e o mundo realizassem uma corrida por fontes alternativas de energia, sendo o principal deles a alta do preço do petróleo. Com isso, o número de pedidos de patentes relacionados à produção de etanol voltou a crescer, apresentando uma taxa de crescimento de aproximadamente três pedidos ao ano.

Continuação – Período 2007 a 2012

Os autores Lima et al. (2013) constataam que não há desenvolvimento, ao menos, desenvolvimento tecnológico que esteja sendo protegido por patentes. Os dados sugerem a percepção de que os elos tecnológicos da cadeia de produção de etanol no Brasil estão sofrendo um certo tipo de "sucateamento" ou até "paralisa" tecnológica. A única exceção foi a classificação referente a colheita, do que se desprende a preocupação com o desenvolvimento da mecanização e da automação da colheita se apresenta como carro-chefe do interesse patentária no setor

Fonte: Elaboração a partir de (LIMA *et al.*, 2013; WINTER; LIMA;; MENDES, 2014).

Principais atores envolvidos no sistema de inovação da agroindústria canavieira brasileira

Os autores Furtado, Scandiffio & Cortês (2011) analisaram os principais aspectos do sistema setorial de inovação ²² vinculado com a agroindústria canavieira brasileira, especificamente da região sudeste, a qual foi fruto de uma longa trajetória de aprendizado em inovações incrementais. Os principais atores envolvidos neste sistema de inovação estão discriminados no quadro 3. Observa-se que a maioria é composta por centros de pesquisas voltados para o melhoramento vegetal e somente duas correspondem a empresas: a Dedini,

²² O conceito de Sistemas Nacionais de Inovação – SNI, desenvolvido pelos economistas da década de 80, permite a análise comparativa de diferentes arranjos envolvendo as instituições que participam do processo de aprendizado, capacitação e desenvolvimento tecnológico, dando ensejo a estratégias e políticas próprias a cada país, os quais também podem ser utilizados em estudos setoriais (ARCHIBUGI; MICHIE, 1997; FREEMAN, 1995).

dedicada a equipamentos e produção de etanol de segunda geração, e as antigas start-ups CanaVialis e Alellyx, ambas incorporadas pela Monsanto a partir de 2008. A CTC, como mencionado no capítulo anterior, anunciou recentemente uma biofábrica de sementes de cana-de-açúcar, utilizando como padrão de produção o cultivo de tecidos (BATISTA; CAETANO, 2014).

Pode-se inferir a partir do perfil destes atores a importância na produção de cultivares capazes de atender as especificidades climáticas regionais e mudas de cana-de-açúcar no cenário nacional.

Quadro 3: Principais atores do sistema de inovação da cana-de-açúcar

Atores	Descrição	Função	Atividades
ESALQ (1901–)	Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo - USP	Formação de recursos humanos e execução de pesquisa	Primeira estação Agronômica
IAC (1887–)	Centro de Pesquisa Agronômico de São Paulo	Execução de Pesquisa	7 Estações Agronômicas
IAA (1933–1990)	Instituto Nacional de Açúcar e Alcool	Financiamento de Pesquisa	Planejamento de produção e preço
Planalsucar (1972–1990) ²³	Programa de Melhoramento da Cana-de-açúcar vinculado ao IAA	Execução de Pesquisa	30 Estações Agronômicas
Ridesa (1991–)	Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético	Execução de Pesquisa	21 Estações Agronômicas
CTC (1970–) ²⁴	Centro de Tecnologia Canavieira	Execução de Pesquisa	Pesquisa agrônômica e industrial
Dedini (1922–)	Empresa fornecedora de bens de capital	Execução de Pesquisa e financiamento	Pesquisa industrial e de etanol de 2ª geração
CanaVialis e Alellyx (2004–)	Start-ups - atualmente pertencem a Monsanto	Execução de Pesquisa	Pesquisa agrônômica e biotecnológica
CTBE (2010-)	Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol	Execução de Pesquisa	Pesquisa básica e de etanol de 2ª geração

Fonte: Elaboração a partir de (FURTADO; SCANDIFFIO; CORTEZ, 2011).

²³ A Ridesa substituiu o Planalsucar (Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar), criado na década de 70 (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991).

²⁴ A Copersucar foi substituída pela CTC (Centro de Tecnologia Canavieira) (CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, 2013).

Heterogeneidade da Produtividade da Cana-de-Açúcar

A produtividade da cana-de-açúcar, medida em rendimento médio por hectare da lavoura colhida, apresenta variações nas diferentes regiões do Brasil ao longo do tempo (Gráfico 3), passando por “ciclos de ganho e perda de produtividade, o que reflete os momentos de maior investimento e a safra na qual um novo ciclo atinge sua maior produtividade e vice-versa” (SANTOS, 2016) (p.168). A região que mais perdeu produtividade a partir de 2008 foi a região Centro-Sul, a qual é associada a problemas de adaptação da mecanização da colheita, condições climáticas, idade dos canaviais, manutenção das lavouras, defasagem tecnológica e demora entre a disponibilização de cultivares e sua adoção no cultivo (SANTOS, 2016). Este último fator é corroborado com a análise da relação entre as variações de produtividade e a introdução de novas variedades de cana-de-açúcar no mercado brasileiro no período de 2005 a 2015, utilizando os indicadores de diversificação de variedades, descrito na literatura: o índice de atualização varietal (IAV) e o índice de concentração varietal (ICV) (ALVES; PAIXÃO, 2016). As autoras mostraram que a produtividade teve maior correlação com as flutuações da área plantada do que com a diversificação de cultivares, ressaltando que, entre as 10 cultivares mais plantadas no país, 40% corresponde a cultivar RB867515 da Ridesa.

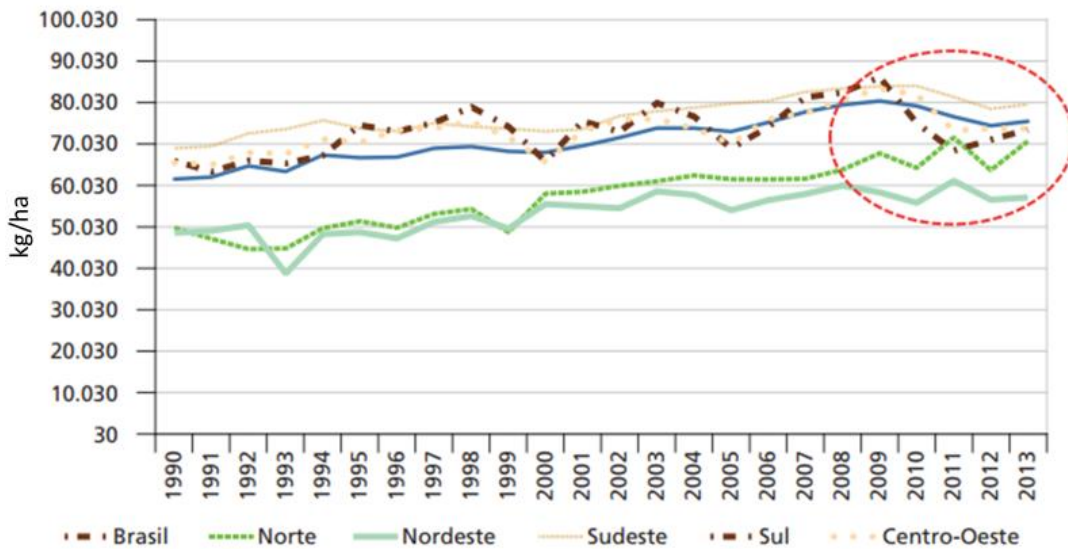


Gráfico 3: Evolução do rendimento médio por área colhida (1990-2013) no Brasil e regiões.

Fonte: SANTOS, 2016, p. 168.

A perda de produtividade da cana-de-açúcar também foi observada no principal indicador de qualidade do processamento industrial da cana-de-açúcar, o Açúcar Total

Recuperável (ATR), uma medida que avalia a capacidade de converter em açúcar ou álcool através dos coeficientes de transformação de cada unidade produtiva. Segundo Santos (2016), a queda no ATR foi mais evidente a partir de 2009, sendo atribuída a diferentes fatores de condições de produção e “à perda de quantidade e qualidade da cana colhida” (p.169).

Em relação a mecanização da lavoura, no período de 2000 a 2013, houve um aumento da colheita mecanizada de 28 para 89% na região Centro-Sul, a qual engloba o estado de São Paulo (FAVA; VINÍCIUS; TROMBIN, 2014). Este aumento foi consequência de pressões ambientais e sociais que resultaram na regulamentação da Lei N.º 11.241²⁵, de 19 de setembro de 2002 (SÃO PAULO, 2002). Como desdobramento desta legislação, houve a expansão do setor canavieiro em novas fronteiras agrícolas em regiões com menor declividade do solo, principalmente na região Centro-Oeste, o qual teve boa aceitação pelas vantagens econômica (lucro e geração de emprego) da atividade canavieira frente a outras culturas na região (SANT’ANNA *et al.*, 2016).

As perdas de produtividade relacionadas com a colheita mecanizada chegaram a 1,85 t/ha, correspondente a 3,4% das perdas totais em uma área monitorada no estado do Rio de Janeiro, o que é considerado uma perda média (MANHÃES *et al.*, 2011). Entretanto, os danos causados nos colmos da cana aumentam a probabilidade de peste e de incidência de doenças (FLYNN *et al.*, 2005; MANHÃES *et al.*, 2011), diminuindo a capacidade de germinação (FLYNN *et al.*, 2005; MANHÃES *et al.*, 2011), além das perdas do conteúdo de sacarose (LAKSHMANAN *et al.*, 2005). Neste aspecto, Carvalho & Furtado (2013) destacam os esforços de diferentes instituições de pesquisa para o melhoramento genético de variedades de cana-de-açúcar voltadas para atender aos desafios de plantio e colheita mecanizada, controle de doenças e pragas, além das mudanças climáticas. Entre as instituições de pesquisa, destacam-se a Ridesa, CTC, o IAC e a Embrapa.

Cabe ressaltar que recentemente foi lançado o Zoneamento AgroEcológico (ZAE) da cana-de-açúcar, que teve como objetivo indicar áreas de aptidão agrícola (condições edafoclimáticas) para o cultivo da cana-de-açúcar respeitando os biomas Amazônia, Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai e diminuir a competição com áreas de produção de alimentos, entre outros (MANZATTO *et al.*, 2009). Este ZAE serve de diretrizes para as políticas públicas

²⁵ Esta legislação dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá outras providências no estado de São Paulo, destacando metas: fim da queima de cana no estado de São Paulo até 2021, para as áreas com declividade inferior a 12%, e até 2031, para as áreas acima de 12% de declividade (SÃO PAULO, 2002).

visando o ordenamento espacial e garantindo uma melhor produtividade da cana (PAULILLO *et al.*, 2016).

Como visto até agora, os fatores que afetam a produtividade servem de estímulo para as pesquisas e o desenvolvimento de inovações no setor agrícola, que ademais, devem atender as tendências de tecnologias na cadeia produtiva canavieira. Entre elas, está a produção de uma variedade de cana-de-açúcar com maior conteúdo de fibras, como é o caso da cana-energia destinada a produção de etanol de segunda e terceira geração²⁶ (SANTOS, 2016), bem como um sistema de plantio mecanizado adaptado para mudas de cana-de-açúcar, de preferência em *containers* (ex. tubetes) em um manejo mais eficiente (NYKO *et al.*, 2013; VERGES, 2013).

2.2. Conceitos relacionados com a geração e adoção de inovações

A corrente de pensamento neoschumpeteriana ou evolucionista defende que a inovação constitui o determinante fundamental do processo dinâmico da economia, sendo o único caminho de sobrevivência nos mercados, tanto de processos quanto de produtos novos, cada vez mais competitivos (TAVARES; KRETZER; MEDEIROS, 2005). Ao longo do processo de busca por novas tecnologias (inovações), as firmas se defrontam com restrições e condicionantes externos, definidos pelo ambiente econômico, a organização institucional, o paradigma vigente e o setor de atividade industrial, bem como os determinantes internos, compreendendo a(s) trajetória(s) tecnológica(s) e a estratégia da empresa/firma. Abordaremos alguns desses condicionantes ligados ao setor agroindustrial canavieiro.

2.2.1. Paradigma Tecnológico e Trajetórias Tecnológicas

O conceito de paradigma foi abordado por diferentes autores e tem o propósito de compreender a geração e adoção de inovações e como ocorre o progresso técnico (ARCHIBUGI; IAMMARINO, 2002; DOSI, 1982; DOSI; RAMELLO; SILVA, 2006; PEREZ, 2009). Dosi (1982) estudou as causas das atividades inovadoras, criticando as teorias indutoras de mudanças tecnológicas: a *demand-pull e technology-push*. A teoria *demand-pull*, no qual o mercado é o principal responsável pelas mudanças tecnológicas, é criticada principalmente por explicar somente as inovações incrementais, incapaz de definir “quando” e “onde” e negligenciando as transformações do conhecimento que ocorrem sem nenhuma relação direta

²⁶ O etanol é produzido via três rotas tecnológicas: a primeira geração o etanol é obtido por fermentação da sacarose; a segunda geração, a produção de etanol é por hidrólise ácida e; a terceira geração utiliza a hidrólise enzimática (BUCKERIDGE; SANTOS; SOUZA, 2010). Os autores ademais mencionam o etanol de quarta geração, que seria a integração dos processos de produção do etanol de segunda e terceira geração.

com o mercado. Em relação à teoria *technology-push*, onde a tecnologia é impulsionada pela pesquisa e desenvolvimento (P&D), o autor simplesmente ressalta que o mercado não foi levado em consideração nesta teoria. Como forma de equalizar ambas teorias, e baseando-se no conceito de Paradigma Científico de Thomas Kuhn (*apud* DOSI, 1982), Dosi (1982) formulou o conceito de *technological paradigm*, definido como:

“modelo” ou um “padrão” de soluções de um conjunto de problemas de ordem técnica, selecionado a partir de princípios derivados do conhecimento científico e das práticas produtivas (tradução livre) (DOSI, 1982, p. 152).

O paradigma tecnológico emerge de um conhecimento preexistente e contempla as trajetórias tecnológicas como um padrão de atividades destinadas a resolver problemas técnicos, denominado de progresso técnico, o que seria a base do próprio paradigma (DOSI, 1982).

Teece (1986) menciona que o processo do surgimento de um paradigma dominante²⁷ passa por uma etapa “preparadigmática”, quando a ciência ainda está no conceito teórico, ou seja, na fase de pesquisa e desenvolvimento. O estabelecimento de um paradigma dominante ocorre quando o avanço científico se transforma em um padrão aceitável:

sinaliza a maturidade científica e a aceitação de "padrões" acordados pelo qual o que foi referido como pesquisa científica "normal" pode prosseguir. Esses "padrões" permanecem em vigor a menos que ou até que o paradigma seja derrubado (tradução livre) (TEECE, 1986, p. 287).

Freeman e Perez (1988 *apud* DOSI, 1988) enriqueceram o conceito de Dosi (1982), denominando-o “*Technoeconomic Paradigm*”²⁸, não estando limitado às características técnicas da inovação, mas abrangendo as mudanças nos custos associados a condições de produção e distribuição, ou seja, as condicionantes do ambiente competitivo (LA ROVÈRE, 2006). Entretanto, Salles Filho (1993) questiona a aplicabilidade deste conceito no estudo do padrão agrícola e nas condicionantes do seu processo inovativo, sendo útil em outros tipos de análises, como as mudanças relacionadas com o advento da biotecnologia moderna ou a aceitação no mercado de cultivos transgênicos.

²⁷ O autor se refere ao “dominant design paradigma” como um dos fatores que afetam a repartição dos lucros advindos da inovação, junto com os mecanismos de apropriabilidade e ativos complementares. A repartição de lucros é feita entre clientes, fornecedores, imitadores ou inovadores.

²⁸ O termo tecno-econômico foi introduzido inicialmente por Perez em 1985, substituindo o termo *technological style* de 1983 com a finalidade de se conectar com o conceito de paradigmas tecnológico de Dosi (1982) (PEREZ, 2009).

Aplicando o conceito de Dosi na agricultura, observa-se ao menos dois paradigmas tecnológicos no último século: o paradigma relacionado com a “Revolução Verde” e a “Revolução Genética”. O padrão tecnológico da agricultura moderna foi moldado a partir do século XIX, vinculado com os avanços na ciência sobre a fisiologia das plantas (ex. captação de nitrogênio, composição de nutrientes), química dos solos, genética (melhoramento vegetal iniciado nos Jardins Botânicos desde o século XVII), além do uso de máquinas agrícolas (SALLES FILHO, 1993). Entretanto, esse padrão se consolida somente após a segunda guerra mundial, com o uso intensivo de inseticidas e pesticidas, gerando um aumento na produção e produtividade agrícola, passando a ser conhecido como “Revolução Verde” (PARAYIL, 2003; SALLES FILHO, 1993). Desta forma, Salles Filho define o padrão tecnológico moderno como “resultado de uma combinação, no tempo, de diferentes trajetórias tecnológicas, que apresentaram elementos convergentes fortes, mas que não estavam previamente identificadas, nem tampouco evoluíram à mesma época, com o mesmo ritmo e a mesma direção” (SALLES FILHO, 1993, p. 43). Entre as diferentes trajetórias tecnológicas, se encontram as inovações biológicas, físico-químicas, mecânicas, agronômicas (organização do processo produtivo) e as inovações relacionadas com as tecnologias da informação e comunicação²⁹ (TIC). As inovações biológicas aplicadas na agricultura eram basicamente a cultura de tecidos, a fixação biológica de nitrogênio e o controle biológico de pragas, as quais fazem parte da “biotecnologia³⁰ tradicional ou clássica” (SILVEIRA; BORGES; BUAINAIN, 2005).

Os avanços na ciência no campo da biologia molecular, principalmente em relação ao sequenciamento de genes e do DNA, permitiram a modificação do material genético de plantas e seres vivos, síntese de proteínas, anticorpos, entre outros produtos e processos, denominada de biotecnologia moderna, gerando uma verdadeira revolução tecnológica (PARAYIL, 2003; SILVEIRA; BORGES; BUAINAIN, 2005). Essa revolução tecnológica, conhecida como Revolução Genética³¹, trouxe um ganho de produtividade a partir dos anos 1980 graças à introdução de cultivos com sementes geneticamente modificados. Entre eles, a soja é o principal

²⁹ A introdução das tecnologias da informação e comunicação tem sido inserida em diversos elos da cadeia produtiva agrícola, principalmente na agricultura de precisão (AGROTITAN, [S.d.]; ICAR, 2015).

³⁰ Segundo os autores Silveira, Borges e Buainain (2005), a “biotecnologia pode ser definida como um conjunto de técnicas de manipulação de seres vivos ou parte destes para fins econômicos” (p.102).

³¹ Segundo Parayil (2003), a Revolução Verde foi moldada pelas exigências da modernização no contexto da política pós-colonial durante a Guerra Fria, enquanto a Revolução Genética está sendo moldada pelos imperativos da economia neoliberal globalizada, que fomenta a propriedade privada de conhecimento e produtos agrícolas.

produto, responsável por aproximadamente 60% da área mundial plantada com este tipo de cultivo (SILVEIRA; BORGES; BUAINAIN, 2005). No Brasil, as políticas públicas para fomentar pesquisas genômicas remontam ao final da década de 1990 e início de 2000, incluindo o Projeto Genoma Cana-de-açúcar, o qual teve investimentos públicos e parcerias de cooperação tecnológica com instituições nacionais e estrangeiras³² (BORGES; POZ, 2001; CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013).

2.2.2. Escolha das Trajetórias Tecnológicas, *Path Dependence* e *Lock-in*

A trajetória tecnológica é definida por Dosi (1982) como a direção e o avanço de uma determinada tecnologia sob um paradigma tecnológico. Segundo North (1991), o conceito de *path dependence* foi desenvolvido por Brian Arthur (1988, 1989) e Paul David (1985) para analisar as mudanças tecnológicas, em particular, em torno ao debate sobre o padrão Qwerty dos teclados de máquinas de escrever. O exemplo permitiu ilustrar “a ideia de que uma sequência de escolhas econômicas é, a cada momento, condicionada pela situação criada por escolhas anteriores e, ao mesmo tempo, tende a reforçá-las sem esta consequência ser considerada pelos agentes que tomam decisões” (HELLER, 2006, p.260). O surgimento de um padrão diferente (Dvorak Simplified Keyboard) e tecnologicamente superior não implicou na substituição do padrão vigente, em parte pelo fato de ninguém estava familiarizado com esta nova tecnologia, definindo o conceito de *lock-in* com a forma do mercado estar “preso” ao padrão Qwerty (HELLER, 2006).

A escolha de uma determinada tecnologia em detrimento de outra não depende só de sua eficiência em relação a custos e benefícios ou lucros, mas entra em jogo uma série de fatores que levam ao bem-estar social ou não neutralidade da tecnologia, como as condições de trabalho, impactos ambientais, entre outros (LA ROVÈRE, 2006; LUSTOSA, 2011). Desta forma, uma determinada trajetória “não é eleita por ser a mais eficiente, mas se torna mais eficiente porque foi eleita” (LUSTOSA, 2011, p.115), ou seja, as tecnologias tornam-se mais atrativas quanto mais são utilizadas. Em adição, as escolhas das trajetórias são dependentes das escolhas passadas – *path dependence*, que se referem à herança institucional do sistema e às competências das empresas, seja de conhecimento tácito como codificado (LA ROVÈRE, 2006). Shikida & Perosa (2012) estudaram o *path dependence* do álcool combustível no Brasil na transição dos paradigmas subvencionista e tecnológico, o qual foi moldado por diferentes

³² As principais parcerias foram entre Ridesa (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Canavieiro) e Embrapa; Embrapa e Unicamp; CTC (Centro de Tecnologia Canavieira) com Basf e Bayer (CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, 2013).

organizações e agentes econômicos³³ em uma matriz institucional *lock-in*, revelando os interesses da agroindústria canavieira, referindo-se a uma verdadeira “orquestração” de interesses. A rigidez estrutural ou o efeito de *lock-in* se devem justamente ao grau de dificuldade em modificar o sistema institucional e o paradigma tecnológico vigente (SHIKIDA & PEROSA, 2012; LUSTOSA, 2011).

2.2.3. Fatores de Mudanças Tecnológicas na Agroindústria

Entre os fatores que induzem as inovações e afetam o direcionamento das tecnologias referenciados na literatura estão: a oferta e demanda, a difusão tecnológica ou a forma como uma determinada tecnologia é adotada, o ambiente institucional, o aprendizado tecnológico, a apropriabilidade e ativos complementares, entre outros (DOSI; NELSON, 2013; TEECE, 1986; TIGRE, 2006).

Difusão Tecnológica

A primeira pesquisa que trata de compreender os fatores que afetam a adoção de uma determinada inovação³⁴ na agricultura e seu padrão de difusão foi realizado por Griliches em 1957 sobre a adoção de milho híbrido nos Estados Unidos da América (EUA) (FEDER; UMALI, 1993; GHADIM; PANNEL, 1999; SALLES FILHO, 1993; VIEIRA FILHO; SILVEIRA, 2012). Os resultados desse estudo apontaram que as variáveis econômicas eram os fatores determinantes da mudança tecnológica, ou seja, a motivação estava vinculada à expectativa de lucro pelo aumento de produtividade por hectare, entre outros. O modelo de difusão da tecnologia do milho híbrido mostrou que a difusão é dependente do tempo e da taxa de contato entre os adotantes, o que determina uma curva de difusão logística, em forma de "s" (LA ROVÈRE, 2006; PEREZ, 2009; SALLES FILHO, 1993). Os primeiros adotantes seriam os “inovadores” e o processo de difusão seria a disseminação da nova tecnologia, medido por taxas de imitação, para os demais membros da população (FEDER; UMALI, 1993). As principais críticas desse modelo de difusão, denominado estático, é que os pressupostos subjacentes contemplavam uma população homogênea, onde a fonte de informação dos

³³ As organizações e agentes econômicos incluíam: usinas e destilarias, indústrias de bem capital, indústria automobilística, organizações corporativas, centros de pesquisa, consumidores e o Estado.

³⁴ Considera-se a inovação como fator tecnológico que altera a função de produção e, em relação ao qual existe alguma incerteza, seja percebida ou objetiva ou ambas (FEDER; UMALI, 1993).

“aprendentes” é interna (aprendendo de outros adotantes) e desconsiderava as fontes externas (aprendendo de fontes diferentes dos adotantes), entre outros fatores³⁵.

Salles Filho (1993) constata que, de fato, o ambiente de difusão é dinâmico:

o ambiente de difusão não é estático, ele muda como consequência da própria difusão, porque haverá uma fase de competição entre novas e velhas tecnologias; porque o processo de aprendizado alterará o significado técnico e econômico da inovação enquanto esta se difunde; e porque serão também alteradas as condições da produção da tecnologia (SALLES FILHO, 1993, p.92).

Nessa mesma linha de pensamento, diversos economistas têm questionado o modelo estático de difusão tecnológica³⁶, pois não consideram a importância da aprendizagem tecnológica, nem as mudanças institucionais na dinâmica das decisões de adoção (FURTADO, 2006).

Em relação a estudos voltados para compreender fatores que influenciam a adoção de uma nova tecnologia no setor agrícola, ademais dos fatores acima mencionados, foram identificados como de extrema relevância as condições socioeconômicas do produtor (grau de escolaridade, experiência laboral, aversão ao risco, entre outros), as características da produção e da propriedade rural, os quais devem ser contemplados nos modelos de difusão (FILHO *et al.*, 2011; GHADIM; PANNEL, 1999).

Mecanismos de Apropriabilidade e Ativos complementares

Os mecanismos de apropriabilidade³⁷ de uma firma dependem da natureza da tecnologia: produto, processo e o grau de conhecimento associado, codificado ou tácito. O conhecimento codificado é mais fácil de ser transmitido, pois é registrado em manuais, livros ou outros meios físicos, enquanto que o conhecimento tácito (*know-how*) envolve habilidades e experiências adquiridas (aprendizado tecnológico), sendo difícil sua transferência³⁸ e imitação. Os direitos

³⁵ Esta dinâmica envolve mudanças nas percepções e atitudes dos agricultores à medida que a informação é coletada progressivamente, ou seja, aquisição da informação e o processo de aprendizado *learning-by-doing* por parte dos agricultores. O aprendizado tecnológico pode ser adquirido através de: aprender fazendo (*learning-by-doing*), aprender usando (*learning-by-using*), aprendizado por interação (*learning-by-interacting*), aprendizado adaptativo, aprender procurando, entre outros (*spill overs*, *learning-by-researching*) (QUEIROZ, 2006; TIGRE, 2006).

³⁶ As principais revisões da literatura sobre o tema se encontram nos artigos de Gadhim & Pannell (1999), Furtado (2006) e Vieira Filho & Silveira (2012).

³⁷ O conceito de apropriabilidade se refere aos “meios que um agente econômico pode usar para tirar proveito de suas invenções ou inovações aproveitando temporariamente algum tipo de poder monopolista sobre o conhecimento que cria” (LOPEZ, 2009).

³⁸ A transferência tecnológica envolvendo *know how* é realizada mediante contratos e podem ser averbados nos escritórios nacionais de propriedade industrial.

de propriedade intelectual de produtos, processos ou conhecimento codificado, tais como patentes, marcas, desenho industrial, direitos de autor e cultivares, são um dos mecanismos de apropriabilidade utilizados pelas firmas inovadoras. Porém, existem outros mecanismos que as empresas utilizam como vantagens competitivas, incluindo a exploração do tempo de execução (*lead-time*), curva de aprendizado mais eficiente, o uso de ativos complementares, sigilo ou segredo industrial, estruturas organizacionais (CARVALHO, S.M.P. 2003; COHEN; NELSON; WALSH, 2000; LOPEZ, 2009; TEECE, 1986).

Entende-se como ativos complementares os serviços que permitem inserir um novo produto/processo no mercado, como marketing, fabricação competitiva e assistência pós-venda (TEECE, 1986). Estes ativos são classificados em: (a) genéricos, onde os ativos não estão vinculados ao processo inovativo; (b) especializados, ativos dependentes do processo inovativo de forma unilateral, e (c) co-especializados, ativos que possuem uma dependência bilateral com o processo inovativo. Esses conceitos podem ser correlacionados com os regimes de apropriação de uma determinada tecnologia, estreito ou fraco. Nos regimes estreitos, o poder de imitação da tecnologia é menor, pois os mecanismos de proteção legal dos ativos impedem que os demais se apropriem de sua tecnologia, proporcionando às firmas lucros maiores. Nos regimes fracos, a proteção dos ativos é mais difícil, portanto, a capacidade de imitação é maior e os lucros serão menores (LOPEZ, 2009; TEECE, 1986). As formas como as firmas se relacionam com os ativos complementares é por contratos ou integralizada, gerando uma relação complexa entre inovadores, imitadores e proprietários de ativos co-especializados (p.ex., distribuidores) que lutam para se posicionar no mercado como ganhadores das inovações.

Na agricultura, especificamente para sementes e mudas, o grau de apropriabilidade é muito baixo, restringindo-se a cultivares e umas poucas patentes, dependendo do processo biotecnológico, como visto no capítulo anterior, o qual poderia ser considerado um setor “baseado em ciência”, segundo a taxonomia de Pavitt (1984). Em adição, a alta complexidade da agroindústria mostra que a capacidade de apropriação da inovação é variável, sendo “necessária a articulação com outros mecanismos de apropriação”, jurídicos ou não (CARVALHO,S.M.P.; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006, p. 334). Segundo Olalde (1992), existe um desestímulo em inovar em novas tecnologias agrícolas por parte de firmas devido as seguintes especificidades: a) caráter estocástico, pelo elevado grau de incerteza quanto aos resultados; b) custos associados à infraestrutura local; c) longo período para obter resultados

(lapso que leva entre a pesquisa e colocar uma variedade nova no mercado é de 8 a 10 anos); d) alta especificidade local em termos de condições edafoclimáticas. Desta forma, a interação entre a agroindústria “sementeira” (incluindo a produção de mudas) e o setor público é bastante estreita (SALLES FILHO, 1993), destacando a participação das instituições brasileiras voltadas para P&D de melhoramento vegetal da cana-de-açúcar: Copersucar (Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo), o Instituto Agrônomo (IAC), a Ridesa e a Embrapa (CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013).

Ambiente Institucional

As instituições representam as “regras do jogo” de uma sociedade, compostas pelas organizações (corpo político, econômico, sociais e educacionais) e incluem tanto as instituições formais como informais:

“As instituições são as restrições humanamente concebidas que estruturam a interação política, econômica e social. Consistem em restrições informais (sanções, tabus, costumes, tradições e códigos de conduta) e regras formais (constituições, leis, direitos de propriedade)”. (tradução livre) (NORTH, 1991, p. 97).

As instituições são dinâmicas, evoluem e moldam a direção da mudança econômica em direção ao crescimento, estagnação ou declínio (NORTH, 1991). Salles Filho (2003) menciona que “as instituições teriam, nesta perspectiva, 'trajetórias institucionais', mais ou menos vinculadas às trajetórias e aos paradigmas tecnológicos” (p.96). Neste sentido, vale resgatar o caso do setor canavieiro brasileiro, onde o ambiente institucional passou por um modelo marcado por uma política estatal intervencionista (paradigma subvencionista), para um modelo de desregulamentação (paradigma tecnológico), onde a “orquestração” de interesses na agroindústria voltada para o álcool combustível teve um fator primordial (SHIKIDA; PEROSA, 2012).

Em uma outra perspectiva, os autores Possas, Salles-Filho & Da Silveira (1996), Carvalho (2003) e Carvalho, Salles-Filho & Paulino (2006) sugerem que as instituições do setor agrícola podem servir de fontes de inovação, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e sua difusão. A seguir são detalhadas as fontes de inovação, alguns exemplos da sua relação com as formas de proteção à propriedade intelectual (a lista completa encontra-se no anexo 3) e a identificação dos principais atores do sistema de inovação da cana-de-açúcar:

a) fontes privadas de organização empresarial industrial – relacionadas com produtos intermediário e máquinas e implementos agrícolas, ex. indústria de defensivos agrícolas. Utilizam como mecanismos de apropriação: marcas e patentes (proteção intelectual), bem como

ativos complementares. Entre os atores do sistema de inovação, a empresa Dedini (quadro 3) se enquadra nesta classificação, porém atua no desenvolvimento de tecnologias para produção de etanol de 2G. As antigas CanaVialis e Alellyx (Monsanto), também poderia ser classificada nesta categoria;

b) fontes privadas relacionadas às agroindústrias verticalizadas - compreendem indústrias de processamento de produtos agrícolas que interferem direta ou indiretamente na produção de matérias-primas. A P&D pode ser realizada internamente na empresa ou em parceria com outras instituições. Possuem diferentes estratégias de proteção intelectual, incluindo os segredos de negócio, marcas, patentes, indicação geográfica e programas de computador. Nesta classificação, entrariam as usinas, produtoras de álcool e açúcar, que, como mencionado no capítulo 1, são as principais fornecedoras de cana-de-açúcar. Esta característica tem um impacto considerável na capacidade de investimento para o desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas, pois a mesma empresa que cultiva a cana, é responsável pelo processamento industrial, gerando um *trade-off* na gestão do capital;

c) fontes privadas, mas de organização coletiva, sem fins lucrativos – se enquadram as cooperativas e associações de produtores. Entre as formas de proteção intelectual, destacam-se as cultivares. O principal exemplo era a Copersucar;

d) fontes privadas relacionadas ao fornecimento de serviços – contemplam instituições/empresas que realizam assistência técnica e venda de serviços tecnológicos. Entre as formas de apropriabilidade, estão os segredos de negócio e programas de computador;

e) fontes institucionais públicas – contemplam as instituições de P&D, muitas delas descritas na seção 1.4, tais como a USP-ESALQ, Embrapa, IAC, entre outros. Utilizam formas de apropriabilidade diferentes, entre elas os direitos de autor, devido a disseminação do conhecimento por artigos científicos;

f) a unidade agrícola de produção - se refere a aquelas unidades que no processo de aprendizagem são capazes de gerar novos conhecimentos e, de alguma forma traduzida em inovações tecnológicas (novas variedades de plantas, novas formas de plantio, etc.). As formas de proteção identificadas pelos autores Carvalho (2003) e Carvalho, Salles-Filho & Paulino (2006) foram indicações geográficas e cultivares. No caso da agroindústria canavieira, as unidades agrícolas, principalmente as de menor porte, são as grandes fornecedoras da cana para

a produção industrial, entretanto, não há relatos de inovações relacionadas com a produção de mudas e novas variedades vegetais.

A partir da classificação das fontes de inovação, podemos inferir que as produções de mudas de cana-de-açúcar no Brasil provem de fontes do setor público ou privado de organização coletiva. De fato, destaca-se os investimentos do governo federal nos últimos anos destinados para o setor canavieiro, onde dos cerca de R\$ 220 milhões disponibilizados em 2013 da carteira BNDES-Finep, R\$ 171,33 milhões foram destinados ao melhoramento genético de cana e o restante foi direcionado para o desenvolvimento de máquinas e implementos agrícolas canavieiros (NYKO *et al.*, 2013).

As interações entre as instituições, no que tange as firmas (empresas), universidades ou centros de pesquisa e o governo, sob condições econômicas, legais, culturais e de infraestrutura determinadas, constituem circuitos de retroalimentação positiva entre as dimensões científica e tecnológica, promovendo a inovação. Dois modelos tratam de explicar o comportamento destas interações no processo inovativo: (i) o modelo de hélice tripla, proposto por Etzkowitz, leva em consideração as relações em diferentes estágios do processo de geração e disseminação do conhecimento, e foi utilizado para explicar o comportamento inovativo nos países desenvolvidos (ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, 2000; ETZKOWITZ, HENRY, 2004); (ii) o modelo do “triângulo de Sábato” (DAGNINO, 2003; SÁBATO; BOTANA, [S.d.]), utilizado para explicar o papel preponderante do Estado na inserção da ciência e tecnologia no desenvolvimento econômico dos países da América Latina, constituído por três elementos:

O governo, a estrutura produtiva e a infraestrutura científico-tecnológica. Podemos imaginar que entre estes três elementos se estabelece um sistema de relações que se representaria pela figura geométrica de um triângulo, onde cada um deles ocupariam seus vértices respectivos. (tradução livre) (SÁBATO; BOTANA, s.d., p.5).

2.2.4. Globalização da Inovação

A globalização tem sido utilizada para descrever o mundo das invenções e inovações, principalmente no que se refere a geração e difusão das tecnologias na sociedade, acunhando o termo de “globalização da inovação” (ARCHIBUGI; IAMMARINO, 2002). Os autores Archibugi & Iammarino (2002) enfatizam que a globalização e as mudanças tecnológicas estão intrinsicamente ligadas, sendo difícil de estabelecer qual delas é responsável por desencadear o outro. Em adição, os autores afirmam que a globalização da inovação é a junção entre dois fenômenos fundamentais da economia moderna: o aumento da integração internacional das atividades econômicas e o aumento da importância do conhecimento nos processos

econômicos. Tanto o ritmo como a intensidade da globalização da inovação variam conforme os países e setores econômicos. A expansão destas forças permaneceu durante muito tempo circunscrita à parte mais desenvolvida do mundo, definido como um processo de "triadização", ou seja, de crescente polarização das atividades econômicas e inovadoras nas economias de três potências econômicas: Estados Unidos, Europa e Japão, conhecidos como "Tríade" (ARCHIBUGI; IAMMARINO, 2002).

As categorias da globalização da inovação são divididas em três:

- 1) Exploração internacional de tecnologia produzida a nível nacional – esta categoria pode ser dada através de exportações de bens inovadores, cessão de licenças e patentes ou pela produção externa (estrangeira) de bens inovadores internamente projetados e desenvolvidos. Os principais atores envolvidos nesta categoria são empresas privadas ou indivíduos.
- 2) Produção global da inovação – as formas podem ser via P&D e atividades inovadoras, tanto no país de origem (sede) como em países anfitriões (filiais), ou bem através de aquisições de laboratórios de P&D já existentes ou investimento de P&D nos países anfitriões. Estas formas ademais podem ser dadas nas configurações de "*centre for global*", "*local for local*", "*local for global*". Os principais atores são as empresas multinacionais;
- 3) Colaborações tecnológicas mundiais – as formas de atuação dependem do tipo de atores envolvidos, então no caso de universidades e centro de pesquisa público, o meio mais utilizado é por projetos científicos conjuntos, intercâmbio científico ou anos sabáticos e por fluxos internacionais de estudantes. Já no caso de empresas nacionais e multinacionais, as formas mais utilizadas são *joint-ventures*³⁹ (empreendimentos em conjunto) para projetos inovadores específicos e acordos produtivos com troca de informações e/ou equipamento técnico.

³⁹ O *joint venture* é um modelo estratégico de parceria comercial ou de aliança entre empresas que tem como objetivo a colaboração para fins comerciais ou de desenvolvimento tecnológico, e pode implicar na fusão de sociedades em uma única empresa.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1. Abordagem metodológica

A metodologia adotada se baseia em abordagens teórica, empírica e exploratória, utilizando o estudo de cientometria⁴⁰ como ferramenta para avaliar avanços científicos e tecnológicos. A cientometria se enquadra no campo da Ciência da Informação ou estudos métricos da informação e constituem-se “como campo interdisciplinar dedicado ao estudo quantitativo da ciência e da tecnologia e estão voltados para avaliar a produção científica e tecnológica produzida pela comunidade científica no interior das áreas de conhecimento” (HAYASHI, 2012, p.2).

Foram selecionados diferentes indicadores cientométricos referenciados na literatura (GLÄNZEL, 2003; JEONG; KIM; CHOI, 2015; KIM; KIM, 2012; MILANEZ, 2015; OCDE, 2009; OECD, 1994; RUAS; PEREIRA, 2014):

1) Indicadores de atividade científica e tecnológica:

- a. Indicadores científicos – baseia-se no levantamento e análise de publicações científicas;
- b. Indicadores tecnológicos – baseia-se no levantamento e análise de documentos de patente;

2) Indicadores e métodos analíticos de dados avançados:

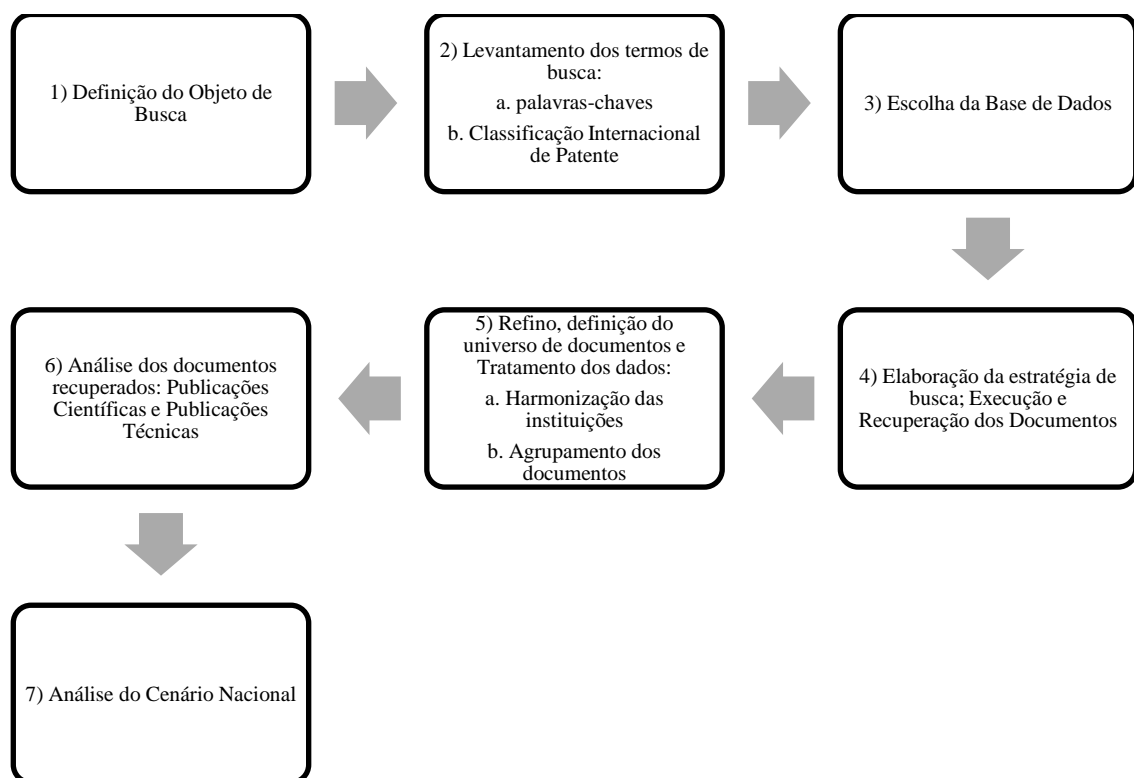
- a. Análise de co-autoria (autor-inventor) – estuda as redes de relacionamento entre pesquisadores e inventores pela análise de autores de publicações científicas e de inventores de documentos de patente;
- b. Análise de co-classificação de documentos de patente – estuda convergências tecnológicas através da análise de classificação de patentes por campos tecnológicos;

⁴⁰ Os termos bibliométricos e cientométricos foram introduzidos quase simultaneamente pelos autores Pritchard e por Nalimov e Mulchenko em 1969, e segundo suas interpretações, a cientometria é restrita à medição da comunicação científica, enquanto a bibliometria é projetada para lidar com processos de informação mais gerais. Não obstante, ambas terminologias acabaram virando sinônimo (GLÄNZEL, 2003; MILANEZ, 2015).

- c. Análise de citação de patentes – estuda os avanços tecnológicos e as trajetórias tecnológicas através das citações de documentos a montante (*cited documents*) e a jusante (*citing documents*), tanto de literatura patentária como não patentária;

3.1.1. Etapas da Metodologia

As etapas da metodologia estão representadas no Esquema 3 e consistem na definição do objeto de busca, no levantamento dos termos de busca, na escolha do repositório/base de dados, elaboração da estratégia de busca e recuperação dos documentos, tratamento dos dados e posterior análise.



Esquema 3: Esquema mostrando as diferentes etapas da metodologia da tese para análise dos avanços tecnológicos sobre produção de mudas de cana-de-açúcar.

3.2. Definição do Objeto de Busca

O objeto de busca abrange os métodos de produção de mudas de cana-de-açúcar, portanto, refere-se a técnicas de propagação vegetativa descritas no capítulo 1 (Contextualização dos Métodos de Produção de Mudanças de Cana-de-açúcar e sua forma de Proteção Intelectual, p. 5).

3.3. Levantamento dos termos de busca

O levantamento dos termos de busca foi realizado de forma sistematizada em 2016 e encontra-se no anexo 4 (HASNER; WINTER; RODRIGUES, 2016). As etapas consistiram em: (i) levantar as palavras chaves e classificação de patentes utilizado o tesouro AGROVOC Multilingual agricultural da Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO) e a publicação oficial de Classificação Internacional de Patentes (CIP), respectivamente; (ii) verificar a efetividade dos termos através da metodologia de priorização por frequência de palavras *Facet Ranking* (MATERNE; SLEIGHTHOLME, 2014) e matriz de relacionamento nos documentos recuperados em três bases: Scopus da Elsevier, Web of Science e Derwent Innovation Index da Thomsom Reuteurs; (iii) avaliar a relevância dos termos através de amostragem dos documentos recuperados (HASNER; WINTER; RODRIGUES, 2016). Os principais resultados mostraram que os termos mais frequentes foram “*plant*” e “*seed*”, e que, ademais, são recuperadas de forma combinada com os termos “*sugarcane*” e/ou “*sorghum*”. O termo “*Saccharum*” só teve representividade na base Scopus. Os autores destacaram a baixa frequência dos termos “*vegetative*” e “*propagation*” nas três bases consultadas. As diferenças observadas na relevância dos termos se devem “a indexação das bases e diferenças no linguajar técnico das bases de patentes frente às bases de literatura científica” (p. 462).

3.4. Escolha da Base de Dados

As bases de dados biblioGráficos escolhidas fazem parte da plataforma de pesquisa “ISI Web of Knowledge”, da Thomsom Reuteurs, incluindo a Web of Science® para publicações científicas e a Derwent Innovation Index para documentos de patente . Ambas bases têm como vantagem o mesmo sistema de indexação de documentos, conferindo maior confiabilidade, além de estarem disponíveis online no Portal Capes (Periódicos). A descrição completa de cada base encontra-se no anexo 4 e abaixo são descritas as principais vantagens de cada base.

Web of Science®

- Unificação da Nomenclatura da Organização: possui estrutura hierárquica dos nomes institucionais;
- Possui o KeyWords Plus®, termos de índice criados pela Thomson Reuters a partir de palavras importantes e frequentes nos títulos das referências citadas de um artigo, o que facilita a análise dos dados.

Derwent Innovation Index

Principais vantagens:

- Títulos descritivos e Resumos são revisados e escritos por especialistas do Derwent, todos em inglês, independentemente do idioma do documento de patente. Esta vantagem confere um certo “*delay*” na indexação de novos documentos;
- Família de patentes – todos os pedidos de patentes são reunidos em família de patentes a partir da definição de um grupo de patentes pertencentes a uma mesma invenção, a qual possui exatamente a mesma prioridade ou combinação de prioridades;
- Códigos de classes Derwent – a Derwent em uma classificação própria das tecnologias, uniformizando todo o acervo da base;

3.5. Elaboração da estratégia de busca, Execução e Recuperação dos Documentos

As estratégias de busca na base do Web of Science e Derwent Innovation Index estão descritas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, e foram executadas no dia 23 de janeiro de 2017, contemplando todos os anos.

Tabela 2: Estratégia de busca realizada na base do Web of Science, contemplando todos os índices (SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI). Tempo estipulado: todos os anos.

Sequencia	Nº Documentos recuperados	Estratégia ⁴¹
# 1	26111	ts=sugarcane or ts=(sugar and cane) or ts=(saccharum not acer) or ts=(saccharum not "munja grass")
# 2	53582	ts=(plant* or vegetative) and ts=(micropropagat* or propagat* or germination)
# 3	473821	ts=(shoots or propagules or plantlets or clone* or seedling*)
# 4	13107	ts=(artificia* or synthetic* or sintetic*) and ts=(seed* or semente* or semilla* or simient*)
# 5	980010	ts=(somatic* or callus* or callo* or calo* or embr* or apical* or tissue culture)
# 6	394	#2 AND #1
# 7	2310	#3 AND #1
# 8	50	#4 AND #1
# 9	907	#5 AND #1
# 10	3077	#9 OR #8 OR #7 OR #6

Fonte: Elaboração própria.

⁴¹ O campo ts se refere a “topic subject”, e engloba a recuperação de documentos nos campos do título e resumo. Foram utilizados operadores booleanos “OR”, “AND”, “NOT” e truncagem de palavras com o uso do asterisco (*). O hashtag (#) indica somente o número da sequência de operações de busca.

Tabela 3: Estratégia de busca na base do Derwent Innovation Index, índices contemplados: CDerwent, EDerwent, MDerwent. Tempo estipulado: todos os anos.

Sequencia	Nº Documentos recuperados	Estratégia
# 1	20928	ts=sugarcane or ts=(sugar and cane) or ts=(saccharum not acer) or ts=(saccharum not "munja grass")
# 2	18074	ts=(plant* or vegetative) and ts=(micropropagat* or propagat* or germination)
# 3	99067	ts=(shoots or propagules or plantlets or clone* or seedling*)
# 4	12526	ts=(artificia* or synthetic* or sintetic*) and ts=(seed* or semente* or semilla* or simient*)
# 5	>100.000	ts=(somatic* or callus* or callo* or calo* or embr* or apical* or tissue culture)
# 6	49452	ip=A01H*
# 7	657	#2 AND #1
# 8	1304	#3 AND #1
# 9	402	#4 AND #1
# 10	1011	#5 AND #1
# 11	1872	#6 AND #1
# 12	3333	#11 OR #10 OR #9 OR #8 OR #7

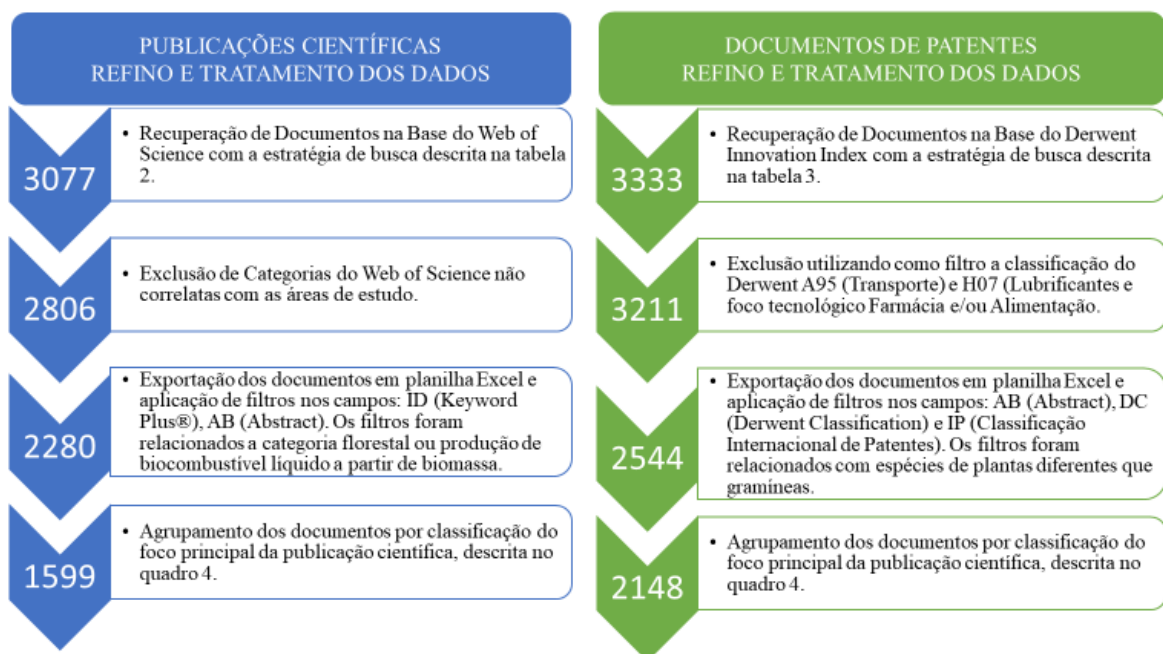
Fonte: Elaboração própria.

3.6. Refino, definição do universo de documentos e tratamento dos dados

O refino dos documentos recuperados contemplou tanto o uso de filtros dentro das bases do Web of Science e Derwent Innovation Index, como a análise dos documentos na planilha Excel junto com a utilização de filtros em diversos campos, conforme mostra o Esquema 4.

O primeiro refino das publicações científicas foi realizado na base do Web of Science excluindo as categorias relacionadas com Imunologia, Endocrinologia, Anatomia, Engenharia Elétrica, entre outras não correlatas com a área de estudo. Em seguida, utilizaram-se filtros nos campos de resumo e palavras chaves (Keyword Plus®) com termos relacionados com a produção de mudas de cana-de-açúcar, excluindo documentos na área florestal ou produção de biocombustível por biomassa diferente da cana-de-açúcar. A fase final do refino foi pelo agrupamento dos documentos, descrito na seção 4.7.2.

O primeiro refino dos documentos de patente ocorreu na base do Derwent Innovation Index, excluindo todos os documentos que tivessem sido classificados em áreas fora do escopo da pesquisa, tais como a Classificação A95, referente a transportes ou H07 sobre lubrificantes. Em seguida, o refino continuou com os dados exportados para a planilha Excel e foram excluídos os documentos em áreas como farmácia ou alimentos designados no campo TF (Technology Focus). Ademais, foram utilizados filtros nos campos do resumo, classificação Derwent e Classificação Internacional de Patentes, eliminando documentos que fossem relacionados com preparo de alimentos ou rações animais. E por fim, os documentos foram agrupados conforme a descrição detalhada na seção 4.7.2.



Esquema 4: Esquema representando as diferentes etapas com o total de documentos, publicações científicas e documentos de patente, sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar.

Fonte: Elaboração própria.

3.7. Tratamento dos dados:

3.7.1. Harmonização das instituições

A harmonização das instituições associadas aos autores das publicações científicas e dos titulares das famílias de patentes contemplou os códigos utilizados pelo Derwent Innovation Index.

Exemplo: o código GUAN-Non-standard está associado as seguintes instituições:

- Guangdong Acad Agric Sci Crop Inst
- Guangdong Xinshengfeng Fertilizer Co Ltd
- Guangxi Acad Agric Sci Sugarcane Res Ins
- Guangxi Jialianda Eco-Agric Dev Co Ltd
- Guangxi Kangfeng Technology Dev Co Ltd
- Guangxi Qinzhou Lishun Machinery Co Ltd
- Guangxi Siyuan Agric Dev Co Ltd
- Guangxi South Asian Tropical Agric Sci
- Guangxi Subtropical Crops Res Inst
- Guangzhou Sugarcane Ind Res Inst

3.7.2. Agrupamento dos documentos

O universo de documentos a ser analisado é composto de publicações científicas e de documentos de patente. Foram considerados todos os artigos em periódicos, livros e artigos em anais de congresso como publicações científicas. Em relação a documentos de patente, foi utilizado como critério de seleção a família de patentes. Entende-se como família de patente, um grupo de invenções que, tal como uma família, estão todas relacionadas entre si através da prioridade de um pedido de patente ou conjunto de prioridades (OECD, 1994).

Todos os documentos recuperados foram agrupados em uma classificação própria, segundo o foco principal da pesquisa ou invenção, mediante análise dos resumos das publicações e termos empregados no título ou resumo ou nas palavras chaves (KeyWord Plus®). Os critérios utilizados estão discriminados no Quadro 4, enquanto que a classificação internacional de patentes associadas à classificação própria está detalhada no Apêndice 1.

Quadro 4: Agrupamento dos documentos por classificação do foco principal da publicação científica e documento de patente.

Continua

Classificação	Especificação
Criopreservação	Pesquisa ou invenção envolvendo métodos de preservação de tecido vegetal embrionário de cana-de-açúcar vinculadas com técnicas de criopreservação.

Continuação

Embriogênese/Micropropagação	Pesquisa ou invenção que mencionam no título ou resumo ou nas palavras chaves (KeyWord Plus®) métodos de micropropagação ou embriogênese para produção de mudas de cana-de-açúcar.
Eng. Genética ou Melhoramento	Pesquisa ou Invenção voltados para o melhoramento genético: <ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento genético, utilização de marcadores genéticos e desenvolvimento de transgênicos; • Desenvolvimento de novas variedades, híbridos e cultivares;
Equipamento ou Dispositivo	Descrição de equipamento ou instrumento para plantio, colheita, corte de rebolos de cana ou outros.
Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	Pesquisa ou invenção sobre métodos de propagação vegetativa: <ul style="list-style-type: none"> • Meios de cultivo; • Brotação de brotos: estimulante de germinação e promotores de crescimento ou enraizamento das plantas; • Técnicas de cultivo de tecidos envolvendo técnicas de organogênese, a partir do calo, gema apical ou outro tecido embrionário;
Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	Descrição de pesquisa/produto/processo sobre doenças que afetam a cana-de-açúcar ou melhoram sua resistência a pragas. Por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Tratamento do <i>sugarcane streak mosaic virus</i> – SMV; • Tratamento de fitopatógenos, tais como fungos, bactérias e viroses; • Uso de biocidas em geral; • Resistência a detergentes;
Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	Pesquisa ou Invenção que englobam a cadeia produtiva da cana-de-açúcar de forma geral: <ul style="list-style-type: none"> • Utilização de modelagem computacional ou programas de computador; • Tolerância das plantas à estresse hídrico ou seca, escassez de nutrientes, diferentes tipos de solo, entre outros; • Métodos de plantio, transplante de mudas e técnicas de aclimação de mudas visando melhorar a produtividade; • Review – no caso de publicações científicas.

Recipiente de Mudanças	Tubetes ou recipientes desenvolvidos de forma específica para mudas de cana-de-açúcar.
Semente Artificial	Pesquisa ou invenção que mencionam no título ou resumo ou nas palavras-chave o desenvolvimento de sementes artificiais de cana-de-açúcar.
Outros	Qualquer pesquisa não relacionada diretamente com a propagação vegetativa de cana-de-açúcar, tais como estudos da fisiologia vegetal, sobre conteúdo de sacarose ou biomassa, fotossíntese, entre outros.

Fonte: Elaboração própria.

3.8. Análise Geral dos documentos recuperados:

A análise de todos os documentos contemplou o uso de programas de computador livre, tais como o NodeXL (SMITH *et al.*, 2010) e o VOSviewer (VAN ECK; WALTMAN, 2016), este último recomendado para a visualização de indicadores relacionais utilizando os repositórios do Web of Science e Derwent Innovation Index (RUAS; PEREIRA, 2014).

3.8.1. Evolução Temporal Total

Foi analisado a evolução temporal dos documentos recuperados por ano de publicação, tanto das publicações científicas como a de patentes, e comparados com a taxa de produtividade mundial da cana-de-açúcar, contemplando todo o período das publicações.

Taxa de produtividade

A taxa de produtividade mundial da cana-de-açúcar foi calculada utilizando dados estatísticos da FAO, segundo a equação 1.

$$\text{Taxa de Produtividade} = \frac{\text{Produção (toneladas)}}{\text{Área colhida (ha)}} \quad (1)$$

Taxa de crescimento médio

A taxa de crescimento médio foi calculada conforme a equação 2.

$$\text{Taxa de Crescimento Médio} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Produção}(i) - \text{Produção}(i-1)}{\text{Produção}(i-1)} \quad (2)$$

Onde a variável i é o ano de referência.

3.8.2. Análise por Períodos de desenvolvimento tecnológico

A modo de comparação com os resultados obtidos no mapeamento da cadeia produtiva do etanol proveniente da cana-de-açúcar no Brasil (WINTER; LIMA;; MENDES, 2014), os

resultados foram separados por períodos e calculado o índice de relação entre patente e publicação científica, bem como o coeficiente de Pearson, explicado na sequência:

- 1o Período: abrange todos os documentos recuperados no primeiro ano de publicação até 1980;
- 2o Período: abrange as publicações de 1981 a 1989;
- 3o Período: abrange as publicações de 1990 a 1996;
- 4o Período: abrange as publicações de 1997 a 2016.

Índice de relação entre patente e publicação científica

O índice de relação entre patente e publicação científica foi calculado com o intuito de comparar o número de documentos de patente, agrupados em família de patentes, e de publicações científicas com o objetivo de caracterizar o balanço entre avanço científico e desenvolvimento tecnológico (MILANEZ, 2015):

$$\text{Índice P/J} = \frac{\text{Número de Documentos de Patentes (Família de patentes)} * 10}{\text{Número de Publicações Científicas}} \quad (3)$$

Coeficiente de Pearson

Para medir o grau de associação linear entre as duas variáveis, documentos de patente (família de patentes) e publicações científicas, utilizou-se o coeficiente de Pearson⁴² (FILHO; JÚNIOR, 2009), definido pela fórmula abaixo:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Onde ρ é o coeficiente de Pearson, X as variáveis das publicações científicas e Y as variáveis dos documentos de patente ; i é o ano analisado.

O coeficiente de Pearson (ρ) varia entre -1 e 1, onde o sinal indica a direção, positiva ou negativa, do relacionamento e o valor indica a força da relação entre as variáveis, sendo que mais próxima a 1, maior o seu grau de dependência estatística. A interpretação do coeficiente é dada a seguir:

- Coeficiente fraco: $0,10 < \rho < 0,30$

⁴² Segundo Filho & Júnior (2009), a correlação entre duas variáveis, conhecida como coeficiente de Pearson, é muito utilizada em análises estatísticas e tem o objetivo de mensurar a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas (X e Y), onde se supõe que o aumento ou decréscimo de uma unidade na variável “X” gera o mesmo impacto em “Y”.

- Coeficiente moderado: $0,40 < \rho < 0,60$
- Coeficiente forte: $\rho > 0,70$

3.8.3. Análise por agrupamento dos documentos recuperados

Os resultados referentes ao agrupamento de todos os documentos de patente e das publicações científicas são analisados e calculado o índice de P/J, conforme a equação 3.

3.9. Indicadores de atividade científica e tecnológica

A análise de toda a documentação foi restrita para o período de 2000 a 2016, levando em consideração que os principais avanços tecnológicos foram relatados recentemente na literatura (ver capítulo 2, sobre a contextualização dos métodos de produção, p. 4).

3.9.1. Indicadores das Publicações Científicas – Período de 2000-2016

Evolução temporal

A análise das publicações científicas foi realizada segundo o agrupamento dos documentos, descritos na seção 4.7.2 (p. 54), e ano de publicação no período de 2000 a 2016.

Índice de impacto e minigráficos

A representação gráfica em formato de minigráficos da evolução das publicações científicas pelo agrupamento de documentos foi realizada com a ajuda do programa Microsoft Office Excel, devidamente licenciado. Ademais, foi calculado o índice de impacto das publicações de acordo com a metodologia descrita por Milanez (2015), conforme a equação 5:

$$\text{Índice de impacto} = \frac{\sum \text{citações da variável } (i)}{\sum \text{publicações da variável } (i)} \quad (5)$$

Onde a variável (i) pode ser: uma classificação, um país ou uma instituição.

Relação entre os grupos das publicações científicas e as áreas de pesquisa

A relação entre os grupos das publicações científicas e as áreas de pesquisa (campo “*subject category*” (SC) da Thomsom Reuteurs) foi analisada com a ajuda do programa de computador NodeXL⁴³ (SMITH *et al.*, 2010) e a visualização foi feita pelo VOSviewer⁴⁴.

⁴³ O programa NodeXL calcula a coesão da rede pelos indicadores de densidade da rede, distancia geodésica máxima e média, bem como grau de centralidade.

⁴⁴ O programa VOSviewer permite visualizar mapas com base em dados de rede, sendo de fácil visualização e exploração deste mapas (ECK; WALTMAN, 2013).

Atuação dos países

A atuação dos países das publicações científicas foi realizada mediante contagem dos documentos pelo sistema fracionado, levando em consideração o país de origem das instituições dos autores e não o país da publicação. Foram calculados os índices de impacto (equação 5) e o índice de colaboração (equação 6), bem como a análise de redes de relacionamento entre os países mediante uso dos programas NodeXL e VOSviewer.

Índice de colaboração das publicações científicas

$$\text{Índice de Colaboração} = \frac{\sum \text{publicações em colaboração da variável (i)}}{\sum \text{publicações da variável (i)}} \quad (6)$$

Onde o número de publicações em colaboração pode contemplar diferentes instituições do mesmo país, ou de países diferentes ou laboratórios/departamentos diferentes dentro da mesma instituição), e a variável (i) pode ser: um país ou uma instituição.

Atuação das instituições

A atuação das instituições das publicações científicas foi feita mediante a contagem de todas as instituições vinculadas com os autores pelo sistema fracionado. Foram calculados os índices de impacto (equação 5) e o índice de colaboração (equação 6), bem como a análise de redes de relacionamento entre as instituições mediante uso dos programas NodeXL e VOSviewer.

Foi realizado uma comparação dos resultados com os fatores de impacto da Scimago Journal Ranking e do Fator de Impacto da Thomson Reuters®.

3.9.2. Indicadores de Patentes – Período de 2000 a 2016

Evolução Temporal

A análise dos documentos de patente foi realizada por família de patente segundo o agrupamento dos documentos, descritos na no Quadro 4 (p.50), e ano de publicação no período de 2000 a 2016.

Foram utilizados dois indicadores de fácil aplicação para avaliar o valor dos documentos de patente (OCDE, 2009), entre eles o tamanho médio das famílias de patentes (equação 7) e o número de citações a jusante, denominado neste trabalho de índice de impacto (equação 8).

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (2009), o tamanho da família de patente se refere ao valor econômico de uma patente pela distribuição geográfica, pois existem custos de manutenção destas patentes para o titular, então,

só as patentes que tem retorno econômico são mantidas em diversos países. A citação de uma patente é utilizada como forma verificar a contribuição de uma determinada tecnologia ao estado da técnica (citação a montante) ou no desenvolvimento de novas tecnologias (citação a jusante).

Tamanho Médio das Famílias de patentes

$$\text{Tamanho Médio da Família} = \frac{\sum \text{Número de Publicações de uma Família de patente para a variável (i)}}{\sum \text{Número de Publicações Técnicas para a variável (i)}} \quad (7)$$

Onde a variável (i) pode ser: uma classificação, um país ou uma instituição.

Índice de impacto

$$\text{Índice de impacto} = \frac{\sum \text{citações a jusante da variável (i)}}{\sum \text{publicações da variável (i)}} \quad (8)$$

Onde a variável (i) pode ser: uma classificação, um país ou uma instituição.

Relação dos Documentos de patente segundo a Classificação Derwent

Foi analisada a relação dos documentos de patente com a classificação dos documentos conforme a Classificação Derwent (anexo 5), através da contagem total de classificações por documento. Foram realizadas matrizes de relacionamento no Excel e utilizados o NodeXL e o VOSviewer para sua visualização.

A classificação do Derwent é dividida em três seções:

- Chemical (Química) – Seção A - M,
- Engineering (Engenharia) – Seção P – Q e
- Electrical and Electronic (Eletricidade e Eletrônica) – Seção S - X.

Atuação dos países

A atuação dos países dos documentos de patente foi realizada utilizando dois parâmetros: segundo o país de origem das instituições e segundo a análise da família de patentes.

Atuação dos países segundo país de origem

A contagem dos documentos foi feita pelo sistema fracionado, levando em consideração o país de origem dos detentores (titulares). Foram analisados a evolução temporal e a relação com o agrupamento dos documentos. Foram calculados o tamanho médio das famílias de patentes (equação 7) e o índice de impacto (equação 8).

Atuação dos países segundo análise da família de patentes

A análise das famílias de patentes levou em consideração o país da publicação de todos os documentos de uma mesma família, e não foram contempladas as publicações WO pedidos de patentes do PCT ou do Escritório Europeu (EP). Analisou-se a relação dos países de publicação com o agrupamento dos documentos.

Atuação das instituições

A análise dos documentos foi pelo sistema fracionado. Foram calculados o tamanho médio das famílias de patentes (equação 7), o índice de impacto (equação 8) e o índice de copropriedade (equação 9). As redes de relacionamento foram feitas utilizando o NodeXL e o VOSviewer.

Índice de copropriedade

O índice de copropriedade ou cotitularidade de uma patente mede à proporção que uma invenção é realizada em parceria com outras instituições, conforme a equação 9.

$$\text{Índice de Copropriedade} = \frac{\sum \text{publicações em cotitularidade da variável (i)}}{\sum \text{publicações da variável (i)}} \quad (9)$$

Onde a variável (i) pode ser: uma classificação, um país ou uma instituição. O número de publicações em cotitularidade não contempla a contagem de pessoas físicas como cotitulares.

3.10. Indicadores e métodos analíticos de dados avançados

3.10.1. Análise de autor-inventor

Foram identificados todos os autores de publicações científicas e inventores dos documentos de patente segundo o pedido de prioridade em comum para ambas publicações e suas respectivas instituições e áreas de pesquisa. Em seguida, realizou-se a análise de rede de relacionamento com as instituições utilizando o NodeXL e a visualização por VOSviewer.

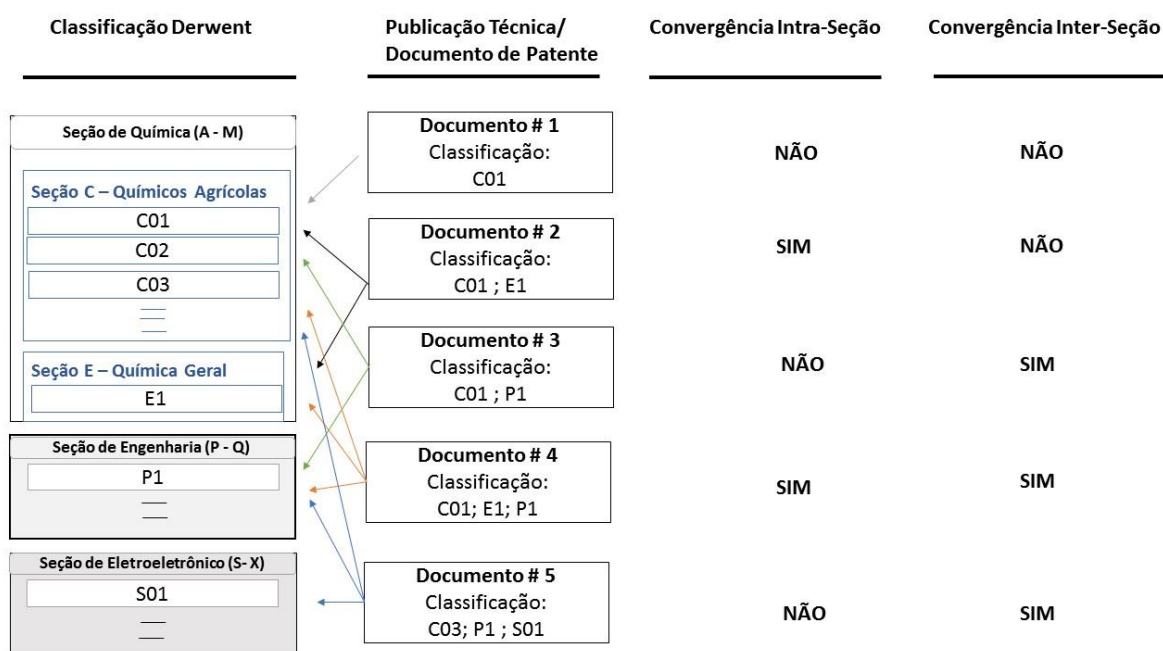
3.10.2. Convergência Tecnológica através da análise de co-classificação

A metodologia adotada para medir a convergência tecnológica se baseou em trabalhos recentes dos coreanos Choi, Jeong e Kim (2015) e Jeong, Kim e Choi (2015), que descrevem o uso das indexações de patentes por domínios tecnológicos de forma precisa e confiável. A análise das taxas de convergência tecnológica para o presente estudo sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar foram realizadas utilizando a Classificação do Derwent, devido a grande vantagem de todos os documentos serem classificados pela base com os mesmos critérios, evitando assim possíveis divergências entre os escritórios de patentes na indexação

dos documentos (JANNUZZI; AMORIM; SOUZA, 2007). A definição conceitual está representada no Esquema 3. A convergência intra-seção refere-se a documentos de patente indexados em diferentes campos tecnológicos da mesma seção, enquanto que a convergência inter-seção se refere a documentos de patente indexados em diferentes seções da Classificação Derwent (anexo 4).

O grau de convergência, tanto intra como inter, é calculado a partir da equação 10:

$$\text{Grau de Convergência Tecnológica} = \frac{\text{Número de Publicações Técnicas convergentes}}{\text{Número Total de Publicações Técnicas}} \quad (10)$$



Esquema 5 - Esquema representativo sobre a definição de convergência tecnológica através da análise de co-classificação utilizando a Classificação Derwent (anexo 4).

Fonte: Adaptação dos trabalhos de Choi, Jeong e Kim (2015) e Jeong, Kim e Choi (2015).

3.10.3. Análise de Citação de Patentes

Para a análise de citação, foram selecionados documentos de patente em base aos seguintes critérios: i) tamanho de família maior ou igual a 3; ii) número de citações maior ou igual a 2; iii) um documento por empresa ou titular. O critério de desempate foi pelo maior número de citações. O objetivo é ter um número representativo de tecnologias, que tenham uma diversidade no mercado mundial do setor canavieiro.

O levantamento das citações foi complementado utilizando a base de patentes do Escritório Europeu, o Espacenet, para tal, a análise dos dados utilizou a Classificação Internacional de Patentes (CIP) no lugar da Classificação Derwent. Foram analisadas as citações de todos os documentos selecionados realizadas pelo examinador de patente (do escritório nacional de patentes ou pela autoridade internacional de busca) e pelo requerente⁴⁵, a montante (citado) e a jusante (citante), e tabelados segundo o ano de publicação, tipo de documento citado (literatura patentária – PL ou literatura não patentária – NPL) ou citante (CP), nome do titular e a CIP.

3.11. Análise do Cenário Nacional

3.11.1. Proteção Intelectual por patente

Através da análise das famílias de patentes é possível verificar o número total de pedidos de patentes depositados no Brasil e analisar quais tecnologias sobre produção de mudas de cana-de-açúcar estão sendo protegidas no país. Foram analisados os perfis dos países e titulares dos documentos de patente, bem como as áreas tecnológicas segundo o agrupamento dos documentos.

Com a finalidade de compreender a relação entre as inovações biológicas (mudas) e químicas (insumos agrícolas), foi realizado um levantamento da balança comercial nos dados do Análise das Informações de Comércio Exterior do Ministério de Desenvolvimento e Comércio Exterior (MDIC), na plataforma AliceWeb. Foi utilizado a classificação SH 4 dígitos: 3808 – “Insecticidas, rodenticidas, fungicidas, herbicidas, inibidores de germinação e reguladores de crescimento para plantas, desinfetantes e produtos semelhantes, apresentados em formas ou embalagens para venda a retalho ou como preparações ou ainda sob a for”. A unidade da federação escolhida foi o estado de São Paulo, e o período foi de 2000 a 2016.

O resultado foi comparado com a evolução da safra de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo, extraído dos dados da plataforma da UNICA a partir de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

⁴⁵ Foi extraído do relatório descritivo todas as citações.

3.11.2. Impacto da pesquisa científica e tecnológica brasileira

Foram analisados todos os documentos publicados por autores (publicações científicas) e inventores (patentes) brasileiros sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar e calculado o índice de impacto, conforme equações 5 e 8.

3.11.3. Principais Instituições brasileiras

Foi realizado a contagem fracionada para todos os documentos publicados por autores (publicações científicas) e inventores (patentes) brasileiros sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar e analisado o perfil das áreas tecnológicas segundo o agrupamento dos documentos recuperados.

3.11.4. Proteção por cultivar

Com o intuito de analisar as estratégias de proteção intelectual no país envolvendo as técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar, foi realizado um levantamento na base de dados do Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), no dia 11 de abril de 2017, e tabelando os resultados conforme tipo de mantenedor, nome do mantenedor, ano de registro, no período de 2000 a 2016.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão divididos em quatro seções: a primeira seção mostra um panorama geral dos documentos recuperados sobre produção de mudas de cana-de-açúcar de ambas publicações, científicas e documentos de patente; a segunda seção se refere aos indicadores de atividade científica e de patentes; a terceira seção mostra os resultados dos indicadores e métodos analíticos de dados avançados e a quarta seção está destinada aos resultados sobre o cenário brasileiro.

4.1. Panorama Geral das Publicações Científicas e Tecnológicas

O universo de documentos analisado foi de 3.747, sendo 2.148 documentos de patente e 1.599 publicações científicas, dividido em 1.566 artigos em periódicos, 26 livros e 17 artigos em anais de congressos. Para efeito deste trabalho, serão considerados todas as publicações científicas, sem distinção do tipo de documento.

4.1.1. Evolução Temporal

Evolução Temporal Total

A evolução das publicações, artigos e documentos de patente, foi comparada com a produtividade mundial de cana-de-açúcar, medido em produção (toneladas) por área de lavoura colhida (hectare), no período de 1961 a 2014⁴⁶ (Gráfico 4). É possível constatar que as primeiras publicações sobre as técnicas de produção de cana-de-açúcar datam de 1945 e são predominadas por publicações científicas até 1999. O maior crescimento de documentos ocorre a partir de 2000, marcado por uma inversão na proporção de documentos, no qual os documentos de patente superam as publicações científicas (Gráfico 4). Este fato pode ser interpretado como uma maior absorção do conhecimento científico em desenvolvimento tecnológico. Devido ao levantamento de documentos ter sido executado no final de janeiro, o ano de 2017 só teve uma publicação científica, portanto, não foi contemplado nas análises.

⁴⁶ O banco de dados da FAO referente a produção agrícola só disponibiliza consulta a partir de 1961 e o último ano de referencia era 2014.

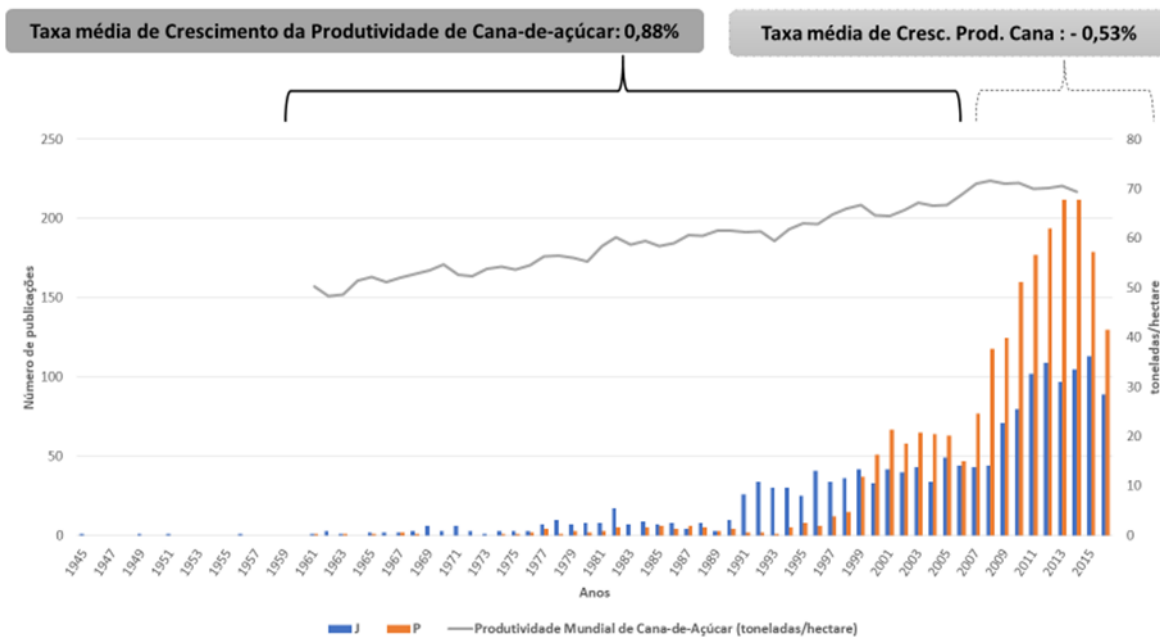


Gráfico 4: Distribuição das publicações científicas e de documentos de patente segundo ano de publicação comparado com a taxa média de crescimento anual de produtividade de cana-de-açúcar mundial. N= 3.746.
 Legenda: J – documentos científicos; P – documentos de patente.

Fonte: Elaboração própria, dados da produção de cana-de-açúcar da FAOSTAT (FAO, 2017); bases: Web of Science e Derwent Innovation Index.

A comparação com a produtividade mundial de cana-de-açúcar permitiu constatar que a produtividade média mundial tem aumentado de forma contínua e suave até 2008, com uma taxa média de crescimento anual de 0,88%, quando sofre uma estabilização e um pequeno decréscimo, com uma taxa de crescimento negativa de -0,53% entre 2009 e 2014 (Gráfico 4). A queda na taxa de crescimento pode ser atribuída a diversos fatores: pode estar relacionada com fatores ambientais, como consequências das mudanças climáticas (CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013); a queda da quantidade de ATR na cana moída registrada no Brasil a partir de 2009 (SANTOS, 2016); utilização de áreas agrícolas de expansão de baixa produtividade, o que requer o uso de cultivares adaptadas e, portanto, uma demora na adoção de novas cultivares (SANTOS; GARCIA; *et al.*, 2016); pode estar associada a queda de produtividade registrada no Brasil após 2010 como consequência da crise econômica ou; pode indicar que o padrão tecnológico vigente (convencional) na maioria dos países não permite mais garantir um aumento de produtividade.

O aumento da produtividade ao longo do tempo coincide com os ciclos de desenvolvimento do etanol, descritas por Shikida (2014) e apresentados no Gráfico 1 (ver p. 28). Isto implica que o maior número de publicações sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar é

impulsionado a diversos fatores externos, tais como a crise do petróleo dos anos 1970 e a grande mobilização mundial em prol do meio ambiente (OLIVEIRA, L. D. DE, 2012; SHIKIDA, 2014; WINTER; LIMA;; MENDES, 2014), os quais fomentam as P&D para melhorar a produtividade. Esta evolução é detalhada na análise por períodos, descritos na Tabela 4.

Períodos de desenvolvimento tecnológico

A Tabela 4 mostra os resultados por períodos de desenvolvimento tecnológico, descritos por Winter, Lima & Mendes (2014) e referenciados no Quadro 2 (ver p. 30). O período de 1974 a 1980 foi marcado por um volume pequeno de publicações, predominado por publicações científicas e com uma taxa de produtividade mundial de cana-de-açúcar na ordem de 55,3 t/ha, mostrando um aumento pequeno em relação aos anos anteriores (Gráfico 4). O período seguinte, de 1981 a 1989 teve um aumento de produtividade e de publicações, mostrando ser um reflexo dos investimentos em P&D motivados pela crise do petróleo ao redor do mundo, apesar que no Brasil foi considerado um período de estagnação (WINTER; LIMA;; MENDES, 2014). O período de 1990 a 1996 teve um aumento de produtividade com taxas de crescimento menor que o período anterior acompanhado de um maior do número de publicações científicas em relação aos documentos de patente, o que pode ser relacionado com o início das pesquisas sobre técnicas de micropropagação. Ademais, os estudos envolvendo o genoma da cana-de-açúcar iniciaram-se no final década de 1990 devido a sua alta complexidade (NYKO *et al.*, 2013). Destacam-se nesse período, a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio 92, que serviram de marco para estímulo as pesquisas em fontes de energias alternativas aos derivados do petróleo. Desta forma, podemos inferir que o baixo volume de documentos sobre as técnicas de produção de mudas está mais associado a problemas de incorporação da biotecnologia à cana-de-açúcar que as pressões ambientais por energias renováveis.

O último período, de 1997 a 2016 mostra claramente o grande aumento no número de publicações, o qual pode ser atribuído aos grandes avanços em biotecnologia aplicados as técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar por cultivo de tecidos, além do aumento pela demanda em álcool combustível. Como exemplo, os biocombustíveis líquidos, principalmente o etanol, contribuem com o setor de transporte, onde sua produção passou de 28,5 à 94 bilhões de litros entre 2004 e 2014 (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY, 2015). Muito deste aumento se deve a introdução de carros de combustível flex, capazes de operar com qualquer proporção de combustível (FURTADO; SCANDIFFIO;

CORTEZ, 2011). Outros autores apontam os desafios impostos pelas mudanças climáticas na expansão da produção de cana-de-açúcar, onde os programas de melhoramento genético desempenham papel fundamental (CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, 2013).

A proporção de documentos de patente em relação as publicações científicas, medidos pelo índice P/J, mostrou variação nos períodos, onde o maior valor foi de 16,5 no período de 1997 a 2016. Este resultado é muito superior ao encontrado por Milanez (2015) no estudo sobre nanotecnologia em diferentes países entre 2000 e 2014, onde os índices variaram entre 0,8 à 9,4, e também superior à proporção relatada dos depositantes co-ativos em biotecnologia no Brasil no período de 2001 a 2005, sendo de somente 0,35⁴⁷ (MOURA, 2009). Em adição, o coeficiente de Pearson para o período de 1997 a 2016 foi forte, de 0,93, demonstrando uma relação de dependência linear entre artigos e patentes. Infere-se assim que existe uma alta capacidade para converter a pesquisa científica em desenvolvimento tecnológico, denotando uma certa maturidade das técnicas de produção de mudas a partir de 1997. Ademais, a maior proporção de documentos de patente pode indicar o melhor uso das ferramentas de propriedade intelectual ao redor do mundo, em decorrência a implementação do TRIPs em diversos países.

Tabela 4 – Comparação da produtividade mundial média de cana-de-açúcar, taxa de crescimento médio da produtividade e o número de publicações científicas e documentos de patente recuperados sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar por período, bem como seus índices P/J e coeficiente de Pearson.

Período	1o Período: 1974-1980	2o Período: 1981-1989	3o Período: 1990-1996	4o Período: 1997-2016
Produtividade Mundial Média de cana-de-açúcar (t/ha)	55,3	59,7	61,72	68,21
Taxa de Crescimento Média de Produtividade Mundial de Cana-de-açúcar (t/ha/ano)	0,39%	1,23%	0,35%	0,56%
Número de Publicações Científicas	41	71	196	1253
Número de Documentos de patente	14	37	28	2063
Índice P/J	3,4	5,2	1,4	16,5
Coeficiente de Pearson	0,25	0,15	0,01	0,93

Legenda: J= Publicação Científica; P= Documentos de patente.

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science e Derwent Innovation Index.

⁴⁷ Este valor foi calculado a partir dos dados apresentados na Tabela 30, (MOURA, 2009, p. 206 e 207), onde o número de documentos de patente dos depositantes co-ativos foi de 181, enquanto que o número de publicações foi de 5.174.

4.1.2. Agrupamento dos documentos recuperados

Uma das principais dificuldades nesta pesquisa foi diferenciar as tecnologias específicas para a produção de mudas e as destinadas ao melhoramento vegetal, pois trata-se do mesmo campo tecnológico, portanto, os resultados tratam de mostrar o detalhamento das técnicas empregadas em ambas as situações a fim de evidenciar tecnologias emergentes, gargalos tecnológicos e tendências.

Os resultados para o período de 1945 a 2017 estão representados na Tabela 5 e mostram que o maior número de publicações está na engenharia genética ou melhoramento vegetal e no controle sobre doenças e pragas, resultados coerentes com o relatado por vários autores sobre o direcionamento das pesquisas envolvendo a produção de cana-de-açúcar no mundo (CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013; KAUR; SANDHU, 2015; LAKSHMANAN *et al.*, 2005; NIEVES, NADINA *et al.*, 2003; SNYMAN *et al.*, 2011). Segundo os autores Snyman *et al.* (2011), a geração de uma nova cultivar ou variedade genética de cana-de-açúcar, mais resistente a pragas ou com maior conteúdo de sacarose, pode levar de 10 a 14 anos, portanto, pode-se inferir que o avanço científico desde a década de 1990 está sendo protegido por patentes no período de 2000 a 2016. É importante salientar que a proteção intelectual por patentes ou cultivares do melhoramento vegetal de cana-de-açúcar dependem das legislações de cada país.

O índice P/J variou de 0 a 700 conforme a área tecnológica, o que demonstra que diferentes campos tecnológicos fazem uso de distintos mecanismos de apropriação e/ou formas de divulgação. Por exemplo, os equipamentos ou dispositivos são bens que utilizam como mecanismo de apropriabilidade a patente de invenção ou modelo de utilidade, enquanto que áreas ligadas a ciência como a embriogênese ou micropropagação utilizam mais a publicação científica. É possível então fazer um paralelo com a ciência básica e aplicada, quanto mais aplicada maior será o uso de patentes e quanto mais básica maior será o uso dos artigos.

Tabela 5 - Agrupamento das publicações científicas e documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 3.747.

Continua

Classificação	Total	Publicações Científicas (J)	Documento de Patentes (P)	Índice P/J
Engenharia Genética ou Melhoramento Vegetal	1417	331	1087	32,9
Controle sobre doenças e pragas	1024	409	615	15,0
Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	572	506	64	1,3

				Conclusão
Métodos de Propagação vegetativa em geral	460	186	276	15,0
Técnicas de Embriogênese/Micropropagação	101	95	6	0,6
Outros	71	50	21	4,2
Equipamento ou Dispositivo	71	1	70	700
Técnicas de Criopreservação	24	21	3	1,4
Semente Artificial	5	1	4	40
Recipiente de Mudanças	2	0	2	0,00
Total Geral	3747	1599	2148	13,4

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science.

4.2. Indicadores de Atividade Científica e Tecnológica

Considerando que para alcançar o progresso técnico é necessário ampliar as fronteiras do conhecimento e aplicá-los a novas tecnologias (KONDO, 1998), esta parte dos resultados é destinada monitorar os avanços tecnológicos através do uso de indicadores de ciência e tecnologia e ver diferenças nas estratégias dos países sobre as formas de apropriabilidade do conhecimento relacionado com a produção de mudas de cana-de-açúcar. O período escolhido foi de 2000 a 2016, cobrindo os principais avanços tecnológicos relatados na literatura.

4.2.1. Perfil das Publicações Científicas – Período de 2000 a 2016

Evolução Temporal

A evolução temporal das 1141 publicações científicas segundo o agrupamento dos documentos está representada no Gráfico 5, as quais representam 71,4% do volume total de publicações científicas recuperadas. Os resultados mostram certa flutuação ao longo do tempo, com maior destaque para os grupos de pesquisa sobre a cadeia produtiva, de engenharia genética ou melhoramento e sobre controle de doenças e pragas, os quais aumentaram a partir de 2009 o que explica a importância nas pesquisas voltadas para adaptar a cana-de-açúcar às mudanças climáticas (CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, 2013). Entretanto, tiveram queda no volume de publicações a partir de 2014, exceto as pesquisas sobre doenças e pragas, demonstrando ser um ponto frágil no setor canavieiro e que ainda demanda muita P&D.

As publicações sobre técnicas de propagação vegetativa vêm mostrando um declínio ao longo do tempo, o que pode indicar certo domínio da tecnologia para a produção de mudas pelo padrão convencional. Já as publicações científicas sobre o uso de técnicas de embriogênese ou micropropagação, utilizadas nos padrões de cultivo de tecidos, foram pouco numerosas e não apresentaram grandes variações ao longo dos anos, entretanto observou-se um maior interesse

em pesquisa sobre técnicas de criopreservação do tecido embrionário vegetal a partir de 2013. Este último, tem sido apontado por alguns autores como um dos grandes entraves para a produção de sementes artificiais de cana-de-açúcar, destacando vantagens das técnicas de desidratação celular prévias ao processo de congelamento frente as técnicas de armazenamento do germoplasma em condições mínimas de reguladores de crescimento (BARRACO; SYLVESTRE; ENGELMANN, 2011; NIEVES, N *et al.*, 2001; SNYMAN *et al.*, 2011).

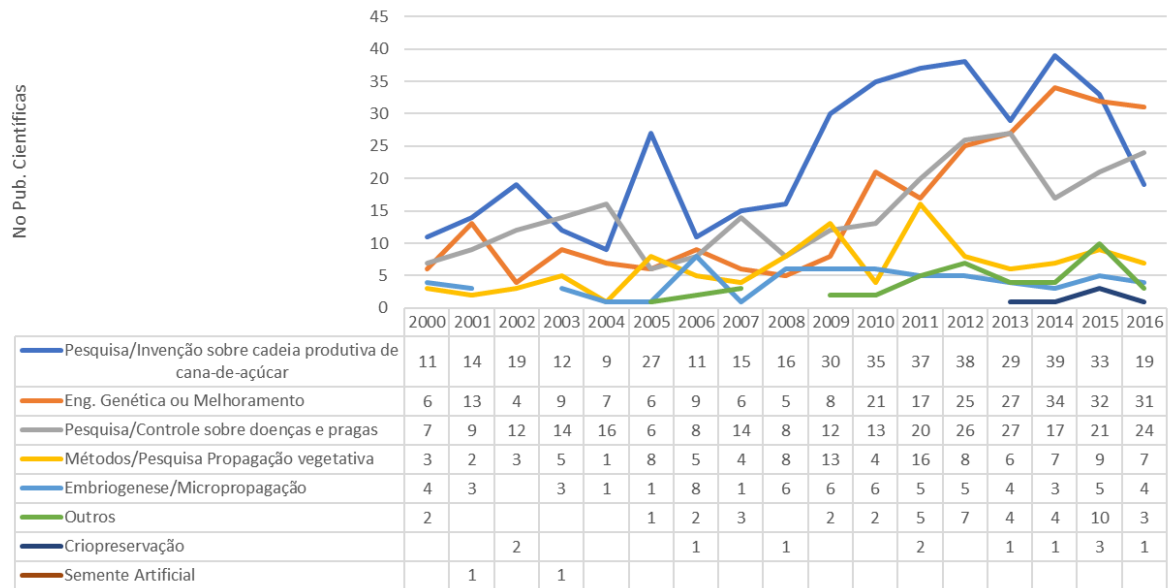


Gráfico 5 Evolução das Publicações Científicas segundo ano de publicação e as classificações dos documentos recuperados sobre técnicas de produção de cana-de-açúcar para o período de 2000 a 2016. N=1141.

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science.

A Tabela 6 mostra os resultados sobre o índice de impacto das publicações científicas segundo o agrupamento dos documentos. O maior índice de impacto foi das publicações de semente artificial com um índice de 16, o que demonstra a sua importância na literatura, servindo como referência para novas P&D. Entretanto, percebe-se que nem sempre os avanços na ciência se traduzem em resultados no mercado, como o caso dos intentos de introduzir sementes artificiais no Brasil (BATISTA; CAETANO, 2014), o que poderia explicar o baixo número de artigos nesta temática voltados para a cana-de-açúcar.

Os demais índices de impacto foram similares, indicando que os esforços em pesquisa estão voltados para as pesquisas generalizadas da cana-de-açúcar, tais como as de fisiologia vegetal (grupo “outros”), servindo de embasamento para a produção de mudas e técnicas de plantio.

Os minigráficos permitem visualizar de forma individualizada algumas tendências (evolução temporal), mostrando um crescimento dos grupos de engenharia genética ou melhoramento, controle sobre doenças e pragas, e o mais recente, o de técnicas de criopreservação (Tabela 6).

Tabela 6 – Minigráfico e Índice de Impacto das Publicações Científicas sobre a produção de mudas segundo as classificações dos documentos recuperados. N=1141. Período: 2000-2016.

Minigráficos	Classificação	Total	Índice de Impacto
	Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	394	10,5
	Eng. Genética ou Melhoramento	260	9,5
	Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	254	9,4
	Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	109	7,0
	Embriogenese/Micropropagação	65	6,5
	Outros	45	9,7
	Criopreservação	12	9,3
	Semente Artificial	2	16,0
	Total	1141	9,4

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science.

Relação com as áreas de pesquisa

O Gráfico 6 mostra a rede de relacionamento entre os grupos das publicações científicas e as áreas de pesquisa indexadas nos documentos para o período de 2000 a 2016, mostrando coesão entre as classificações adotadas no presente trabalho. Ademais, fica claro que as áreas de pesquisa para produção de mudas de cana-de-açúcar são as mesmas áreas para o desenvolvimento de novas variedades de plantas, sejam transgênicas ou cultivares. As áreas de pesquisa de maior densidade, dado pelo grau de centralidade⁴⁸, foram Agricultura e Ciência das Plantas (*Agriculture* e *Plant Science* em inglês), os quais estão indexados em 61,9% do total de documentos⁴⁹, seguidos da área de biotecnologia e microbiologia aplicada (*Biotechnology & Applied Microbiology*) (Apêndice 2). A classificação de engenharia genética ou melhoramento vegetal está mais associada as áreas de genética e hereditariedade (*Genetics & Heredity*) e bioquímica e biologia molecular (*Biochemistry & Molecular Biology*), enquanto que a pesquisa

⁴⁸ O grau de centralidade é determinado pelo número de laços que um nó possui na rede. Existem dois tipos de centralidade: o “*closeness centrality*”, que mede o grau de proximidade entre os atores (ex. países) e o “*betweenness centrality*”, que mede a intermediação entre um ator e os demais. Os dados de cada país não foram apresentados.

⁴⁹ Vale lembrar que uma publicação científica pode ser indexada em mais de uma área de pesquisa, o que totaliza um número total de 1644 áreas indexadas para o período estudado.

e controle sobre doenças mostrou relação com as áreas de virologia (*Virology*) e doenças infecciosas (*Infectious Diseases*). As áreas de ciências e tecnologias de alimento (*Food Science & Technology*) e energia e combustível (*Energy & Fuel*) estão mais relacionadas com as pesquisas da cadeia produtiva de cana-de-açúcar, e as áreas de microscopia e instrumentação (*Microscopy, Instruments & Instrumentation*) com embriogênese e micropropagação.

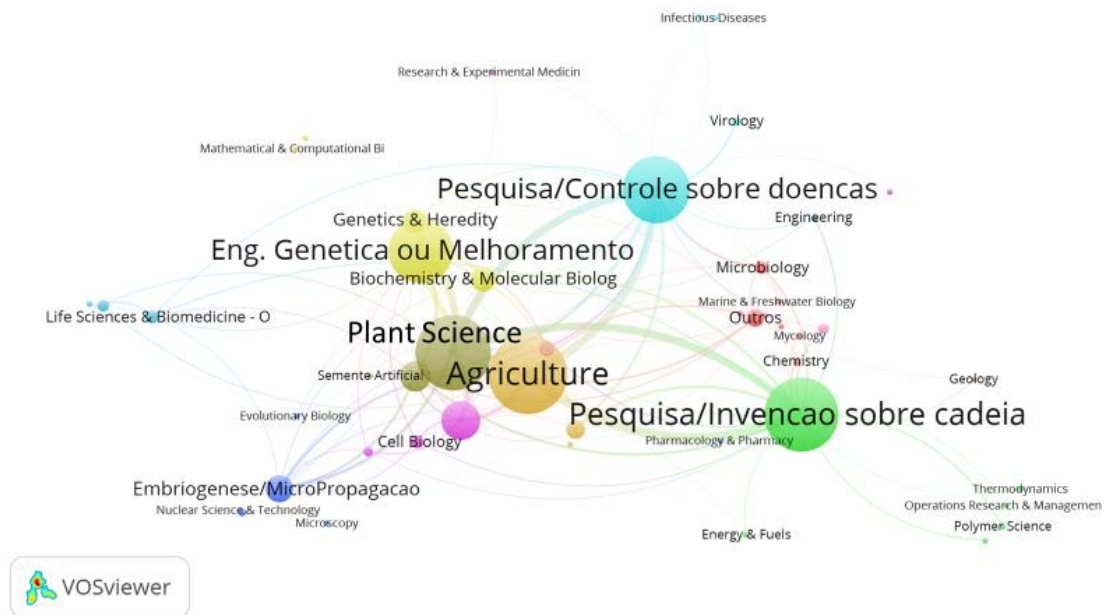


Gráfico 6 Rede de relacionamento entre os grupos das publicações científicas sobre técnicas de produção de mudas e as áreas de pesquisa indexadas nos artigos. N=1141. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science. Softwares: NodeXL e VOSviewer.

Atuação dos países

A Tabela 7 resume todos os indicadores sobre a atuação dos países comparando a posição destes no ranking mundial de produtores de cana-de-açúcar. A Índia e o Brasil estão no topo da lista, porém com índices de impacto inferiores aos países desenvolvidos, tais como a França⁵⁰, Alemanha, Estados Unidos e Austrália. Isto implica que a produção do conhecimento científico destes países não tem a mesma repercussão que o conhecimento gerado pelos países desenvolvidos, mostrando desde já certa dependência de “conhecimento” ou dificuldade em difusão do mesmo. Outro ponto que ressalta é que somente os Estados Unidos é produtor de cana-de-açúcar, os demais países desenvolvem tecnologias complementares as atividades agrícolas, p. ex. em inovações químicas, e estão atuando nestas pesquisas com o fim específico

⁵⁰ Foram considerados os países Guiné Francesa e Polinésia Francesa no ranking mundial de produção de cana-de-açúcar.

de dominar o estado da técnica e exportar tecnologia por meio de suas empresas. Ademais, a discussão sobre o ambiente institucional como indutor de inovação também explica estes resultados, pois reflete as políticas públicas dos países desenvolvidos em investimentos em P&D em toda a cadeia produtiva, de forma a agregar valor nos produtos transacionados. Desta discussão surge o questionamento sobre o papel dos maiores produtores de cana-de-açúcar: são maiores porque tem espaço territorial para produzir ou são maiores porque tem tecnologia agregada?

Tabela 7 - Principais países que pesquisam sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar e seus índices de impacto e de colaboração, comparados ao ranking mundial de países produtores de cana-de-açúcar. N=1074.

País	Ranking Mundial de Países Produtores de Cana-de-açúcar	Frequência por Contagem Fracionada Total	Índice de Impacto	Índice de Colaboração
Índia	2°	245,9	5,49	40,6%
Brasil	1°	230,7	9,07	83,5%
Austrália	9°	124,6	13,62	74,3%
Estados Unidos	11°	122,0	13,53	69,7%
Paquistão	6°	80,7	6,90	62,8%
China	3°	71,1	4,72	64,9%
África do Sul	17°	47,9	12,40	68,7%
França	92°	29,0	22,06	75,8%
Cuba	14°	24,2	11,87	71,0%
México	7°	18,0	9,67	77,8%
Argentina	16°	16,2	6,60	44,4%
Alemanha	-	12,3	17,27	83,8%
Japão	56°	11,3	7,10	82,3%
Espanha	35°	9,8	8,41	49,1%
Tailândia	5°	9,7	8,14	69,0%
Maurícia	99°	9,5	10,47	15,8%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Web of Science e da FAOSTAT (FAO, 2017).

Em outra perspectiva, podemos vincular os menores índices de impacto dos países através da frequência dos periódicos e o do fator de impacto das mesmas (Tabela 8), bem como pelo idioma dos periódicos⁵¹. Constata-se que a Índia tem a maioria de seus artigos publicado na *Sugar Tech*, uma revista indiana com um baixo fator de impacto, denotando que a geração

⁵¹ Os resultados sobre os idiomas das publicações científicas não foram mostrados no presente trabalho, entretanto, corresponderam a 92,8% em inglês, 6,5% em português e 0,7% em espanhol, para o período de 2000 a 2016.

do conhecimento é voltada para o mesmo país. O Brasil tem duas revistas entre as top 10, a Pesquisa Agropecuária Brasileira, da Embrapa, e a Genetic and Molecular Research, da Sociedade Brasileira de Genética, ambas com fator de impacto pequeno. Ademais, até o presente momento, a revista da Embrapa era publicada em português, o que repercutiu no número de citações de uma revista.

Tabela 8: Ranking dos 10 principais periódicos utilizados nas publicações científicas sobre propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016.

Principais Revistas	País de Origem	Frequência	2014 SJR	2015 Impact Factor
Sugar Tech	Índia	82	0,39	0,621
International Sugar Journal	Reino Unido	47	0,12	0,181
Pakistan Journal of Botany	Paquistão	41	0,468	0,658
Plant Cell Reports	Alemanha	26	1,225	3,088
Plant Cell Tissue and Organ Culture	Holanda	25	0,795	2,39
In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant	Estados Unidos	25	0,42	1,152
Pesquisa Agropecuaria Brasileira	Brasil	23	0,574	
Crop Science	Estados Unidos	23	0,793	1,55
Plant Science	Irlanda	20	1,601	3,362
Genetics and Molecular Research	Brasil	19	0,363	

Fonte: Elaboração própria a partir das fontes da Scimago Journal Ranking e do Fator de Impacto da Thomson Reuters®.

O índice de colaboração permite inferir como os países interagem no avanço científico, o qual, aliado as redes de relacionamento, permite compreender como a globalização das atividades inovadoras é realizada. Os países que obtiveram índices de colaboração mais elevados (Tabela 7) também possuem maior número de relacionamentos, formando verdadeiros “cluster”, compostos por Estados Unidos, Brasil, Austrália, Alemanha e França (Gráfico 7). Estes “clusters” representariam, segundo a taxonomia da globalização da inovação, a categoria de “colaborações tecnológicas mundiais” (ARCHIBUGI; IAMMARINO, 2002). O primeiro cluster é liderado pelas relações dos Estados Unidos com Brasil, França, China e Austrália. O segundo grupo é liderado pelo Brasil⁵², com uma variada relação de países, em especial Estados Unidos, França e Alemanha, o que vai ao encontro com os resultados do estudo sobre redes de

⁵² Apesar do índice de colaboração do Brasil ser 83,5%, a análise sobre as formas de colaboração mostrou que mais de 50% é feito por colaboração entre instituições dentro do próprio país (Apêndice 4).

colaboração em biotecnologia pela análise de co-autoria (MOURA, 2009). O terceiro grupo é liderado pela Austrália, que inclui parcerias com a África do Sul e Paquistão. O quarto grupo é constituído pela Alemanha⁵³ também com uma variedade muito grande de relações com países de diferentes continentes: Egito, Itália, Cuba, França, México, Brasil, entre outros.

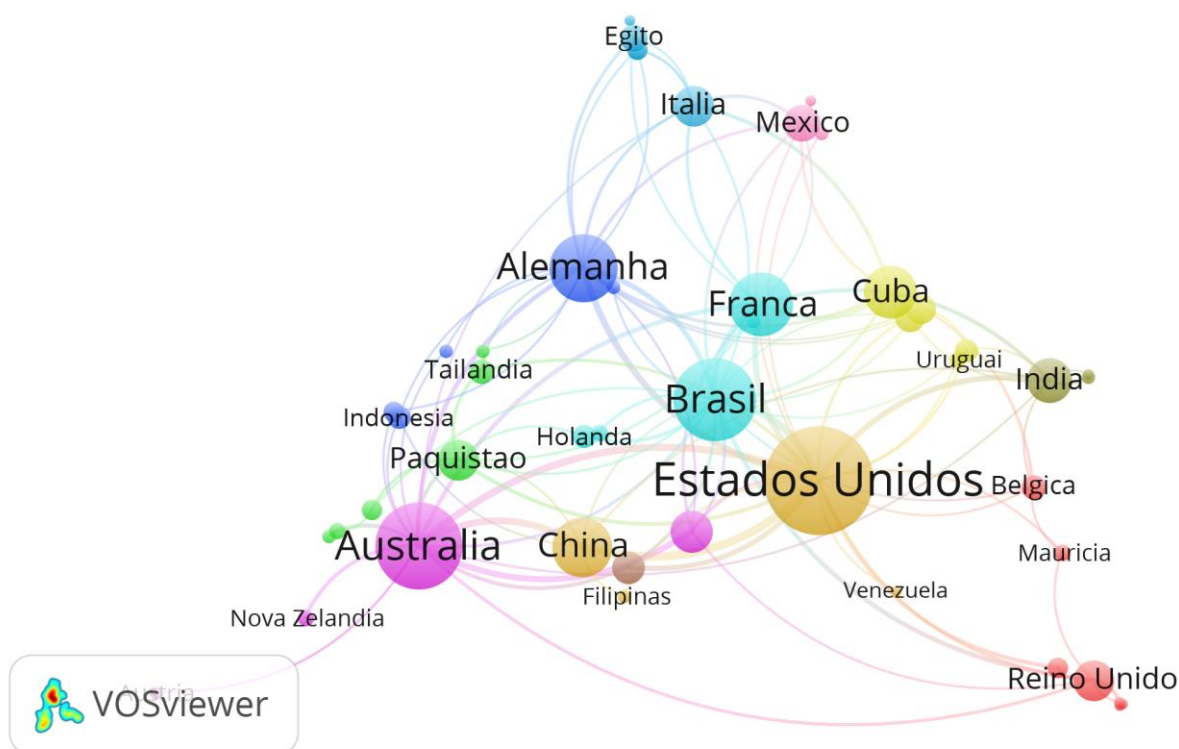


Gráfico 7: Rede de relacionamento entre os países que pesquisam sobre propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar.

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science. Software NodeXL e VOSviewer.

Os resultados sobre a relação entre os 6 principais países e os grupos de publicações científicas mostraram que a Índia apresenta uma maior diversificação nas pesquisas, enquanto que o Brasil mostrou um volume maior de publicações voltadas para o estudo da cadeia produtiva da cana-de-açúcar (Tabela 9). Esta diferença pode ser atribuída às diferenças climáticas regionais do Brasil, que exigem uma maior adaptabilidade das cultivares. As publicações sobre pesquisas em embriogênese ou micropropagação e criopreservação não tiveram maior destaque nestes países, o que pode ser atribuído a dificuldades em utilizar

⁵³ A análise sobre as formas de colaboração dos países reforça estes resultados, onde foi possível verificar que a Alemanha possui mais de 80% de sua colaboração com instituições de países diferentes (Apêndice 4).

técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar por cultivo de tecidos e produção de sementes artificiais.

Tabela 9 - Principais países segundo o agrupamento das publicações científicas sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016.

Grupo das Publicações/País	Índia	Brasil	Austrália	Estados Unidos	Paquistão	China
Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	64,0	114,9	51,6	32,4	23,3	20,7
Eng. Genética ou Melhoramento	67,1	51,8	31,1	31,7	18,3	22,4
Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	60,0	28,5	25,3	36,6	10,2	18,2
Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	32,0	15,3	3,0	8,5	20,5	4,0
Embriogenese/Micropropagação	17,5	9,5	4,7	4,5	6,7	2,5
Outros	4,3	9,6	8,8	8,3	1,0	3,3
Criopreservação	1,0	1,0			0,7	
Total Geral	245,9	230,7	124,6	122,0	80,7	71,1

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science.

Atuação das Instituições

As principais instituições e os índices de impacto estão representados na Tabela 10, destacando a participação de diferentes instituições públicas de pesquisa da Índia, Estados Unidos, Austrália, África do Sul, França e Brasil. Em primeiro lugar está o Instituto Indiano de Pesquisa em Cana-de-açúcar (IISR), que possui suporte do governo desde 1969, o Conselho da Índia de Pesquisa Agrícola (ICAR). Não obstante, possui um índice de impacto inferior a maioria das instituições, o que se deve ao fato das publicações serem realizadas majoritariamente na revista da própria instituição, a Sugar Tech, mencionada na seção anterior (Tabela 8).

Em segundo lugar está o Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (USDA-ARS), seguido de três instituições australianas, a empresa BSES (Bureau of Sugar Experiment Stations⁵⁴), a Universidade de Queensland e o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).

⁵⁴ O Bureau of Sugar Experiment Stations foi fundado em 1900 e conta com o suporte do Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), órgão nacional para pesquisa científica na Austrália. O BSES Ltd substituiu o Bureau of Sugar Experiment Station em 2003.

Estas instituições possuem uma forte relação entre elas em termos de pesquisa e desenvolvimento de cana-de-açúcar, contendo os maiores índices de impacto em relação aos demais, apesar das revistas do CSIRO não estarem entre as principais revistas das publicações científicas relativas à propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar. A USDA-ARS vem atuando fortemente nas pesquisas de biocombustíveis, sendo a instituição líder no mundo, porém sua participação na cana-de-açúcar não foi tão predominante em termos de volume e índice de impacto, o que demonstra que o principal foco estaria na produção de biocombustíveis utilizando outra matéria prima como biomassa.

Entre as instituições brasileiras de maior destaque está a USP, especificamente a ESALQ, com índice de impacto de 16,6, comparado às instituições da França e da Austrália, mostrando um papel preponderante nas pesquisas sobre cana-de-açúcar. De fato, esta é uma das instituições apontadas como principais atores envolvidos em pesquisas sobre biocombustíveis (Tabela 1, p. 16) e do sistema setorial de inovação no país, e que foi a primeira a ter uma estação agrônômica. Percebe-se assim que, as oscilações dos índices de impacto das instituições brasileiras acabaram influenciando no índice de impacto do país como um todo, ademais de constatar a predominância de instituições da região sudeste.

Estes resultados indicam que a principal fonte de inovação em diversos países no setor canavieiro é constituída por instituições públicas, sendo classificadas como “fontes institucionais públicas” (CARVALHO,S.M.P.; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006; POSSAS; SALLES-FILHO; DA SILVEIRA, 1996), entretanto, esta análise contempla a capacidade de geração do conhecimento apropriada por direitos de autor. Na próxima seção será analisada a participação das instituições na apropriação por patentes, o que permitirá compreender o verdadeiro papel destas instituições públicas no processo de inovação de mudas de cana-de-açúcar.

Tabela 10 - Principais instituições que pesquisam sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016.

Continua

Principais Instituições	País de Origem	Frequência de Contagem	por fracionada	Índice de Impacto
IISR - Indian Institute of Sugarcane Research	Índia	96,0		4,2

			Conclusão
USDA-ARS	Estados Unidos	39,0	8,0
BSES Ltd.	Austrália	34,4	12,9
Univ Queensland	Austrália	32,7	14,2
CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation	Austrália	30,1	16,7
USP - ESALQ	Brasil	27,9	16,6
Univ Florida	Estados Unidos	24,5	8,4
SASRI - South African Sugarcane Res Inst	África do Sul	23,0	12,1
CIRAD - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement	França	21,7	16,8
Punjab Agr Univ	Índia	20,5	2,8
Embrapa	Brasil	20,5	13,3
UNESP	Brasil	19,7	0,9
Univ Agr Faisalabad	Paquistão	19,1	15,0
Unicamp	Brasil	18,1	9,9
Guangxi Acad Agr Sci/Guangxi Univ	China	18,0	4,0
UFV – Universidade Federal de Viçosa	Brasil	16,5	4,3
Nucl Inst Agr-PK	Paquistão	16,3	3,8
Fujian Agr & Forestry Univ	China	15,2	5,3
Yunnan Acad Agr Sci	China	14,0	2,6

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science.

A interação entre as instituições está representada no Gráfico 8, e mostra, de certa forma, um detalhamento maior sobre os “cluster” de países. Observa-se que algumas instituições possuem pouca interação entre elas, ficando restritas aos seus próprios países, tais como a China, Paquistão e a Índia. Os principais grupos de pesquisa podem ser vinculados aos países:

- Grupo de Pesquisa da Austrália – constituído pela Universidade de Queensland, junto com a CSIRO e a empresa BSES Ltd.;
- Grupo de Pesquisa do Brasil – liderado pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo – USP, junto com diversas universidades brasileiras (Apêndice 4), a Embrapa, a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), o Centro de Tecnologia Canavieiro (CTC), a Dow Agro Science Brasil, entre outros. Este grupo também se relaciona com diversas instituições internacionais, como a francesa CIRAD, a americana USDA ARS;

- Grupo de Pesquisa dos Estados Unidos – o órgão de pesquisa americano USDA ARS junto a Florida Sugarcane League Inc, Universidade de Flórida, Universidade de Hawaii, entre outras universidades americanas. Também mostra uma relação com diversas instituições estrangeiras, entre elas a francesa CIRAD e universidades brasileiras.

A partir destas interações, constata-se que o sistema de colaboração se enquadra nos modelos da “hélice tripla” ou do “triângulo de Sábado” onde a articulação entre Estado (governo), universidades e empresas acontece em diferentes estágios do processo de geração e disseminação do conhecimento, estimulam a inovação de um país (DAGNINO, 2003; ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, 2000; SÁBATO; BOTANA, [S.d.]).

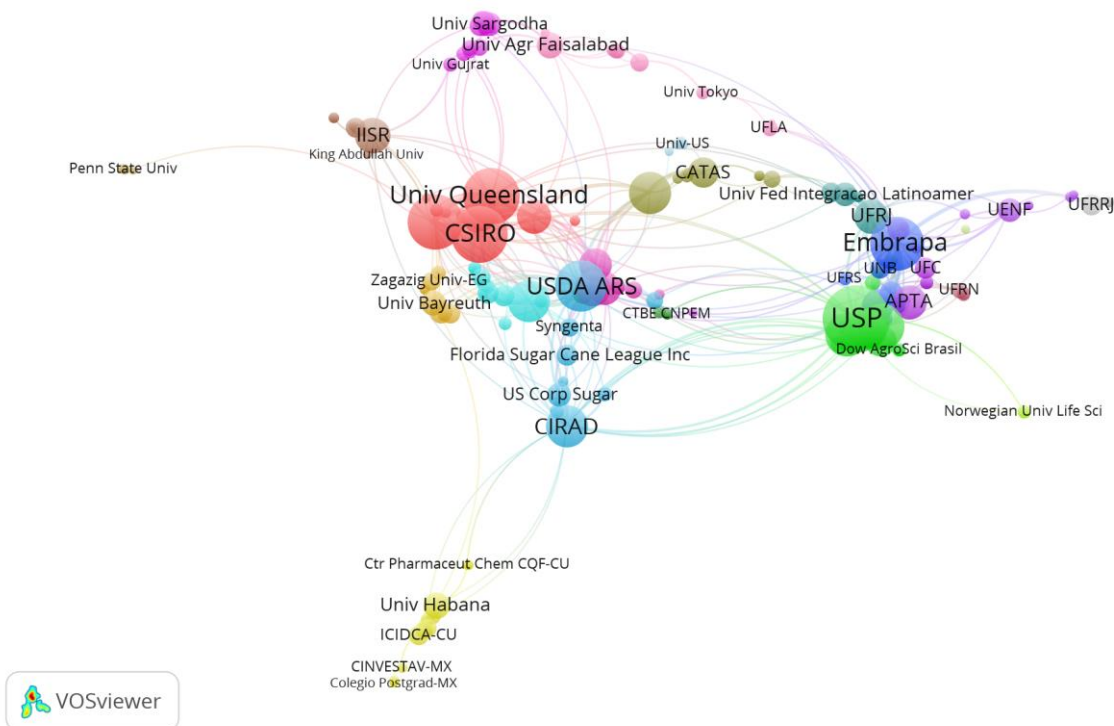


Gráfico 8: Relação entre as principais instituições que pesquisam sobre propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science. Softwares: NodeXL e VOSviewer.

A relação das top 12 instituições com os grupos das publicações científicas mostrou uma ampla diversificação de pesquisas relacionadas com a cana-de-açúcar, onde as pesquisas de engenharia genética ou melhoramento vegetal aparecem com maior frequência, principalmente vinculadas com o IISR/ICAR (Gráfico 9). Entre as instituições brasileiras,

somente a USP possui um volume maior de publicações sobre engenharia genética ou melhoramento vegetal. As técnicas de criopreservação foram pouco numerosas, mas destaca-se a CIRAD neste grupo de pesquisa. Isto reforça os resultados anteriores, onde o domínio do estado da técnica em tecnologias de ponta está nas instituições e países desenvolvidos e não nos países que produzem e comercializam a cana-de-açúcar.

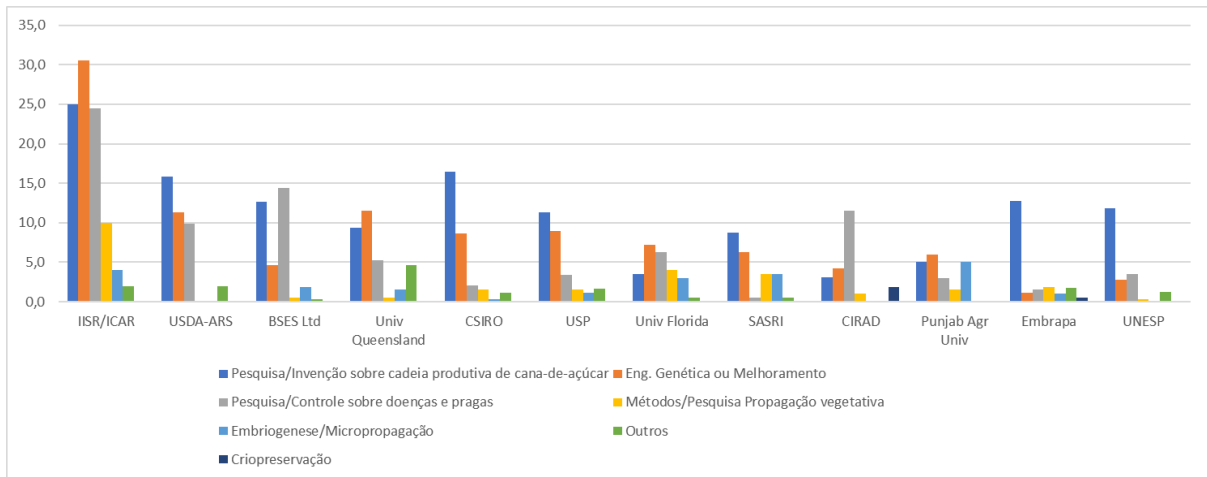


Gráfico 9: As top 12 instituições segundo a frequência dos grupos das publicações científicas sobre técnicas produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1141. Período: 2000-2016

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science.

4.2.2. Perfil dos Documentos de patente – Período de 2000 a 2016

Evolução temporal

A evolução dos documentos de patente, representada no Gráfico 10, mostra um crescimento mais acentuado no número de publicações a partir de 2008 e um decréscimo nos anos de 2015 e 2016, os quais são reflexo das características da base utilizada, o Derwent Innovation Index, e do período de sigilo de 18 meses dos pedidos de patentes. Os resultados sobre o avanço técnico mostram diferenças comparado com as produções científicas, já que os principais grupos foram sobre engenharia genética ou melhoramento, seguidas do controle de doenças e pragas e dos métodos de propagação, o que mostra o direcionamento do avanço tecnológico no setor canavieiro. O número de documentos de patente sobre embriogênese e micropropagação, criopreservação, semente artificial e recipiente de mudas foi muito inferior aos demais grupos (Gráfico 10). As sementes artificiais surgem a partir de 2013, o que pode indicar uma possível tecnologia emergente.

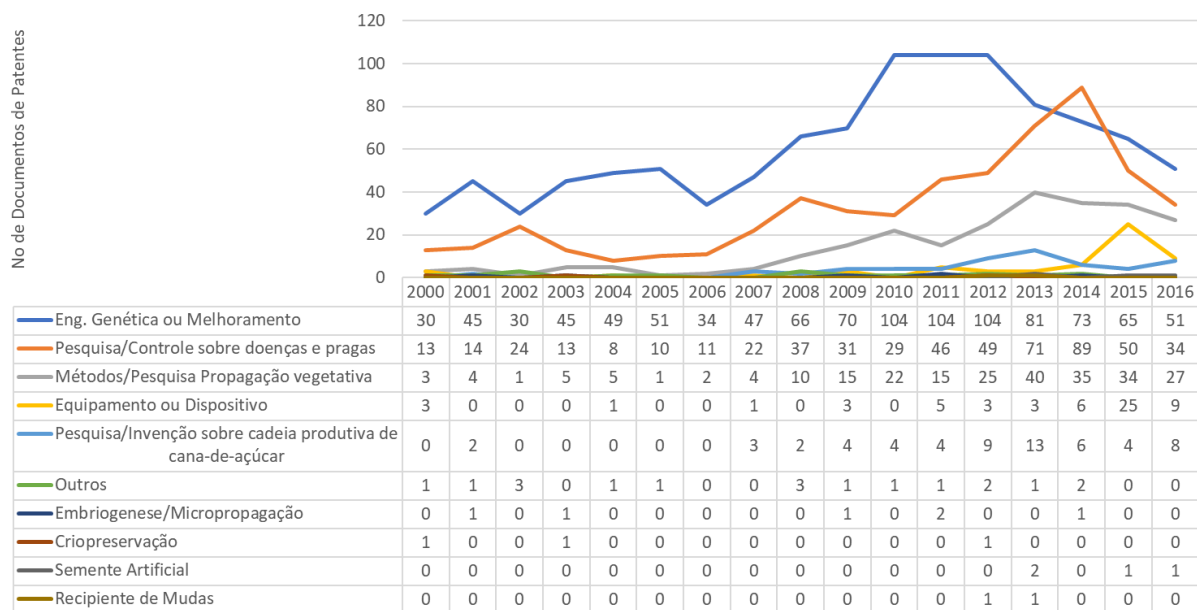


Gráfico 10: Distribuição dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo ano de publicação e a classificação dos documentos recuperados e o ano de publicação. N= 1999. Período: 2000-2016. Nota explicativa: resultados parciais sujeito a alterações devido as características da base.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

A Tabela 11 descreve os indicadores de tamanho médio das famílias de patentes e o índice de impacto, bem como sua representação individual em minigráficos. Os grupos com os índices mais altos são engenharia genética ou melhoramento, controle sobre doenças e pragas e semente artificial, o que permite inferir sua importância em termos de valor econômico e sua contribuição ao estado da técnica. O grupo “outros” mostrou um posicionamento intermediário em termos de tamanho médio das famílias e com um dos maiores índices de impacto em relação aos demais grupos, o que pode ser atribuído ao avanço técnico para melhorar o rendimento para a produção de açúcar e/ou etanol por unidade de cana.

Tabela 11 - Minigráficos, número de documento de patentes, tamanho médio das famílias e índice de impacto sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo a classificação dos documentos recuperados. N= 1999. Período: 2000-2016.

Continua

Conclusão

Mini-gráficos	Classificação	No Doc. de Patentes	Tamanho Médio das Famílias	Índice de Impacto
	Eng. Genética ou Melhoramento	1049	6,4	3,7
	Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	551	7,0	4,5
	Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	248	3,5	1,9
	Equipamento ou Dispositivo	59	2,9	1,6
	Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	59	1,4	0,7
	Outros	18	5,6	4,4
	Embriogênese/Micropropagação	6	2,7	0,3
	Criopreservação	4	1,0	1,3
	Semente Artificial	3	7,0	3,0
	Recipiente de Mudanças	2	1,0	0,0

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Relação com a Classificação Derwent

A frequência das indexações dos documentos de patente pela Classificação Derwent está representada na Tabela 12, ressaltando que um documento de patente pode ter mais de uma classificação indexada. A relação destas classificações com os grupos dos documentos de patente está na Tabela 13, onde é possível observar coerência nos assuntos abordados: os documentos de patente relacionados com controle de pragas e doenças da cana-de-açúcar estavam mais relacionados com classificações da área química (classes C02, C03 e C05). Os equipamentos ou dispositivos estavam indexadas majoritariamente com técnicas de plantio (P11), enquanto que a engenharia genética e melhoramento vegetal estavam associadas as classificações de biotecnologia, industrial de fermentação e cultivo de tecidos D16, C06 e P13), bem como a embriogênese e micropropagação estavam mais relacionadas com a classificação de cultivo de tecidos (P13). Ademais, constata-se que as áreas tecnológicas utilizadas nas indexações também são utilizadas no melhoramento vegetal, transgênicas ou cultivares, já observado nos resultados dos indicadores científicos.

Tabela 12: Frequência e descrição da Classificação Derwent indexadas nos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016.

Continua

DC	Descrição da Classificação Derwent para patentes	Frequência
Seção de Química (A-M)		
D16	Indústria da Fermentação	1423

Conclusão

C06	Biotecnologia, genética de plantas, vacinas veterinárias	1313
C02	Heterocíclicos	288
C03	Outros compostos orgânicos ou inorgânicos e misturas de vários componentes	217
A97	Produtos diversos não especificadas em outro lugar	133
D13	Outros produtos alimentares e tratamento	111
B04	Produtos e polímeros naturais, testes, compostos de estrutura desconhecida	99
C05	Controle Biológico	91
C04	Fertilizantes incluindo ureia e a produção H ₃ PO ₄	69
C07	Aparelhos, fórmulas	44
C01	Organofosforus, organometalico	43
D22	Esterilização, curativos, curativos e agentes de proteção da pele	37
Seção de Engenharia (P-Q)		
P13	Cultura vegetal, produtos lácteos.	1165
P11	Trabalho do solo, plantio	144
P14	Cuidados com os animais	39
Seção de Eletroeletrônico (S-X)		
T01	Computadores digitais	50
T04	Equipamento periférico de computador	36
S03	Instrumentação científica, fotometria, calorimetria	27

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Tabela 13: Frequência da Classificação Derwent indexadas nos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016. Legenda disponível na Tabela 12 e anexo 4.

Continua

Conclusão

Classificação	D16	C06	P13	C02	C03	P11	A97	D13	B04	C05	C04	T01
Eng. Genética ou Melhoramento	1034	996	754	7	12	7	32	70	81	20	1	38
Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	227	186	180	238	166	30	56	34	12	57	22	4
Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	122	103	152	35	32	42	33	4	4	13	39	4
Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	17	10	37	4	3	19	3	2			5	3
Equipamento ou Dispositivo	1	1	24			44						1
Outros	11	10	9	3	4		5	1	1	1	1	
Embriogênese/Micropropagação	6	3	6									1
Semente Artificial	2	2	3			1	3					
Criopreservação	3	2					1		1			
Recipiente de Mudas				1		1						
Total Geral	1423	1313	1165	288	217	144	133	111	99	91	69	50

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Atuação dos Países

O perfil dos países dos documentos de patente foi abordado de duas formas: (1) do ponto de vista de geração do conhecimento e apropriação da tecnologia, através da análise de país de origem das famílias de patentes; (2) do ponto de vista de mercado consumidor, onde existe o interesse comercial na exploração da cana-de-açúcar e a proteção intelectual de um dos elos da cadeia produtiva: a propagação vegetativa e produção de mudas. Este último, levou-se em consideração os códigos dos escritórios de patentes de toda a família das patentes.

1) País de Origem dos documentos de patente

A distribuição do número de documentos de patente segundo o país de origem está representada no Gráfico 11, mostrando a predominância dos Estados Unidos, seguido da China. O Brasil aparece em 8º lugar, com somente 29 documentos de patente. Entretanto, ao analisar a evolução temporal destas publicações, percebe-se que os principais países produtores de cana-de-açúcar têm uma participação mais tardia no número de publicações: a China a partir de 2008, o Brasil e a Índia a partir de 2011 (Tabela 14). Este resultado pode ser associado pelo menos a dois fatores: a implementação tardia das legislações sobre patentes e a falta de cultura do país sobre proteção intelectual por patentes. Tanto a Índia como a China implementaram o TRIPs em suas legislações nacionais respectivamente em 2005 e 2008 (COSTA; PARANHOS; VASCONCELLOS, [S.d.]), portanto, o número de documentos de patente teve um grande impulso a partir dessas datas. O baixo número de depósitos de patentes por parte dos países em

desenvolvimento, em especial o Brasil, é bastante comum, independente do campo tecnológico e é atribuído a falta de cultura das empresas na proteção intelectual por patentes (RAVASCHIO; FARIA; QUONIAM, 2010).

Estes resultados mostram a importância dos países triádicos⁵⁵, que englobam famílias de patentes depositadas nos Estados Unidos, Europa e Japão, como indicadores de alta potencialidade econômica (MILANEZ, 2015; OCDE, 2009), apesar da queda no número de publicações do Japão após 2012 (Tabela 14). Entretanto, ao analisar o país de origem dos titulares das famílias de patentes, constatou-se que os Estados Unidos possuem uma grande variedade de países, especificamente 18 países diferentes que utilizam os Estados Unidos como país prioritário para depósito de patentes. Este fato reflete a estratégia de proteção patentária das instituições e reforça o valor econômico destas nações no desenvolvimento tecnológico na propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar.

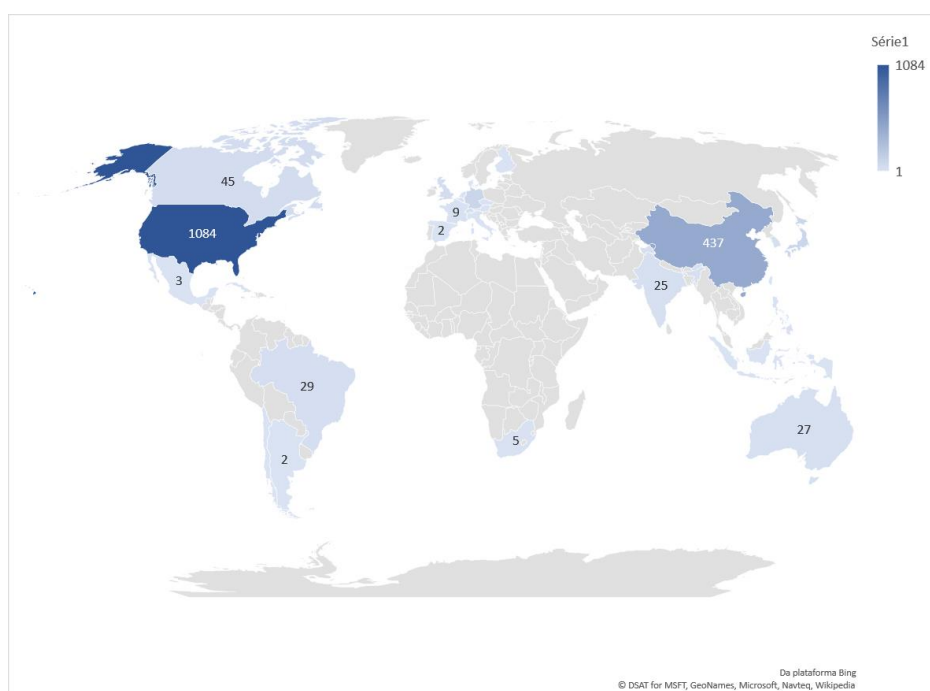


Gráfico 11: Mapa mundial mostrando a distribuição dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo país de origem. N=1999. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

⁵⁵ Os principais escritórios de patentes são Estados Unidos (USPTO), Europa (EPO) e o Japão (JPO), e em conjunto eram responsáveis pela maior parte de pedidos de patentes, conhecidos como tríade, sendo muito utilizado na literatura como referência de potencial econômico (MILANEZ, 2015; OCDE, 2009).

Tabela 14 - Distribuição temporal das famílias de patentes segundo país de origem. N=1999. Período: 2000-2016

Anos	Estados Unidos	China	Alemanha	Japão	Reino Unido	Canadá	Suíça	Brasil	Austrália	Índia	Coréia	Filipinas	França	Bélgica	África do Sul	Total
2016	52	58	10	2			1	2	1	1	1			1		129
2015	55	89	4	4		4	3	4	1	3	1		1		1	170
2014	104	57	13	3	2	11	4	4	2	6	2					208
2013	107	65	3	4	5	5	6	7	1	4	2	1				210
2012	96	60	9	16	5	1	2	2		1				1		193
2011	104	38	3	9	3	3	4	5	1		5				1	176
2010	93	31	12	5	6	3	1	1	2	1	2		1			158
2009	72	18	7	8	4	4	1	1	1	4	1	2				123
2008	71	12	6	10	3	5	2			1		6			1	117
2007	49	2	2	11		7	2		1	2	1					77
2006	40		2	1			1	1	1		1					47
2005	46	3	3	1			1		3		2		1			60
2004	43	1	2	5				1	3	1	1		2	2		61
2003	48		2	6	3			1	1		2					63
2002	38		7	1	4	2			3	1	1			1		58
2001	38	3	8	1	5		1		5		2		2		2	67
2000	28		4	6	6		2		1				2	1		50
Total Geral	1084	437	97	93	46	45	31	29	27	25	24	9	9	6	5	1967

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Estes resultados vão ao encontro com os indicadores de Ciência e Tecnologia sobre a distribuição percentual de pesquisadores em equivalência de tempo integral, por setores institucionais (empresa, governo e ensino superior), de países selecionados para o período de 2000-2013 (anexo 6). Considerando o ano de 2008⁵⁶ como referência, é possível observar que os países que possuem o maior percentual de pesquisadores em empresas, tais como Japão, Estados Unidos e China, são os que apresentam o maior número de documentos de patente no campo tecnológico de produção de mudas de cana-de-açúcar, com a única exceção da Coreia (Gráfico 12). De fato, a Coreia não se destaca como um produtor mundial de cana, o que justificaria essa diferença. Já o Brasil, principal produtor de cana, possui um baixo número de documentos de patente e por sua vez, um alto número de pesquisadores no Ensino Superior, o que justifica a performance nas publicações científicas.

⁵⁶ A Austrália só possui dados para o ano de 2008, por isso, foi adotada este ano como referência.

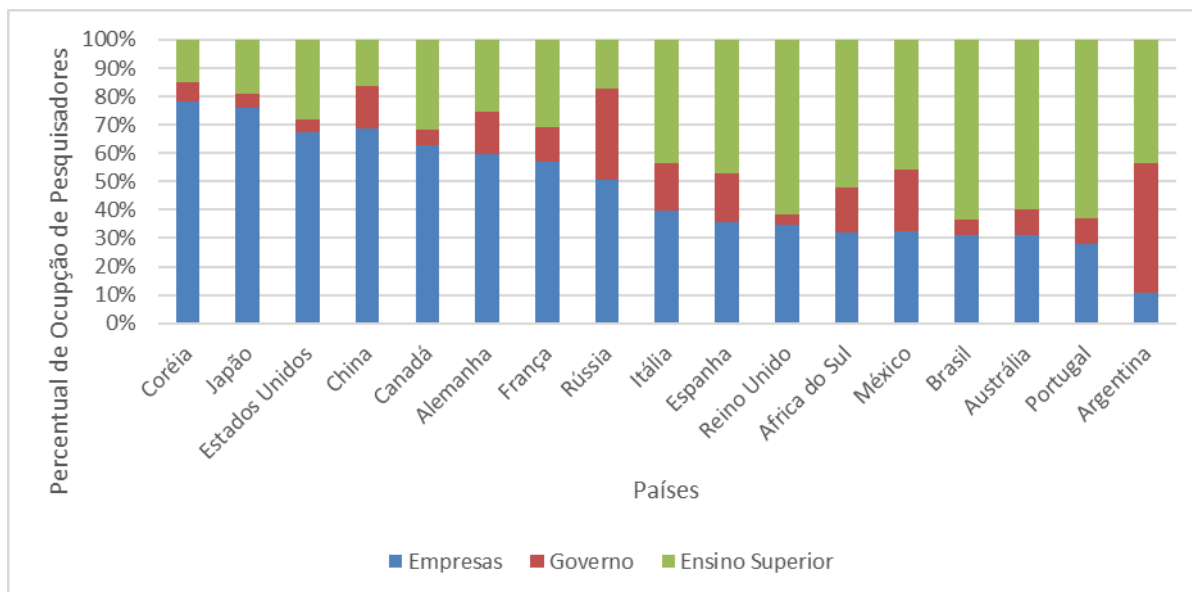


Gráfico 12: Distribuição percentual de pesquisadores em equivalência de tempo integral, por setores institucionais (empresas, governo e ensino superior), de países selecionados para o ano de 2008.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do MCTIC (MCTI, 2016).

Os indicadores de patentes avaliados para os países mostram que os maiores índices relacionados com o tamanho médio das famílias de patentes e o índice de impacto estão concentrados nos países desenvolvidos, o que reforça o potencial econômico das patentes neste campo tecnológico (Tabela 15). Entretanto, somente os Estados Unidos e Austrália são produtores de cana-de-açúcar, os demais seriam detentores das tecnologias, como uma *commodity* de alto valor agregado.

Estes resultados são similares aos obtidos nos indicadores das publicações científicas, revelando o interesse dos países desenvolvidos na apropriação do conhecimento associado as técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar em tecnologias que lhes concedam vantagens competitivas. Por outro lado, observa-se que os países em desenvolvimento têm dificuldade em transformar o conhecimento em inovação, ademais de não utilizarem o mecanismo de apropriabilidade por patentes.

Tabela 15 - Indicadores dos documentos de patente segundo país de origem sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1999. Período: 2000-2016. Legenda: sd – sem dados disponíveis.

País de Origem dos Documento de Patentes	Ranking Mundial Produtores de Cana-de-açúcar	Tamanho Médio das Famílias de patentes	Índice de Impacto	Número de países segundo a origem do titular
Brasil	1°	1,9	0,5	2
Índia	2°	2,9	0,4	3
China	3°	1,3	1,2	7
Austrália	9°	7,9	2,6	5
Estados Unidos	11°	7,3	4,7	18
Japão	56°	4,8	3,1	0
Alemanha	sd	8,8	3	0
Reino Unido	sd	9,9	4,3	6
Canadá	sd	11	4,9	7
Suíça	sd	5,1	3,1	0

Fonte: Elaboração própria. Ranking Mundial de países produtores de cana-de-açúcar a partir de dados da FAOSTAT (FAO, 2017). Base Derwent Innovation Index.

O perfil dos países segundo a classificação dos documentos de patente mostrou uma maior concentração nas áreas de engenharia genética e controle sobre doenças e pragas nos Estados Unidos, enquanto que os diferentes países desenvolvidos possuem uma proporção maior de documentos voltados para o controle de doenças e pragas (Tabela 16), produtos intensivos em inovações químicas. Isto mostra que alguns países desenvolvidos, como Estados Unidos, Alemanha e o Japão, possuem uma indústria química preocupada em ampliar suas atividades e aplicações de suas tecnologias, incluindo as atividades agrícolas do setor canavieiro. Este debate será retomado na seção sobre a atuação das instituições.

A China se destacou tanto no controle sobre doenças e pragas como em métodos de propagação vegetativa. O Brasil teve uma maior proporção de documentos de patente destinados a equipamento ou dispositivo, muitos deles vinculados a inovações incrementais sobre plantadeiras e colheitadeiras, fato já reportado em trabalhos anteriores sobre o mapeamento do patenteamento da cadeia tecnológica da produção de etanol. Este perfil de patenteamento explica o índice de impacto de 0,5, menor em comparação a outros países.

Apesar da Austrália e Brasil terem quantidade similar de documentos de patente, a distribuição segundo os grupos foi diferente, exceto para embriogênese e micropropagação

(Tabela 16). A Austrália teve maior destaque no grupo de engenharia genética ou melhoramento, repercutindo em um índice de impacto mais elevado, de 2,6.

Em relação aos grupos de criopreservação, somente Estados Unidos e China se destacaram e em sementes artificiais, o único país foi os Estados Unidos.

Tabela 16 - Distribuição do país de origem dos documentos de patente segundo classificação dos documentos sobre propagação vegetativa e produção de cana-de-açúcar. N=1999. Período: 2000-2016.

Grupo dos Documentos de Patentes	Estados Unidos	China	Alemanha	Japão	Reino Unido	Canadá	Suíça	Brasil	Austrália	Índia
Eng. Genética ou Melhoramento	793	94	19	38	13	10	2	7	21	5
Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	202	136	65	39	21	28	28	2	3	9
Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	60	134	8	8	9	7	1	3	1	6
Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	11	35	2	3	1			3		1
Equipamento ou Dispositivo	3	35	2	4	1			10		1
Outros	8	2	1	1	1					2
Embriogenese/Micropropagação	1							2	2	1
Criopreservação	2	1								
Semente Artificial	3									
Recipiente de Mudas								2		
Total	1083	437	97	93	46	45	31	29	27	25

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

2) Análise das publicações das famílias de patente

A distribuição das publicações de toda família de patentes sobre técnicas de produção de cana-de-açúcar está representada no Gráfico 13, a qual mostra o interesse comercial na proteção patentária nos maiores produtores de cana-de-açúcar no mundo: Brasil, China, Índia, Austrália, África do Sul, México, Paquistão, entre outros.

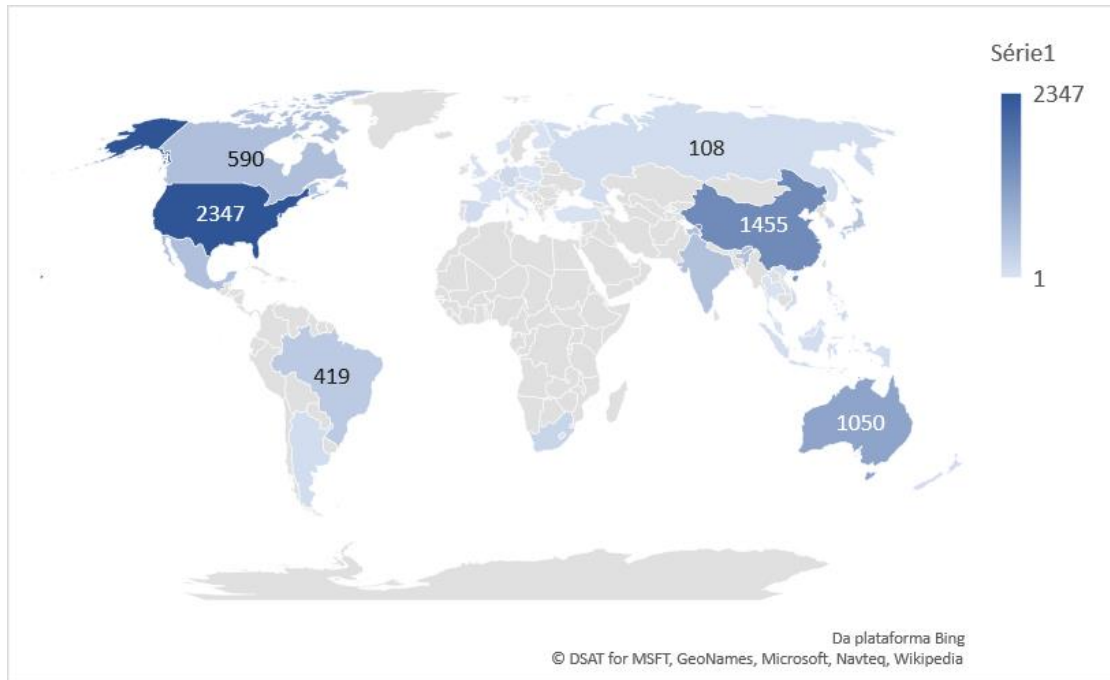


Gráfico 13: Mapa mundial mostrando a distribuição das famílias de patentes segundo o país de publicação das famílias de patentes. N= 12.124. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

O Gráfico 14 mostra a distribuição das publicações dos documentos de patente segundo os seguintes grupos de pesquisa: engenharia genética ou melhoramento, pesquisa/controlar sobre doenças e pragas, métodos/pesquisa sobre propagação vegetativa e pesquisa/invenção sobre a cadeia produtiva de cana-de-açúcar. Os resultados mostram diferenças entre os grupos, sendo que o maior volume de documentos está concentrado no controle de doenças e pragas, no entanto, o Brasil e a Índia não apresentaram destaque em comparação aos demais grupos.

Este resultado vai ao encontro dos principais campos tecnológicos identificados no mapeamento tecnológico da produção de etanol no Brasil (WINTER; LIMA; MENDES, 2014), mostrando que o foco do país está voltado para pesquisas que envolvam toda a cadeia produtiva da cana-de-açúcar, incluindo as técnicas de propagação vegetativa.

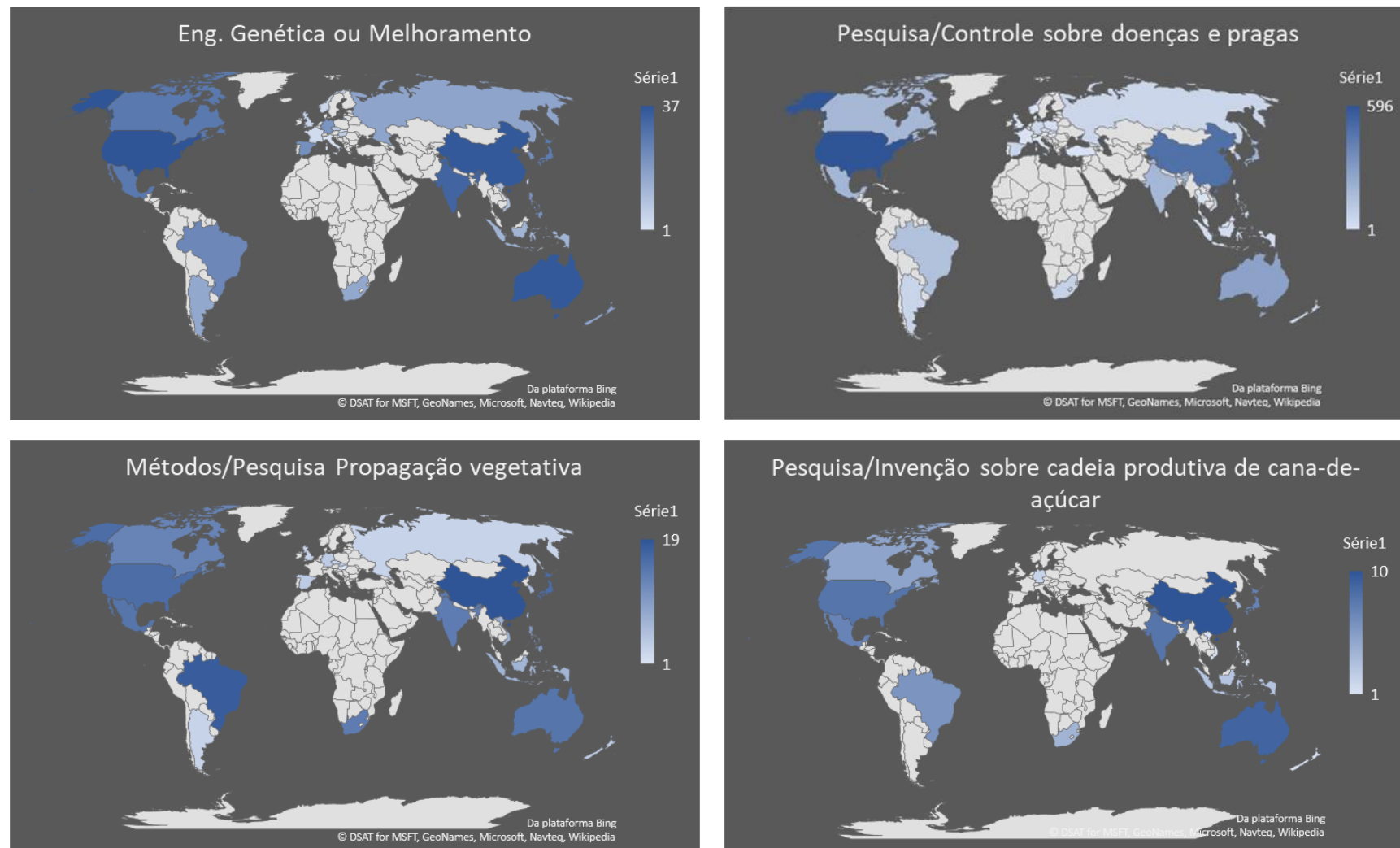


Gráfico 14: Distribuição das famílias de patente segundo países de publicação e agrupamento dos documentos. N=1999. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Atuação das Instituições

O ranking das principais instituições titulares dos documentos de patente junto com todos os indicadores de patentes está detalhado na Tabela 17. As top 5 somam 38,9% do total dos documentos para o período analisado, composta por grandes *players* internacionais: Basf, DuPont, Syngenta, Monsanto e a Bayer Crop Science. Percebe-se que são as mesmas empresas que atuam no setor de sementes de soja e milho, e que tem ampliado o escopo de atuação em outros setores agrícolas, como o caso da Monsanto na aquisição da CanaVialis e a Alellyx (anexo 2).

Estas empresas podem ser classificadas como “fontes privadas de organização empresarial industrial”, onde a principal estratégia de proteção intelectual é por patentes, denotando a importância deste ativo como um bem “comercializável”, servindo de estímulo à inovação. Adicionalmente, estas empresas tem uma forte atuação na indústria química, denotando a complementaridade de atividades tecnológicas no setor canavieiro e, com ênfase na produção de mudas.

Logo após estas top 5, se destacam as instituições chinesas, americanas e uma do Japão. Nota-se que as instituições chinesas são compostas na sua maioria por instituições de pesquisa e universidades, exceto a empresa Beijing DBN Biotech Co Ltd, a única que apresentou um tamanho médio de família de patente maior que um (1). Isto denota as políticas públicas do país em fomentar a P&D e incentivar o depósito de patentes, uma estratégia utilizada como barreira de entrada para tecnologias estrangeiras, ademais de estabelecer o estado da técnica no campo de biotecnologia associado a produção de mudas de cana-de-açúcar no sistema internacional. Infere-se que a maioria das instituições chinesas se enquadra na classificação “fontes institucionais públicas”, com uma estratégia de apropriação preferentemente por patentes, se comparadas a sua participação nos artigos científicos (Tabela 10, p. 74).

A falta de instituição brasileira neste ranking denota a dificuldade do país em proteger o avanço científico em tecnologias, bem como ao pouco uso do sistema de patentes pelas empresas no país. Entretanto, o mesmo se aplica para a Austrália, onde ambos países mostraram uma forte atuação nos indicadores de atividade científica, descritos na seção anterior. Neste sentido, ambos países possuem como principal fonte de inovação, a “fontes institucionais públicas”, denotando a importância do investimento público na geração do conhecimento no setor canavieiro.

Tabela 17 - Indicadores dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo as instituições dos documentos recuperados. N=1999. Período: 2000-2016.

Instituições	País de Origem	Contagem Fracionada	Tamanho Médio de Família	Índice de Impacto	Índice de Copropriedade
Basf	Alemanha	232	9,4	3,4	4,2%
DuPont	Estados Unidos	148,5	7,5	4,8	15,6%
Syngenta	Suíça	137	8,8	4,3	17,9%
Monsanto	Estados Unidos	134	7,6	8,1	3,7%
Bayer Crop Science	Alemanha	126,8	10,6	6,8	4,6%
Guangxi Acad Agric Sci	China	85,5	1,0	1,1	5,7%
Dow AgroSciences	Estados Unidos	55	13,6	1,7	7,0%
Yunnan Sugarcane Res Inst	China	43,5	1,0	1,9	18,8%
Beijing DBN Biotech Co Ltd	China	32,5	2,0	1,0	8,8%
Cere Inc	Estados Unidos	31	3,1	3,2	0,0%
Univ Fujian Agric & Forestry	China	30	1,0	0,7	0,0%
Univ Nankai	China	23	1,0	2,3	0,0%
Mendel Biotechnology Inc	Estados Unidos	22	6,2	22,5	8,7%
Chinese Acad Tropical Agric Sci	China	21	1,0	2,0	0,0%
Sumitomo Chem Co Ltd	Japão	19	9,2	5,1	0,0%
Univ Cornell	Estados Unidos	19	4,4	2,5	10,0%

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Em relação aos indicadores sobre o valor da patente, tem-se que o maior índice de impacto, de 22,5, foi da empresa americana Mendel Biotechnology Inc⁵⁷, e com um tamanho médio de família de 6,2, onde o grupo de documentos foi exclusivamente em engenharia genética ou melhoramento (Tabela 18). As top 5 apresentaram índices similares, onde o tamanho médio das famílias de patentes variou entre 7,5 a 10,6 e o índice de impacto de 3,4 a 8,1 (Tabela 17), e com a maior proporção de documentos sobre engenharia genética ou melhoramento e controle de doenças e pragas (Tabela 18). Entre estas, a Basf e a DuPont são as maiores empresas da indústria química, o que reforça a discussão sobre o perfil dos países desenvolvidos em ampliar sua atuação para o setor canavieiro. Entre os produtos comercializados pela Basf está a AgMusa™, um padrão de produção de mudas por cultivo de tecidos (ver capítulo 2), enquanto que a DuPont tem uma atuação mais voltada para a proteção do cultivo de cana-de-açúcar (DUPONT, [S.d.]) e produção de sementes artificiais de cana-de-

⁵⁷ A empresa foi adquirida em 2014 pela Koch Biological Solutions (KOCH, [S.d.]).

açúcar (Tabela 17). Ademais, entre as top 5, tanto a Basf como a Bayer foram mapeados como os principais depositantes estrangeiros de pedidos de patentes brasileiros para a cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar no Brasil no período de 1976 a 2012 (LIMA *et al.*, 2013), o que demonstra sua forte participação nos países produtores de cana.

A atuação das instituições de pesquisa e universidades chinesas teve um maior volume de documentos de patente sobre métodos de propagação vegetativa e controle de doenças e pragas, já a empresa DBN Biotech teve uma concentração nos documentos sobre controle de doenças e pragas (Tabela 18), denotando a relevância das inovações químicas no setor agroindustrial canavieiro.

A Tabela 18 também permite constatar que nenhuma das principais instituições possui proteção de tecnologias sobre embriogênese/micropropagação, apesar de constarem no Gráfico 9 (p. 79).

Tabela 18: Principais Instituições das Famílias de patentes sobre técnicas de produção de mudas segundo a classificação dos documentos. Período: 2000-2016.

Instituições	Eng. Genética ou Melhoramento	Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	Equipamento ou Dispositivo	Outros	Semente Artificial
Basf	101	106	21	1	2	1	
Du Pont	114,5	18	9		1	3	3
Syngenta	44,5	67,5	23	1	1		
Monsanto	93	35	2	1		3	
Bayer Crop Science	72,8	45,5	7	1		0,5	
Guangxi Acad Agric Sci	14	10,5	42,5	5,5	13		
Dow AgroSciences	29,5	25,5					
Yunnan Sugarcane Res Inst	5,5	14	14,5	8	1,5		
Beijing DBN Biotech Co Ltd	0,5	31	1				
Cere Inc	31						
Univ Fujian Agric & Forestry	9	13	8				
Univ Nankai		23					
Mendel Biotechnology Inc	22						
Chinese Acad Tropical Agric Sci	8	4	5	3	1		
Sumitomo Chem Co Ltd		18	1				
Univ Cornell	15,5	2,5	1				
Total	560,8	413,5	135	20,5	19,5	7,5	3

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

O índice de copropriedade das instituições variou entre 0 (zero) e 18,8% (Tabela 17), o que denota a estratégia das firmas, onde zero implica na exclusividade absoluta da exploração comercial da tecnologia e maior que 1 implica no compartilhamento da tecnologia, seja entre

empresa e universidade/centro de pesquisa/instituto de fomento ou entre empresas de atuação complementar. Portanto, a análise destes resultados foi feita mediante redes de relacionamento, uma geral de todas as instituições titulares (Gráfico 15) e uma visão mais detalhada das top 5 instituições (Gráfico 16) e das instituições brasileiras (Gráfico 17).

O Gráfico 15 mostra que as áreas de maior densidade estão vinculadas com os grandes *players* internacionais. Esta interação reforça o conceito da globalização da inovação, sendo a junção entre dois fenômenos fundamentais da economia moderna: o aumento da integração internacional das atividades econômicas e o aumento da importância do conhecimento nos processos econômicos (ARCHIBUGI; IAMMARINO, 2002). Não obstante, percebe-se que os demais atores compartilham os documentos de patente entre instituições do mesmo país, como a China, Japão e o Brasil. De fato, o Yunnan Sugarcane Research Institute possui índice de copropriedade de 18,8%, sendo a maioria em parceria com a empresa Yunnan Yunze Sci & Technology Dev Co, destacando-se das demais instituições chinesas. Isto demonstra que o foco principal desta instituição de pesquisa está voltado para o fomento e investimento em tecnologias a serem inseridas no mercado nacional. A empresa japonesa Totyota Jidosha KK não apareceu no ranking das principais instituições, no entanto se destaca como uma empresa que tem forte vínculo com a instituição nacional de fomento, a National Agricultural Research Organization (NARO)⁵⁸.

⁵⁸ As parcerias das instituições chinesas e da empresa japonesa não foram tabeladas no presente estudo, sendo extraídas diretamente da planilha geral dos documentos recuperados.

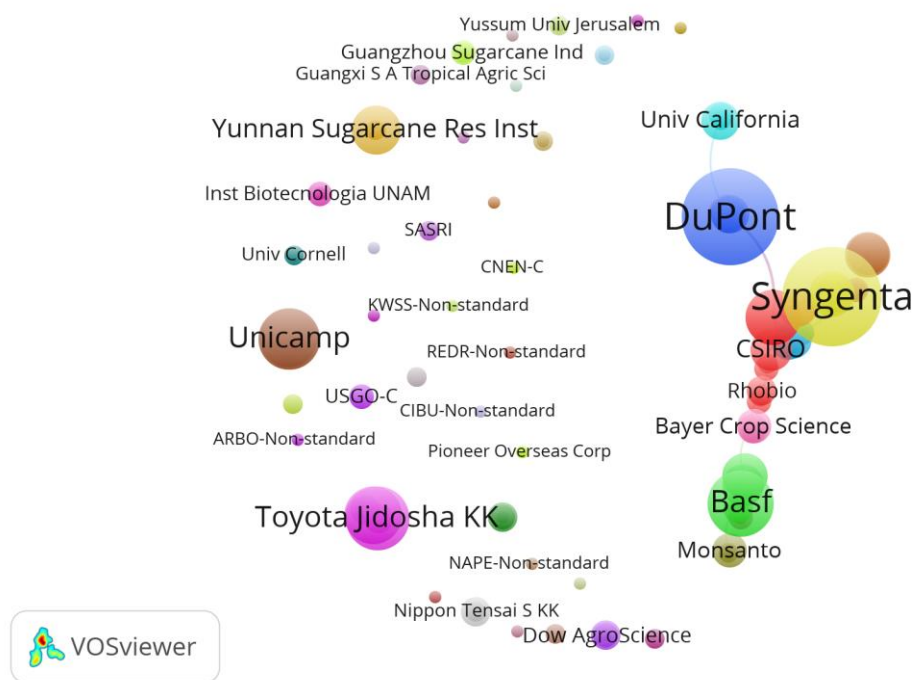


Gráfico 15: Rede de relacionamento entre as instituições titulares dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index. Softwares: NodeXL, VOSviewer.

O Gráfico 16 mostra a rede de relacionamento das top 5 instituições titulares de patentes, destacando a participação das empresas australianas BSES Ltd e do Instituto CSIRO junto com as empresas DuPont e Syngenta. Conclui-se assim que o papel das instituições australianas está na produção científica e na transferência do conhecimento para que outras empresas possam explorá-las, formando um hub importante de inovação, onde o conhecimento científico é convertido em desenvolvimento tecnológico.

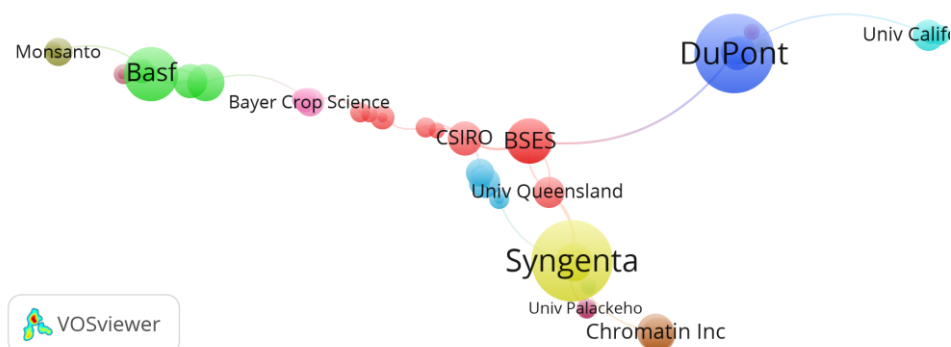


Gráfico 16: Rede de relacionamento das top 5 instituições titulares dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index. Softwares: NodeXL, VOSviewer.

A rede de relacionamento das instituições brasileiras mostrou que as principais parcerias acontecem entre instituições de pesquisa e instituições de fomento, com pouca participação de empresas (Gráfico 17). Entre as empresas, destacam-se a usina Centro Álcool Lucélia Ltda, a Monsanto do Brasil junto com a Alellyx SA⁵⁹. Dentre as instituições de pesquisa, destacam-se as universidades de São Paulo (USP) e a Unicamp, as mesmas instituições que mais se destacaram na produção científica e em outros estudos envolvendo o setor canavieiro (CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, 2013; SOUZA, L. G. A. DE, 2013). Percebe-se que estas instituições estão concentradas na região sudeste, responsável pela maior produção de cana-de-açúcar do país destinadas ao álcool combustível, onde a interação das instituições com o setor privado é maior (FURTADO; SCANDIFFIO; CORTEZ, 2011).

⁵⁹ O Grupo Votorantim e a Monsanto anunciaram, em novembro de 2008, um acordo para a aquisição da Aly Participações Ltda., que controla as empresas de melhoramento genético e biotecnologia de cana-de-açúcar CanaVialis S.A. e Alellyx S.A. (CHAGAS, 2014).

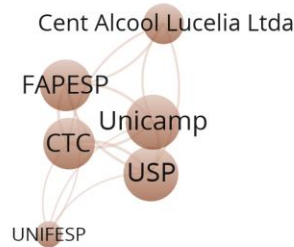


Gráfico 17: Rede de relacionamento entre as instituições brasileiras titulares dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 1999. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index. Softwares: NodeXL, VOSviewer.

4.2.3. Considerações do Tópico de Atividade Científica e Tecnológica

As principais pesquisas científicas estão focadas em estudos gerais da cana-de-açúcar, envolvendo toda a cadeia produtiva. Entretanto, a área da engenharia genética ou melhoramento vegetal e as técnicas de propagação vegetativa da cana-de-açúcar mostraram um aumento após 2009, o que indica que o esforço em P&D é relativamente recente para o setor agroindustrial canavieiro, pressionado pelas crescentes exigências ambientais e a necessidade de melhorar a produtividade. Observou-se que os maiores índices de impacto das publicações científicas estão voltados para a produção de semente artificial e nos estudos gerais da cadeia produtiva da cana-de-açúcar, mostrando que possivelmente a tendência tecnológica está direcionada para atender as demandas para um planejamento mais eficiente de plantio e colheita, envolvendo um novo padrão de produção de mudas de cana-de-açúcar. Em adição, as pesquisas mais críticas estão centradas no agrupamento de embriogênese e micropropagação e na criopreservação, técnicas utilizadas no padrão de produção de mudas por técnicas de cultivo de tecidos, que incluem as sementes artificiais de cana-de-açúcar.

Entre as tecnologias de maior destaque nos documentos de patente, estão as classificações sobre engenharia genética ou melhoramento, seguidas do controle de doenças e pragas e dos

métodos de propagação, o que reforça a capacidade de transformar o conhecimento em avanço tecnológico. Em relação as tecnologias sobre embriogênese/micropropagação, criopreservação e semente artificial, nota-se que aparecem em maior número a partir de 2011, o que pode indicar que se tratam de tecnologias emergentes. As sementes artificiais foram todas vinculadas com o mesmo grupo de empresas, a DuPont em parceria com a BSES Ltd., o que denota a importância do grupo de pesquisa australiano, já evidenciado nos resultados das publicações científicas, no desenvolvimento tecnológico e no sistema de inovação de forma mais globalizado em um contexto “*local for global*”.

Em relação a pergunta central da pesquisa, observa-se que as trajetórias tecnológicas denotam esforços para viabilizar o padrão de produção de mudas pela técnica de cultivo de tecidos. As flutuações das trajetórias tecnológicas podem ser atribuídas ao ciclo de vida das tecnologias, entrando em declínio ou esgotamento da tecnologia. Para superar este novo “problema” ou gargalo tecnológico é necessário que o progresso técnico contemple outras fronteiras do conhecimento e, como observado nos resultados sobre indicadores de atividade científica e tecnológica, as técnicas de criopreservação poderiam cumprir este papel, identificada como possível tecnologia emergente para o estado da técnica. Ademais, a crescente demanda por novas cultivares adaptadas às mudanças climáticas, exige esforços de P&D constantes, os quais demanda investimento a longo prazo, pois demoram de 8 a 10 anos para serem colocadas no mercado.

A atuação dos países mostrou uma predominância da Índia e o Brasil no número de publicações científicas, principais produtores de cana-de-açúcar mundial, porém os países desenvolvidos mostram presença marcante no número de publicações e nos índices de impacto mais elevados. Neste sentido, podemos dizer que os maiores produtores de cana no mundo têm um papel mais importante pela sua capacidade de produção agrícola que pela sua capacidade de gerir o conhecimento, sendo enquadradas na classificação de “fontes institucionais públicas”. Entende-se “gerir o conhecimento” no sentido de gestão e planejamento, pois não basta produzir conhecimento se este não for disseminado e implementado no mercado em forma de inovações tecnológica, o que confere o valor agregado ao conhecimento.

Já a atuação das instituições e suas redes de colaboração mostrou destaque para o Brasil, principalmente de instituições da região sudeste, onde se encontra o estado de São Paulo, maior produtor de cana do país e com maiores índices de impacto das publicações científicas, demonstrando possuir massa crítica. Entretanto, o resultado pela análise de patentes mostrou um

comportamento muito diferente, denotando a falta de cultura do país na proteção de suas inovações tecnológicas.

Percebe-se que a principal estratégia de proteção patentária é entrar com o pedido de patente nos Estados Unidos, devido a sua hegemonia econômica. Ademais, observa-se que os países onde ocorre a geração do avanço tecnológico coincide com a sede das principais instituições detentoras das tecnologias, composta de grandes *players* internacionais, servindo de “fontes privadas de organização empresarial industrial”. Já a proteção intelectual por patentes abrange vários países, incluindo os grandes produtores de cana-de-açúcar, mostrando o interesse comercial das tecnologias aplicadas no setor agroindustrial canavieiro.

As redes de colaboração entre as instituições mostram a globalização da inovação, com predominância de alguns grupos de empresas, formando verdadeiros hubs de inovação ao redor do desenvolvimento de tecnologias para a produção de mudas de cana-de-açúcar. Dentre estes grupos, o Brasil tem uma participação importante, que será analisada na seção 4.4.

4.3. Indicadores e métodos analíticos de dados avançados

Os indicadores e métodos analíticos de dados avançados se referem a indicadores relacionais, ou seja, compreende a análise da relação entre diferentes dados bibliométricos. Este tipo de análise permite enriquecer a discussão sobre a estratégia de consolidação do conhecimento em progresso técnico (análise de autor-inventor), identificar sinergias entre campos tecnológicos (análise de co-classificação) e verificar eventuais tendências tecnológicas (análise de citação), entre outras discussões.

4.3.1. Análise de Autor-inventor

O levantamento do número total de autores-inventores foi de 114, presentes em 465 publicações científicas e documentos de patente, número relativamente pequeno dentro do universo de 3747 publicações recuperado. Os resultados mostram que os autores que mais publicaram e protegeram sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar pertencem à Austrália, China, África do Sul, Estados Unidos, Japão e Brasil (Tabela 19). A principal área de atuação é sobre engenharia genética ou melhoramento, exceto nos autores-inventores chineses, que mostraram uma maior diversificação, indicando que o campo da biotecnologia possui uma interação entre ciência e tecnologia. Ramos (2016) ressalta que no período atual existe uma série de inovações tecnológicas em implantação intensivas em biotecnologia, tendo

como interesse o melhoramento e a diversificação do uso da cana, o que reforça os resultados desta pesquisa.

Os principais atores envolvidos na pesquisa básica e aplicada estão nos centros de pesquisa públicos, o que mostra a dependência de políticas públicas de fomento e investimento nesta área do conhecimento, talvez, em consequência do tempo necessário “da bancada ao mercado” envolvendo técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. De fato, as pesquisas envolvendo técnicas de clonagem de cana-de-açúcar datam desde a década de 90 (LAKSHMANAN *et al.*, 2005), porém os resultados do presente trabalho indicam um crescimento nesta área nos últimos 10 anos com uma proporção maior para documentos de patente, sugerindo que o conhecimento está sendo incorporado em tecnologias aptas para o mercado de forma muito recente. Este vínculo do progresso técnico com atores do setor público de P&D denota a falta de inserção das empresas no processo de inovação e, como desdobramento, vemos uma dificuldade na mudança no padrão de produção mudas de cana do convencional para técnicas de cultivo de tecidos. Os únicos grupos de pesquisadores vinculados com empresas pertencem à Austrália, Japão e o Brasil, com a participação da BSES Ltd., Toyota Jidosha KK e a CTC, respectivamente.

Tabela 19: Lista dos principais autores-inventores das publicações científicas e documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 3747.

Continua

Autores-inventores	Instituição	País	Área de Atuação principal	Número de Participação		
				J	P	Total
Birch, RG	Univ Queensland	Austrália	• Engenharia Genética ou Melhoramento	29	5	34
Xu, L	Univ Fujian Agric&Forestry	China	• Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas e • Engenharia Genética ou Melhoramento	9	24	33
Yang, K	Yunnan Acad Agr Sci	China	• Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa; • Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas e • Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	4	20	24
Botha, FC	Univ Stellenbosch	África do Sul	• Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	20	3	23
Lakshmanan, P	BSES Ltd	Austrália	• Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar e • Embriogênese/micropropagação	15	5	20
Mirkov, TE	Texas A&M Univ	Estados Unidos	• Engenharia Genética ou Melhoramento	8	10	18
Grof, CLP	CSIRO	Austrália	• Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar e • Engenharia Genética ou Melhoramento	14	2	16
Irvine, J	Texas A&M Univ	Estados Unidos	• Engenharia Genética ou Melhoramento	12	3	15
Suprasanna, P	Bhabha Atom Res Ctr	Índia	• Engenharia Genética ou Melhoramento • Embriogênese/micropropagação	14	1	15
Terauchi, T	Toyota Jidosha KK	Japão	• Engenharia Genética ou Melhoramento	4	11	15
Berding, N	BSES Ltd	Austrália	• Engenharia Genética ou Melhoramento • Embriogênese/micropropagação	12	2	14
Menossi, M	Unicamp	Brasil	• Engenharia Genética ou Melhoramento e • Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	12	2	14
Sakaigaichi, T	Toyota Jidosha KK	Japão	• Engenharia Genética ou Melhoramento	3	11	14
Terajima, Y	NARO	Japão	• Engenharia Genética ou Melhoramento	3	10	13

						Conclusão
Geijskes, JR	Univ Queensland/BSES ltd	Austrália	<ul style="list-style-type: none"> • Engenharia Genética ou Melhoramento • Embriogênese/micropropagação 	7	5	12
Brumbley, SM	Univ Queensland	Austrália	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar 	9	2	11
Ulian, EC	CTC	Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Engenharia Genética ou Melhoramento 	8	3	11
Yang, L	Guangxi Acad Agr Sci	China	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa 	2	9	11
Yao, L	Yunnan Acad Agr Sci	China	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa; • Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas e • Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar 	4	7	11
Altpeter, F	Univ Florida/USDA ARS	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Engenharia Genética ou Melhoramento 	9	2	11
Matsuoka, M	NARO	Japão	<ul style="list-style-type: none"> • Engenharia Genética ou Melhoramento 	8	3	11
Kossmann, J	Univ Stellenbosch	África do Sul	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar e • Engenharia Genética ou Melhoramento 	6	4	10
Souza, GM	USP-ESALQ	Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Engenharia Genética ou Melhoramento 	5	5	10

Legenda: J – Publicações científicas; P – documentos de patente

Fonte: Elaboração Própria, base Web of Science e Derwent Innovation Index.

O Gráfico 18 mostra a relação entre os pesquisadores/inventores e suas respectivas instituições. Constata-se que parte dos “clusters” e grupos de pesquisas identificados nos indicadores científicos estão presentes nesta análise, mostrando o vínculo entre a ciência e a tecnologia no campo de produção de mudas de cana-de-açúcar. A rede de relacionamento entre os diferentes autores-inventores mostra a interação entre o grupo australiano com a África do Sul e Estados Unidos (Universidade de Texas), ressaltando a globalização da inovação e o papel das instituições da Austrália em produzir ciência mais do que proteger suas tecnologias (Tabela 19). Ademais, como foi mostrado nos grupos de pesquisa dos indicadores científicos, a atuação do CSIRO cumpre o papel de “fontes institucionais públicas” (CARVALHO,S.M.P.; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006; POSSAS; SALLES-FILHO; DA SILVEIRA, 1996), fundamental na promoção da inovação em um modelo de triple hélice.

O Brasil se destaca por meio da participação da USP, Unicamp junto com a empresa CTC, com uma interação similar à observada no Gráfico 17 (p. 97), mostrando que as atividades inovativas são direcionadas para resolver problemas locais, em uma interação “*local for local*” (ARCHIBUGI; IAMMARINO, 2002).

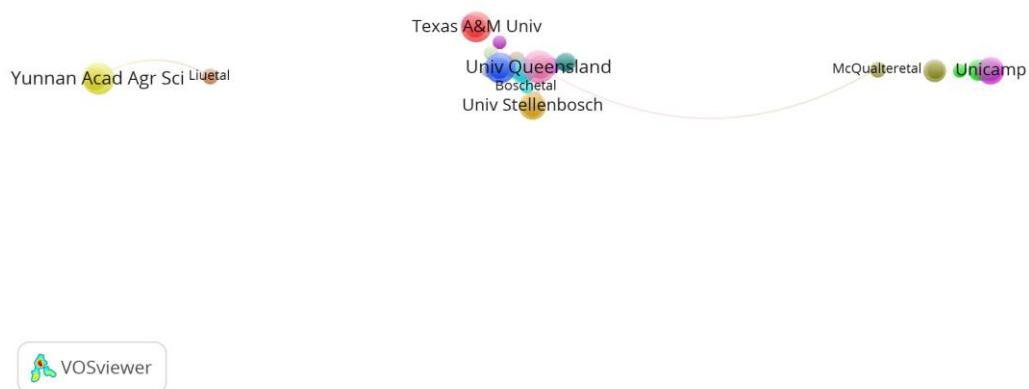


Gráfico 18: Rede de relacionamento entre os autores-inventores das publicações científicas e técnicas. N=435. Período: 1945-2017.

Fonte: Elaboração própria, base Web of Science e Derwent Innovation Index. Softwares: NodeXL e VOSviewer.

4.3.2. Convergência Tecnológica pela Análise de Co-classificação

A análise de convergência tecnológica por co-classificação dos documentos de patente parte do pressuposto que uma patente com múltiplas indexações de campos tecnológicos diferentes representa uma convergência tecnológica, uma vez que um documento de patente possui conhecimento tecnológico baseado em domínios de tecnologia heterogêneos (JEONG; KIM; CHOI, 2015). Neste contexto, esta análise busca entender se existe complementaridade de domínios tecnológicos vinculados com as técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar.

O número total de documentos de patente no período de 2000 a 2016 foi de 1999 com 6.115 classificações indexadas, dos quais a maioria, 88%, foram indexados com mais de uma Classificação Derwent (Gráfico 19), permitindo assim analisar as taxas de convergência tecnológica intra e inter-seção sobre as técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. Das indexações realizadas dentro da mesma seção (intra-seção), nota-se que 62% foram compostas somente por duas indexações, 13% com três indexações e 5% com quatro indexações (Gráfico 19). No caso das indexações realizadas entre seções diferentes, 53% dos documentos foram indexados em duas seções e somente 5% tiveram três seções indexadas, o que já mostra um volume pequeno de interações multidisciplinares. Vale lembrar que a classificação Derwent possui somente 3 seções: química, engenharia e eletroeletrônico.

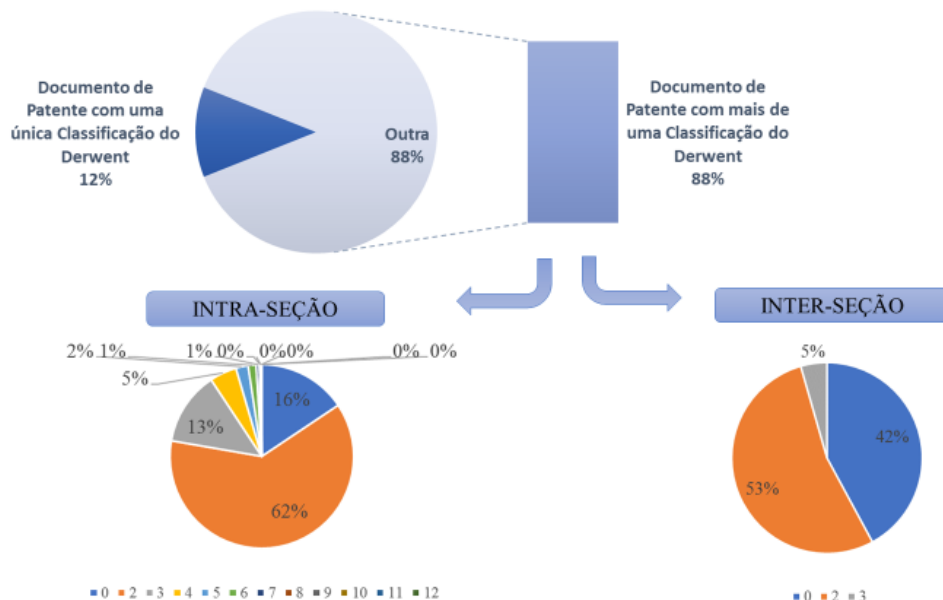


Gráfico 19: Porcentagem dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar com uma ou mais indexações da Classificação Derwent e a porcentagem do número de campos tecnológicos indexados intra-seção e inter-seção. N=1999. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

A taxa de convergência intra-seção e inter-seção foi calculada por ano e comparado com o número total de documentos de patente segundo o ano de publicação (Gráfico 20). A taxa de convergência intra-seção apresentou uma variação entre 2,3% e 8,36%, mostrando seu auge em 2014, enquanto que a taxa da convergência inter-seção variou de 1,9% a 5,81%, porém com um declínio a partir de 2012. Os anos de 2015 e 2016 mostram dados parciais, devido as características da base consultada e a fase de sigilo. Estes resultados sugerem que as técnicas de produção de mudas são concentradas em poucos domínios tecnológicos e que as curvas das taxas de convergência tecnológica coincidem com as trajetórias das tecnologias de engenharia genética ou melhoramento e as tecnologias sobre controle de doenças e pragas.

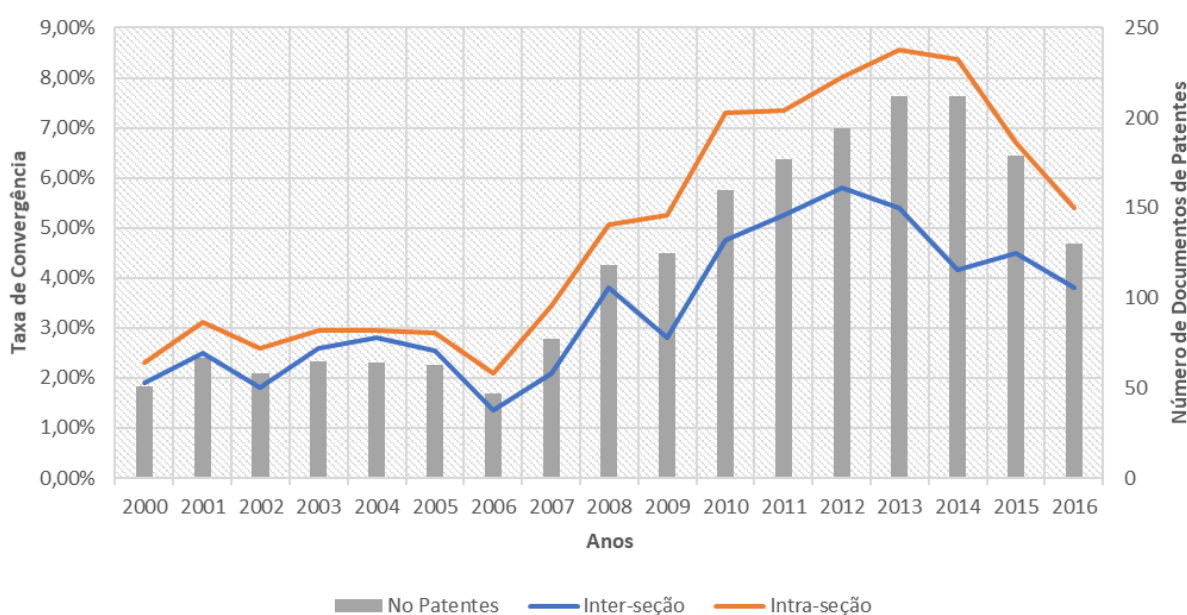


Gráfico 20: Taxas de convergências tecnológicas intra-seção e inter-seção dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo ano da publicação. N=1999. Período: 2000-2016.

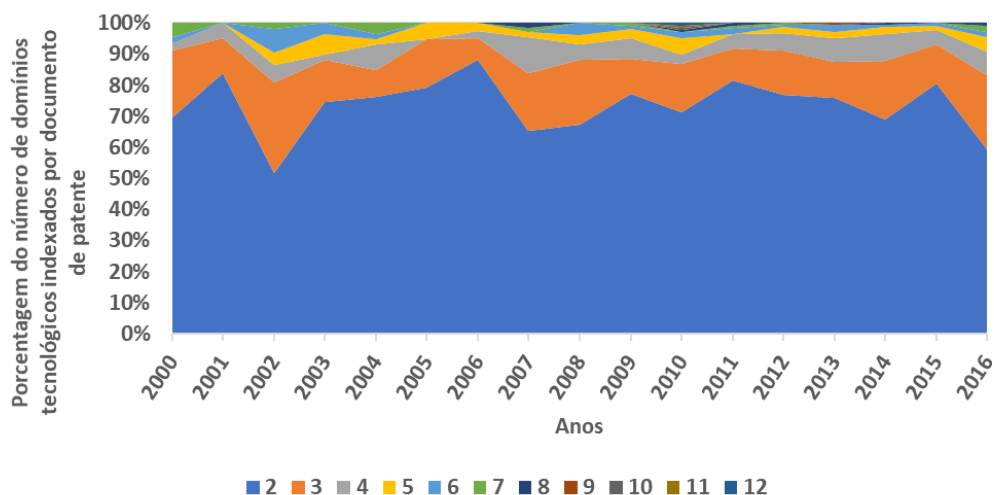
Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Para verificar o número de domínios tecnológicos nas convergências tecnológicas, os documentos de patente convergentes foram separados pelo número de domínios tecnológicos co-classificados no nível intra-seção (Gráfico 21a) e inter-seção (Gráfico 21b) e analisado as interações das indexações por grupo de tecnologia (Tabela 20). O Gráfico 21a mostra a evolução da convergência tecnológica intra-seção, onde a maioria dos documentos de patente são co-classificadas em dois domínios tecnológicos, seguido de três domínios tecnológicos, com 15%. A relação entre as classificações Derwent mais frequentes foram os domínios de

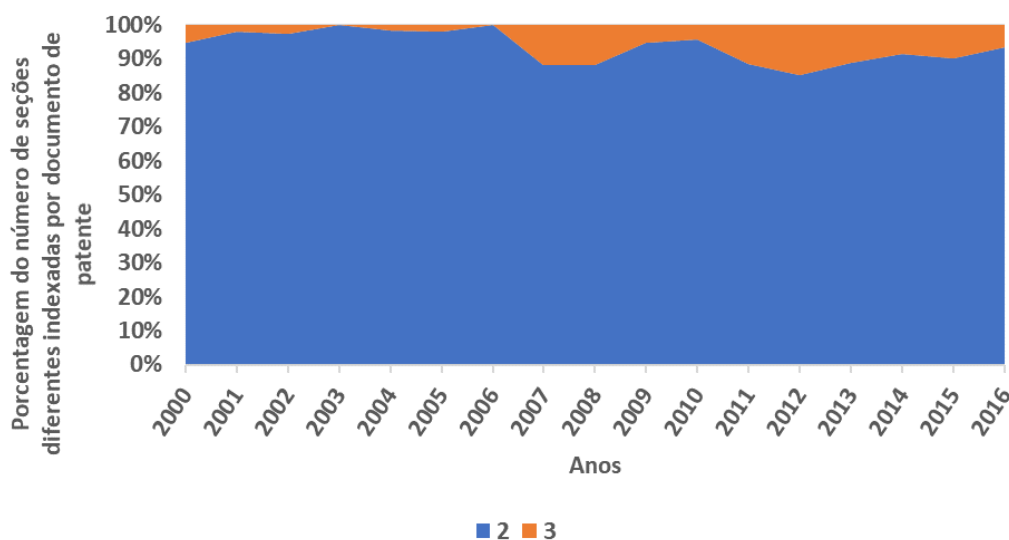
biotecnologia e a indústria da fermentação (C06+D16), vinculados majoritariamente a engenharia genética e melhoramento vegetal, seguidos dos domínios de compostos químicos (C03+C02) voltados para controle de doenças e pragas da cana-de-açúcar (Tabela 20).

A evolução da taxa de convergência tecnológica inter-seção mostra uma tendência de maior crescimento após 2007, sendo composta em sua grande maioria pela indexação de classificações de duas seções diferentes (Gráfico 21b). Estas seções correspondem a Química e da Engenharia, destacando os domínios de biotecnologia, a indústria da fermentação e cultivo vegetal (C06+D16+P13), vinculados principalmente a família de patentes sobre engenharia genética ou melhoramento vegetal (Tabela 20). A seção de Eletroeletrônicos só aparece nas convergências tecnológicas de três seções e contemplam basicamente a computação digital, muito utilizada nas modelagens e simulação de processos biotecnológicos, e estão associados com as trajetórias tecnológicas de engenharia genética ou melhoramento (Tabela 20).

Choi, Jeon e Kim (2005) relatam taxas de crescimento baixas de convergência tecnológica inter-seção nas áreas de Biotecnologia, Computador Digital e Engenharia Química, o que pode explicar o comportamento dos resultados aqui apresentados. Não obstante, observa-se que as tecnologias convergentes estão em áreas de ponta, que precisam da complementaridade disciplinar no processo de inovação. Este é o caso da biotecnologia que mudou o paradigma tecnológico do setor agrícola, com ganhos de produtividade, redução de custos e inovações no melhoramento vegetal (BORGES; POZ, 2001). Esta tendência se afirma através dos resultados obtidos neste estudo, onde a engenharia genética e melhoramento vegetal são o principal grupo na análise de convergência tecnológica.



(a)



(b)

Gráfico 21: Frequência em porcentagem do número de domínios tecnológicos da convergência intra-seção (a) e inter-seção (b) por documento de patentes sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar ao longo do tempo. N= 1999. Período: 2000-2016

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Tabela 20: Principais domínios tecnológicos associados nas convergências tecnológicas intra e inter-seção dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=1275, Período – 2000-2014. Legenda disponível na Tabela 12 e anexo 4.

Continua

Convergências Tecnológicas	Frequência da Classificação Derwent			Principal Classificação dos Documentos de patente (Porcentagem de participação)
	Período 2000-2006	Período 2007-2014	Total	
Convergência Intra-seção				Período 2007-2014

Conclusão

C06+D16	32	161	193	Eng. Genética ou Melhoramento (83,2%)
C03+C02	4	43	47	Controle sobre doenças e pragas (83,7%)
B04+C06+D16	4	15	19	Eng. Genética ou Melhoramento (93,3%)
P11+P13	1	16	17	Equipamento ou dispositivo (32%); Métodos Propagação vegetativa (32%); Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar (25%)
B04+D16	4	7	11	Eng. Genética ou Melhoramento (42,9%); Controle sobre doenças e pragas (42,9%)
C05+D16	3	8	11	Eng. Genética ou Melhoramento (50%); Controle sobre doenças e pragas (50%)
C02+C01	1	6	7	Controle sobre doenças e pragas (67%); Métodos Propagação vegetativa (33%)
Convergência Interseção				
C06+D16+P13	218	409	627	Eng. Genética ou Melhoramento (77%); Controle sobre doenças e pragas (11%); Métodos Propagação vegetativa (9,3%)
B04+C06+D16+P13	15	7	22	Eng. Genética ou Melhoramento (100%)
C06+D16+P13+T04	0	19	19	Eng. Genética ou Melhoramento (52,6%); Métodos Propagação vegetativa (42,1%)
C06+D16+P13+T01	1	18	19	Eng. Genética ou Melhoramento (100%)
D16+P13	0	12	12	Métodos Propagação vegetativa (41,7%); Embriogênese/micropropagação (17,7%); Controle sobre doenças e pragas (17,7%)
C05+D16+P13	1	11	12	Controle sobre doenças e pragas (54,5%); Eng. Genética ou Melhoramento (45,5%)
C05+C06+D16+P13	4	4	8	Eng. Genética ou Melhoramento (50%); Controle sobre doenças e pragas (50%)
C06+D16+P13+S03	3	4	7	Eng. Genética ou Melhoramento (75%)

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

4.3.3. Análise de citação de patentes sobre produção de mudas de cana-de-açúcar

O número de documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar selecionado para a análise de citação, segundo os critérios descritos na metodologia, resultou em 5 documentos, descritos no Quadro 5.

Observa-se que a maioria das tecnologias se enquadram no padrão de produção de mudas por cultivo de tecidos, o que demonstra o interesse das empresas no investimento de tecnologias de ponta, as quais, em sua maioria, são recentes.

Quadro 5: Descrição dos documentos de patente utilizado na análise de citação.

Continua

Conclusão

Nº Documento	Título em inglês	Titular	Classificação do Documento
WO9837173	Production of somatic embryos from explants of sugar cane - comprises culturing immature embryos from explants in a liquid suspension culture	Abdelrahaman (pessoa física)	Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa
WO2009000402	A method for growing sugarcane	Syngenta Participations AG	Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa
WO2012140177	Method for cultivating sugar cane	Basf SE	Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa
WO2013096531	Plant artificial seeds and methods for the production thereof	DuPont de Nemours and Company e BSES Limited	Semente Artificial
WO2014153630	Method for obtaining plant propagules for sugar cane micropropagation, for producing synthetic sugar cane seeds, for storing synthetic seeds, for producing viable sugar cane seedlings, propagules and synthetic seeds	CTC - Centro De Tecnologia Canavieira SA	Embriogênese/Micropropagação

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

As características de cada documento de patente supracitado podem ser resumidas a seguir:

WO9837173 – esta patente foi concedida no Brasil em 2011, sob o número PI9807452-0 B1, e descreve o processo de obtenção de embriões somáticos por meio de calos (organogênese) a partir do tecido da raiz da cana-de-açúcar, os quais são encapsulados antes de sua germinação;

WO2009000402 – este pedido de patente possui 5 pedidos em fase nacional no Brasil: BRPI0803942, BRPI0803943, BRPI0804188, BRPI0805095 e BRPI0805096. Todos os pedidos se referem a descrição um método de cultivo de propagação de mudas de cana-de-açúcar através do padrão convencional: relatam o corte da haste da cana em rebolos contendo um nó (mini rebolo ou mini tolete), passando por tratamento químico e

encapsulada, revestimento em gel, formando pelotas de 3 a 8 cm. Esta é a tecnologia conhecida como Plene® e mencionada no capítulo 2 (p.8).

WO2012140177 – o pedido nacional correspondente é o BRPI112013025135-2, publicado em 2016, e descreve a produção de mudas a partir da brotação de gemas laterais de seções de cana contendo um nó, levadas a estufas em meios de cultivo especial. Comercialmente, a Basf tem disponibilizado a AgMusa™, descrito no capítulo 2 (p.10);

WO2013096531 – pedido de patente nacional sob o número BR1 2012 032801-1, e descreve uma semente artificial utilizando qualquer material propagativo por cultivo de tecidos, sendo envolto em um receptáculo biodegradável e expansível, contendo todos os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento. Não há relato até o presente momento sobre a comercialização deste produto no mercado brasileiro;

WO2014153630 – pedido de patente nacional sob o número BR102013007727-5, e refere-se à produção de mudas pelo padrão de cultivo de tecidos, especificamente por micropropagação a partir do meristema apical e depois encapsuladas. Esta tecnologia foi mencionada no capítulo 2 (p.11), sendo prevista seu lançamento comercial ainda este ano.

Estes documentos mostram que os dois padrões de produção de mudas são reivindicados por patentes, o que demonstra a coexistência de duas trajetórias tecnológicas, os quais podem estar no mesmo paradigma tecnológico vinculado a biotecnologia, o paradigma “Genético”. Ademais da proteção patentária, alguma delas possuem marcas comerciais, de forma a entrar no mercado nacional com um sinal distintivo que lhes possa conferir vantagens competitivas. Nesta seara, entra em jogo os ativos complementares, tais como custos de produção, logística, entre outros.

O resultado referente as citações mostraram um volume de 181 citações, sendo 99 de literatura não patentária (NPL), 60 de literatura patentária a montante (PL) e 22 citações de patentes a jusante (CP) no período de 1952 a 2016 (Gráfico 22). Entre as citações de literatura não patentária, está o artigo de Nieves et al. (2003), que descreve os testes de campo de sementes artificiais de cana-de-açúcar em Cuba e relatam a dificuldade na aceitação desta tecnologia frente as do padrão convencional, em parte pelos altos custos de produção.

A descrição das principais tecnologias presentes nas citações e nos domínios tecnológicos indexados nos documentos de patente estão representados junto a distribuição temporal das citações, de forma a visualizar as mudanças tecnológicas ocorridas sobre as técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar (Gráfico 22). Observa-se que o avanço tecnológico ainda está se expandindo, principalmente para os campos tecnológicos de uso intensivo de produtos químicos, como os biocidas e reguladores de crescimento de plantas.

A primeira patente a relatar tratamento de material propagativo utilizando polímeros (hidrogel) é da década de 1970, porém somente na década de 1990, junto como o desenvolvimento de técnicas de cultivo de tecidos, é que seu uso foi mais disseminado, surgindo um maior número de documentos de patente utilizando métodos de encapsulamento de tecido embrionário. Não obstante, a indexação de documentos de patente no campo da biotecnologia é relatada somente a partir do novo milênio. Pode-se inferir que o padrão de produção de mudas pela técnica de tecidos surge na década de 1990, porém é uma tecnologia dependente de insumos químicos, os quais ainda estão sendo aprimorados. Esta constatação possibilita considerar que o padrão de produção de mudas por técnicas de cultivo de tecido se enquadraria na classificação de Teece (1986) como co-especializado, pois as tecnologias são dependentes de forma bilateral no processo inovativo. De certa forma, isto explicaria o número crescente de documentos de patente nos últimos anos, associado um “gargalo” tecnológico no desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar.

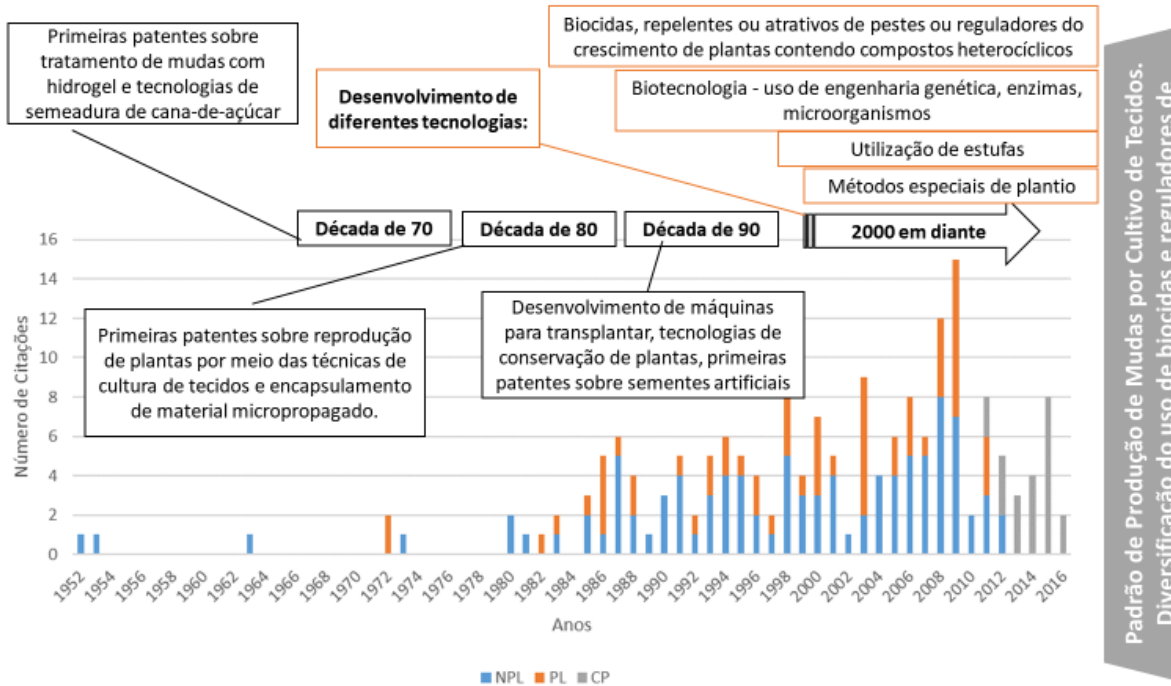


Gráfico 22: Distribuição das citações dos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar e as principais tecnologias ao longo do tempo junto da representação gráfica dos principais campos tecnológicos. N= 181. Legenda: CP = patente citante; PL= literatura patentária citada; NPL= literatura não-patentária citada.

Fonte: Elaboração própria, bases consultadas: Derwent Innovation Index e Escritório Europeu de Patentes (EPO – Espacenet).

4.3.4. Considerações do Tópico de Indicadores e métodos de dados avançado

Os resultados desta seção confirmam as tendências apontadas pelos indicadores científicos e tecnológicos e ressaltam que as tecnologias associadas à produção de mudas de cana-de-açúcar se encontram nas mesmas áreas tecnológicas para produção de novas variedades de plantas.

A relação autor-inventor mostra que a existência de verdadeiros “hubs” da inovação, revelando conexão entre quem produz a ciência e quem se apropria do conhecimento por patentes. Estes centros de excelência sobre o progresso técnica relacionado com a cana-de-açúcar estão divididos em grupos de países em sistemas de inovação “*local for local*” na China, Índia e Brasil, o qual se destaca com a participação de diversas instituições da região sudeste. No entanto, a Austrália tem a maior capacidade de transferir conhecimento em um contexto “*local for global*”, o qual é demonstrado pela cotitularidade da DuPont com a BSES Ltd no pedido de patente da semente artificial.

As convergências tecnológicas mostraram que o domínio da tecnologia para produção de mudas de cana-de-açúcar está concentrado em poucas áreas, as quais estão relacionadas com a biotecnologia, especificamente no âmbito da engenharia genética. A convergência tecnológica intra-seção vinculando as áreas de biotecnologia e química foram pouco representativas, porém ao analisar as possíveis tendências tecnológicas pelas citações de patentes, constatou-se que existe uma dependência entre ambas. A maior dependência é dada para biocidas e reguladores de crescimento em geral, o que representa o maior gargalo no avanço técnico para produção de mudas micropropagadas e sementes artificiais.

Os resultados indicam que existem mudanças no padrão de produção de mudas de cana-de-açúcar relacionados aos avanços tecnológicos em seu estado da técnica. Porém, observa-se uma coexistência de ambas trajetórias tecnológicas, a convencional e a de cultura de tecidos, dentro do paradigma “genético” e onde a dependência tecnológica é dada pela necessidade de complementaridade entre as áreas da biotecnologia e de química. Em relação a difusão das tecnologias, o foco do trabalho não analisou as características que determinam a adoção de uma em detrimento de outra, mas provavelmente estão associadas aos custos de produção e ativos complementares, tais como canais de distribuição, logística, transporte, entre outros.

4.4. Análise do Cenário Nacional

Como visto até o momento, o Brasil é o primeiro no ranking mundial produtor de cana-de-açúcar e alcança o 2º lugar no ranking das publicações científicas e 8º no ranking das famílias de patentes como país de origem, ou seja, o país é relevante na geração do conhecimento mais do que na apropriabilidade dos avanços tecnológicos por patentes. Entretanto, o país como um todo não se destaca dos demais pelo índice de impacto. Uma das explicações possíveis para este comportamento está no perfil das publicações, onde a classificação sobre pesquisa da cadeia produtiva da cana-de-açúcar e equipamentos foram as mais frequentes, mostrando certa generalidade nas pesquisas e desenvolvimento tecnológico. Do ponto de vista do perfil das instituições, os índices de impacto da USP, Embrapa e a Unicamp, refletem sua importância no estado da técnica, destacando a região sudeste como principal massa crítica, com uma rede de relacionamento entre diversas instituições de pesquisa e fomento com o próprio país, mostrando um modelo globalizado de inovação “*local for local*”. Este comportamento mostra a falta de cultura no país em integrar as empresas em projetos de P&D e atividades inovativas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005; SUZIGAN; ALBUQUERQUE, 2008), evidenciado pelo alto número de pesquisadores alocado majoritariamente no Ensino Superior, como mostrado no Gráfico 12 (p. 86).

A análise a seguir pretende mostrar o comportamento da proteção intelectual no país em termos de apropriabilidade por patentes, bem como discutir a inserção brasileira no cenário internacional em termos de avanço técnico, dependência tecnológica de ativos complementares e oportunidades de P&D.

4.4.1. Proteção Intelectual por patente

Apropriabilidade por patentes – perfil dos documentos de patente publicados no Brasil

Do ponto de vista jurídico, as patentes servem para excluir terceiros do uso e comercialização das tecnologias protegidas, portanto, os resultados sobre o perfil dos documentos publicados no país mostram os países e instituições quem detêm direitos sobre o desenvolvimento tecnológico de produção de mudas de cana-de-açúcar. Dos 419 documentos de patente publicados em território nacional (Gráfico 11, p. 84), 393 documentos possuem o mesmo número de prioridade. Deste universo, 93% correspondem a não residentes, sendo que os Estados Unidos é o principal depositante (64%), seguido da Alemanha com 28 (7%) e Reino Unido com 21 (5%) (Gráfico 23). Os documentos dos residentes foi de somente 7%. Percebe-se a posição desfavorável do país frente aos demais depositantes em seu próprio território! O baixo número de documentos de patente de residentes reflete a falta da cultura no uso de

patentes como proteção do desenvolvimento tecnológico e valor competitivo (RAVASCHIO; FARIA; QUONIAM, 2010). Entretanto, é importante destacar que a legislação nacional não permite a dupla proteção intelectual para plantas, por isso, será analisado mais à frente o perfil da proteção *sui generis* (cultivar) com o intuito de verificar se a estratégia adotada no país é preferencialmente via cultivar, o que justificaria o baixo número de patentes de residentes.

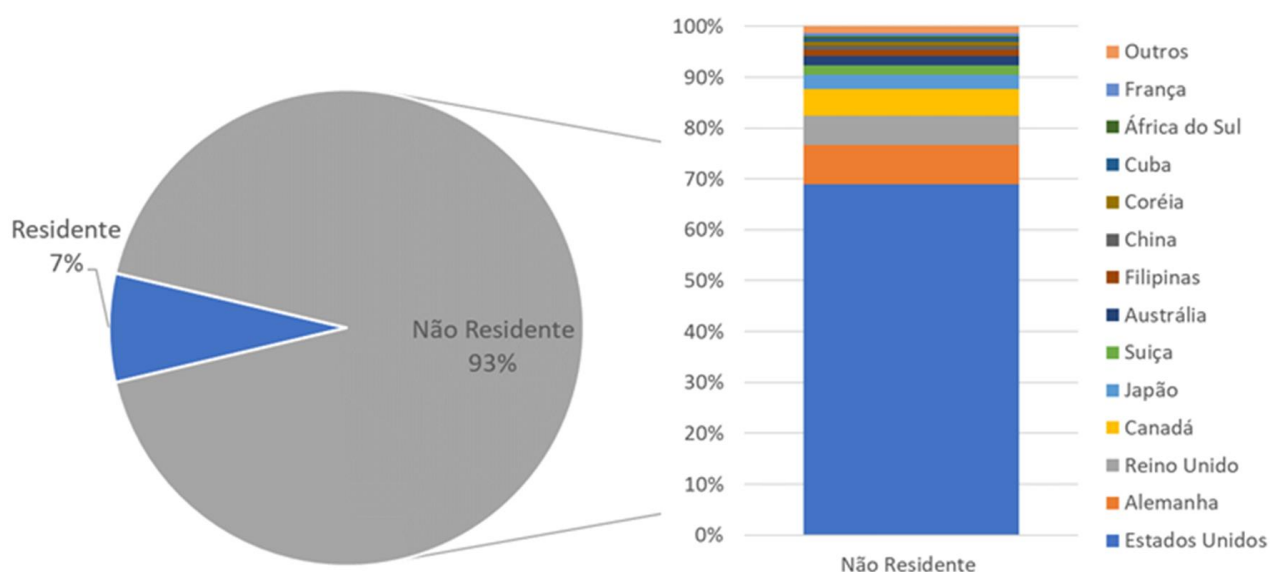


Gráfico 23: Distribuição das publicações de patentes relacionadas a produção de mudas de cana-de-açúcar no Brasil segundo o país de origem do titular. N= 393. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index.

Ao comparar estes resultados com o estudo sobre o mapeamento tecnológico da cadeia produtiva do etanol da cana-de-açúcar para o período de 1974 a 2006, percebe-se a inversão de papéis entre os Estados Unidos e o Brasil, no entanto, o foco da proteção patentária dos residentes era na maioria sobre equipamentos e processos de plantio, colheita e preparo do solo (WINTER; LIMA;; MENDES, 2014). Esta diferença pode ser atribuída pela participação das filiais brasileiras dos grandes *players* internacionais, já que a comparação das principais instituições depositantes incluía a Basf e Bayer para o período de 1974 a 2006 e a DuPont e Syngenta para o estudo subsequente abrangendo o período de 2007 a 2012 (Gráfico 24) (LIMA *et al.*, 2013). Outra diferença entre os resultados é que a participação dos países variava conforme o elo da cadeia produtiva analisado, e não foi contemplado estudos específicos para técnicas de produção de mudas ou melhoramento vegetal. De fato, no estudo anterior, a

classificação internacional de patente referente a processos biotecnológicos ligados a produção de etanol (C12N) não apresentava mais uma liderança brasileira. Portanto, mesmo que a abrangência dos monitoramentos de patentes seja maior que a da presente pesquisa, quando a tecnologia apresenta maior conteúdo tecnológico agregado, o Brasil perde competitividade para países mais desenvolvidos.

Em relação as instituições que mais protegem por patente no país, percebe-se o mesmo padrão apresentado nos indicadores de patentes, composta por multinacionais, tais como a Basf, Syngenta, Monsanto, Bayer Cropscience e DuPont (Gráfico 24). Estes resultados reforçam o interesse econômico das empresas estrangeiras na exploração comercial de suas tecnologias, mesmo que em seus países de origem não haja um “pé de cana-de-açúcar” (LIMA *et al.*, 2013). Em adição, o perfil de muitas destas empresas está nas inovações químicas, ativos co-específicos para a produção de mudas de cana-de-açúcar.

As instituições brasileiras que se destacam são a CTC, a Santal/Grupo AGCO e a Unicamp, sendo que somente a CTC tem um pedido de patente específico para produção de mudas, mencionado na análise de citações. A empresa Santal faz parte do Grupo AGCO e as publicações de patentes são sobre equipamentos e dispositivos, especificamente para plantadeiras e colheitadeiras, enquanto que as publicações da Unicamp abrangem a engenharia genética e melhoramento. Constata-se que estas instituições estão situadas na região sudeste do país, maior pólo canavieiro e também o maior pólo de pesquisa biotecnológica pela concentração de depósitos de patentes em diversos setores, inclusive na agricultura (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005), além de serem identificadas como atores promotores da inovação na agroindústria canavieira, descrita no capítulo 2.

Cabe destacar um case de sucesso de licenciamento de tecnologia brasileira através de um MTA (Acordo de Transferência de Material Biológico) realizado em março de 2017, trata-se da construção de DNA para silenciamento do gene DELLA da cana-de-açúcar, capaz de auxiliar na regulação do crescimento da planta, aumentando a velocidade do desenvolvimento vegetal (OCTAVIANO, 2017). Esta tecnologia foi desenvolvida pelo pesquisador Marcelo Menossi, um dos autores/inventores identificados nesta pesquisa, e que representa o Instituto de Biologia (IB) da Unicamp, e o MTA foi celebrado com a Sugar Research Australia Ltd.

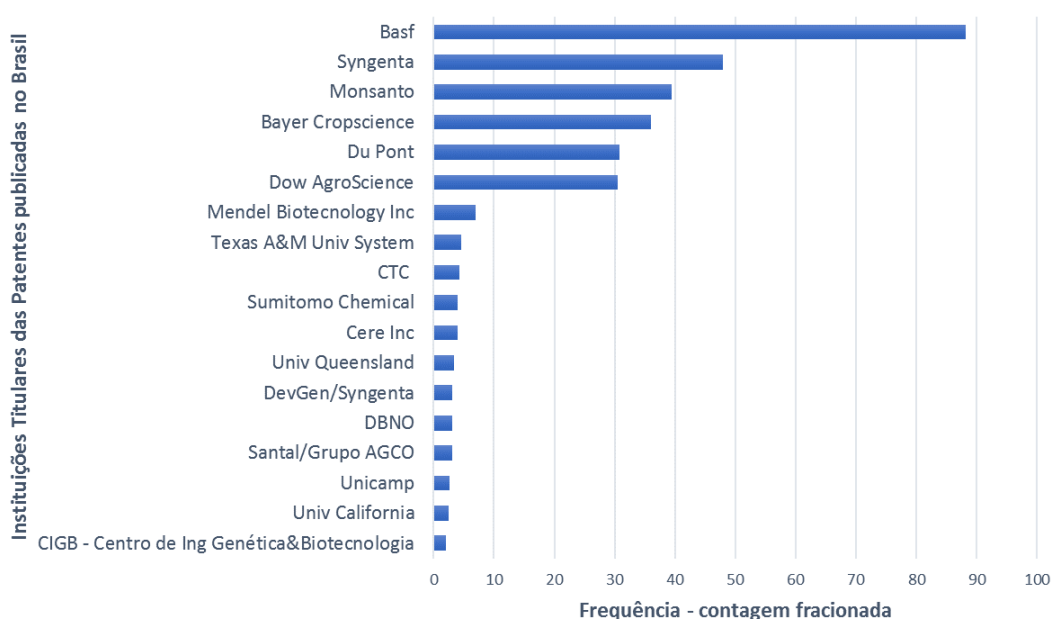


Gráfico 24: Principais instituições titulares dos documentos de patente publicados no Brasil sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N=393. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria.

Tecnologias e produtividade da cana

As principais áreas dos avanços técnicos publicados no Brasil foram a engenharia genética ou melhoramento vegetal e controle sobre doenças e pragas, apresentando certa flutuação ao longo do tempo (Gráfico 25), as quais podem ser associadas as políticas públicas de financiamento em linhas de pesquisa no período de 1999 a 2012 (SANTOS; WEHRMANN, 2016). O decréscimo no número de documentos de patente também é acompanhado pela queda de produtividade da cana-de-açúcar, medido em toneladas por hectare de lavoura colhida. O fator sazonalidade pode contribuir nestas flutuação, no entanto, a queda de produtividade anual do país já foi relatada como reflexo da crise do setor canavieiro nos últimos anos, onde diversas usinas tiveram suas atividades paralisadas (64% das usinas da região Centro-sul), e as que continuaram estavam concentradas em áreas de baixa produtividade (SANTOS; GARCIA; *et al.*, 2016). A crise pode ser percebida pelo nível de endividamento das firmas do setor canavieiro, que aumentou 15,3 a 66,3 bilhões de reais no período de 2006/2007 a 2013/2014 (Gráfico 2, p. 27). Mesmo que os dados de 2015 e 2016 ainda sejam parciais, pode-se interpretar que, o baixo número de documentos de patente a partir de 2011, é devido à falta de investimento da agroindústria canavieira, principal fornecedor da cana no país, ademais de fatores climáticos.

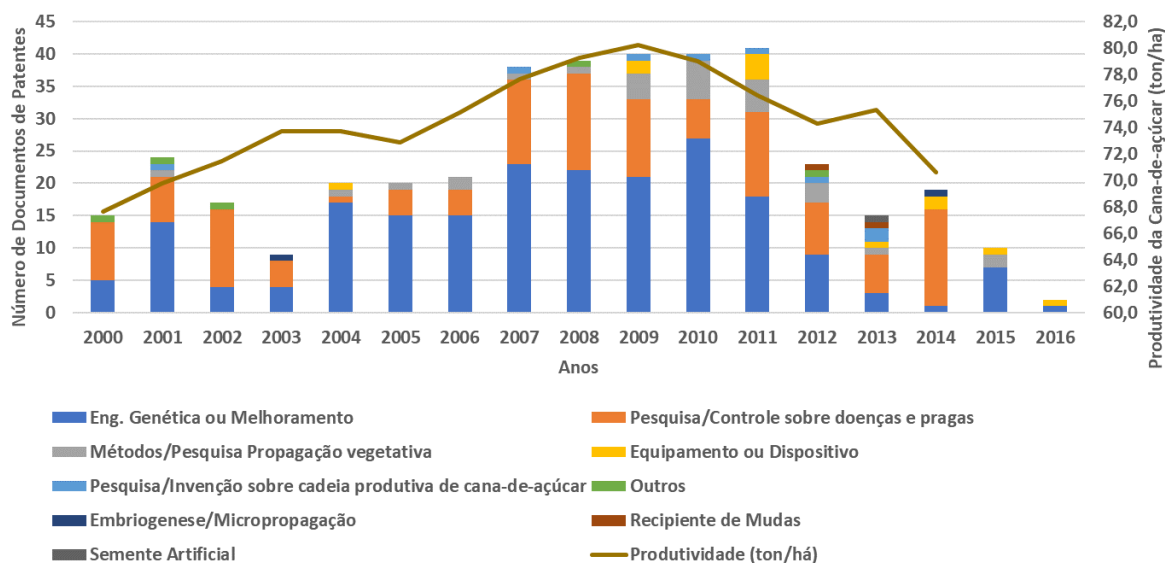


Gráfico 25: Documentos de patente publicados no Brasil sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar segundo ano de publicação e de acordo com o agrupamento, comparado com a produtividade da cana-de-açúcar no Brasil (toneladas por hectare). N=393. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, base Derwent Innovation Index e (FAO, 2017)

Analisando as trajetórias tecnológicas sobre controle de doenças e pragas e o perfil das instituições que mais possuem patentes, constata-se uma relação estreita entre a capacidade tecnológica destas empresas (setor químico) e as complementaridades co-específicas do setor agrícola. A título de exemplo, o Gráfico 26 mostra a balança comercial para os defensivos agrícolas e reguladores de crescimento no estado de São Paulo comparado com a safra de cana-de-açúcar no período de 2000 a 2016, demonstrando que o aumento destes insumos é proporcional a expansão agrícola, apesar das pressões socioambientais para diminuir o seu uso (MORILHAS, 2012; SOUZA, K. R. DE, 2013). Entre estes insumos, destacam-se os biocidas e inibidores de germinação, citados nos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar, com predominância das instituições do setor químico, ex. Basf. O Gráfico mostra claramente que a balança comercial é negativa, evidenciando a dependência de um insumo crucial no processo de produção de mudas de cana-de-açúcar, o que acaba gerando uma dependência tecnológica, já que muitas tecnologias protegidas por patentes utilizam insumos específicos que garantem maior produtividade. Em adição, existem ao menos duas averbações de transferência de tecnologia registradas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) relacionadas com defensivos agrícolas: i) entre a DuPont e a Ouro Fino

Química Ltda de outubro de 2016 para fornecimento de tecnologia; ii) entre a Basf e Alta - América Latina Tecnologia Agrícola Ltda de outubro de 2014 para exploração de patente.

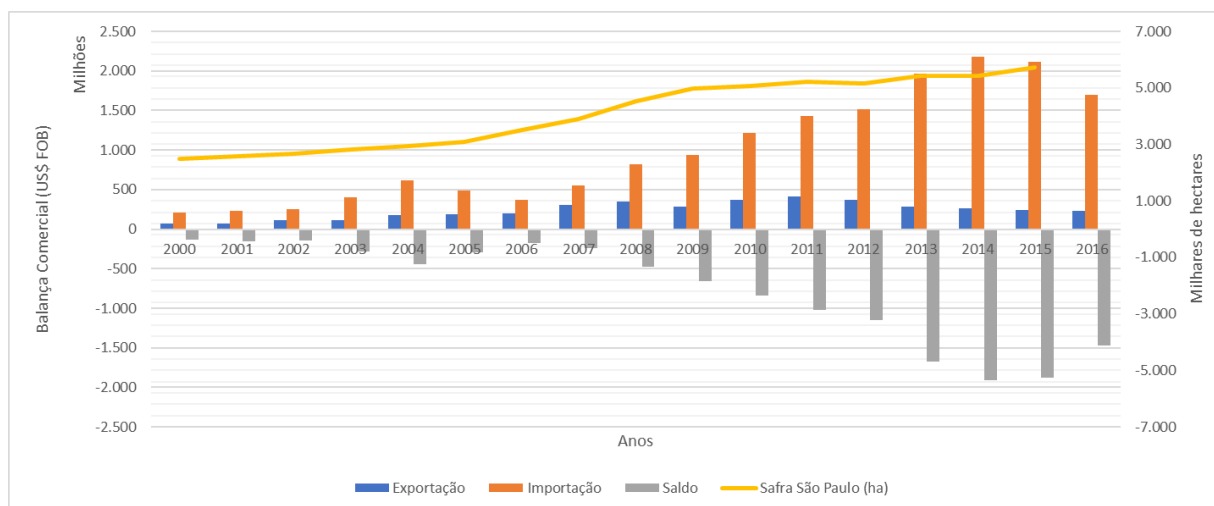


Gráfico 26: Comparação da Balança comercial de insumos agrícolas (biocidas e reguladores de crescimento) e a safra anual da cana-de-açúcar para o estado de São Paulo. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados (MDIC e IBGE).

4.4.2. Impacto da pesquisa científica e tecnológico brasileira

A Tabela 21 mostra os resultados referente aos documentos publicados por autores e inventores brasileiros sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. Observa-se que o país está desenvolvendo pesquisa em áreas mais genéricas, envolvendo estudos sobre a cadeia produtiva da cana-de-açúcar e “outros”, o que se justifica pela necessidade de desenvolver variedades mais resistentes as mudanças climáticas e as tendências do setor da cana-energia. Entretanto, as diferenças nos índices de impacto entre artigos e patentes demonstra que o país tem capacidade técnica para produzir conhecimento em diversas áreas (massa crítica), destacando tecnologias de ponta como as técnicas de engenharia genética da cana-de-açúcar, porém não consegue traduzir o conhecimento em progresso técnico protegido por patentes.

Entre as tecnologias emergentes destacadas nos indicadores científicos e de patentes, estão as tecnologias de embriogênese/micropropagação e criopreservação, referenciadas nos padrões de produção de mudas por técnicas de cultivo de tecidos. O avanço técnico no país ainda está na fase da ciência, com poucos pedidos de patentes nesta área. Entre as patentes, está a tecnologia da CTC sobre produção de propágulos por micropropagação do meristema apical

e encapsulado (mencionado na análise de citação), com promessa de entrar no mercado ainda este ano. No entanto, esta tecnologia deverá concorrer com as produzidas pelos grandes *players* no setor de sementes, a DuPont, Basf, Bayer Cropscience e Syngenta, todas com atuação no mesmo segmento de tecnologias de produção de mudas por técnicas de cultivo de tecidos. O impacto destas tecnologias no setor canavieiro deve ser estudado com atenção, pois envolve não só uma mudança no padrão de produção, mas uma mudança de paradigma na cultura brasileira, já que tradicionalmente o fornecimento de mudas é realizado pelo próprio produtor agrícola através do padrão convencional.

A diferença entre produção científica e tecnológica é mais evidente ao compreender o perfil das instituições brasileiras envolvidas nos avanços tecnológicos da produção de mudas de cana e as formas de proteção intelectual preferencial no país.

Tabela 21: Número de Publicações científicas com a participação de autores brasileiros e número de documentos de patente com o Brasil como país de origem. Período: 2000 – 2016.

Classificação dos Documentos Recuperados com participação do Brasil	Total	Publicação Científica		Documento de Patente	
		Número de Documentos	Índice de Impacto	No de Documentos	Índice de Impacto
Pesquisa/Invenção sobre cadeia produtiva de cana-de-açúcar	126	123	8,9	3	0
Eng. Genética ou Melhoramento	65	58	13,3	7	0
Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	33	31	7,9	2	4,5
Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	19	16	10,3	3	0,67
Embriogênese/Micropropagação	12	10	4,6	2	1
Equipamento ou Dispositivo	10	0	0,0	10	0,2
Recipiente de Mudas	2	0	0,0	2	0
Criopreservação	1	1	2,0		0
Outros	11	11	10,5		0
Total Geral	79	250	9,8	29	0,52

Fonte: Elaboração própria, bases Web of Science e Derwent Innovation Index.

4.4.3. Principais instituições brasileiras

O ranking das instituições brasileiras que participaram nas publicações científicas e na titularidade dos documentos de patente está representado no Gráfico 27 e o perfil de atuação está descrito no Quadro 6. A maioria das instituições é composta de universidades, o que vai ao encontro da pesquisa realizada pelos autores Nyko *et al.* (2013), os quais evidenciam que o

aporte de recursos não reembolsáveis para o desenvolvimento da cana é mais destinado para as universidades e institutos de pesquisa, indicando uma “menor capacidade de gerar inovações no curto e no médio prazos” (p.433). Desta forma, os presentes resultados mostram as evidências empíricas das políticas públicas e a repercussão destas medidas no desempenho tecnológico frente aos demais atores no país.

Entre as principais universidades, destacam-se a USP-ESALQ e a Unicamp, mostrando sua importância na geração do conhecimento através de um número grande de publicações científicas e sua capacidade de transformar a pesquisa básica em aplicada. Apesar da proporção no número de patentes ser baixo, o caso de sucesso mencionado anteriormente entre o IB e a empresa australiana, coloca o país em uma posição mais favorável.

A Embrapa e o IAC se destacam no número de publicações científicas, porém, somente a Embrapa tem participação em patente, o que denota o caráter de produzir ciência mais do que fomentar inovações tecnológicas para o mercado.

A CTC é a única empresa nas top 15, com participação tanto em publicações científicas como em patentes, o que demonstra o direcionamento da P&D está voltado para tecnologias aplicadas ao mercado. Entretanto, a adoção destas tecnologias protegidas no mercado brasileiro dependerá de fatores relacionados com a mudança tecnológica: a oferta e demanda dos novos padrões de produção de mudas de cana-de-açúcar, a capacidade de difusão tecnológica, as condições socioeconômicas do produtor, do aprendizado tecnológico e dos ativos complementares. Não basta ter a tecnologia, tem que ter os canais necessários para inserir a tecnologia com maior capacidade competitiva frente as multinacionais atuantes no país.

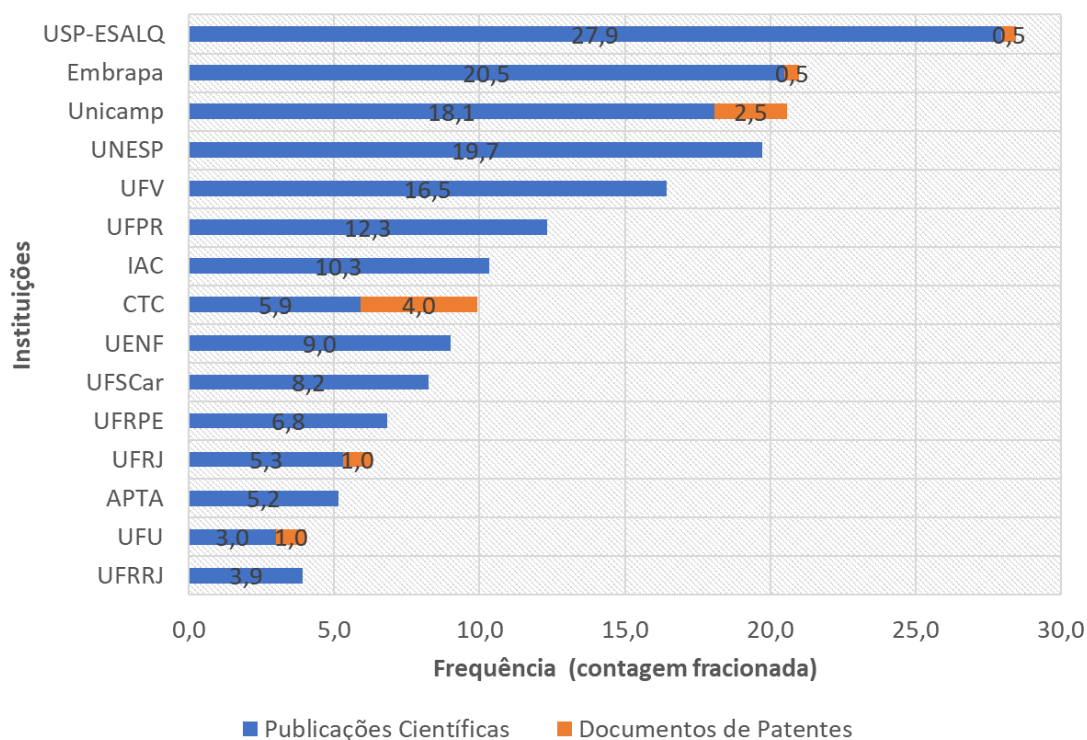


Gráfico 27: Frequência por contagem fracionada de participação das instituições brasileiras nas publicações científicas e nos documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. N= 279. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, bases Web of Science e Derwent Innovation Index.

A maioria das pesquisas está direcionada para o melhoramento vegetal utilizando técnicas de engenharia genética (Quadro 6), mostrando coerência com os investimentos do PAISS entre 1999 e 2012. Um dos argumentos para trabalhar com transgênicos é a vantagem de produzir uma nova variedade em menor tempo e custo frente ao melhoramento convencional (CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, 2013).

As tecnologias emergentes estão associadas a preservação do material propagativo, tais como a criopreservação ou dessecação, pesquisas realizadas pela Embrapa e a Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Quadro 6: Perfil das Instituições Brasileiras e a principal contribuição ao estado da técnica sobre produção de mudas de cana-de-açúcar.

Continua

Continuação

Instituição	UF	Tipo de Instituição	Perfil das publicações e documentos de patente
USP - ESALQ	SP	Universidade	As principais áreas de atuação são: instabilidade genética durante a micropropagação da cana-de-açúcar e seu efeito na produtividade agrícola; Estresse no cádmio em culturas de calo de cana-de-açúcar: efeito sobre enzimas antioxidantes; Fitopatina de enraizamento e de brotação de cana-de-açúcar relacionada à fertilização nitrogenada no plantio; análise do microtranscriptome da cana associados ao crescimento de brotos axilares.
Embrapa		Centro de Pesquisa do setor público	Diversas unidades do Embrapa têm atuado em parceria com universidades nacionais e internacionais, destacando-se majoritariamente nas pesquisas sobre a cadeia produtiva da cana-de-açúcar. Entretanto, possui publicações sobre a sobrevivência da brotação de cana-de-açúcar após criopreservação por vitrificação (droplet-vitrification) e um estudo sobre o rendimento de variedades de cana-de-açúcar micropropagadas em diferentes tipos de solo após a inoculação com bactérias diazotróficas.
Unicamp	SP	Universidade	As principais pesquisas estão na área de engenharia genética e estudos sobre a cadeia produtiva da cana. Entre elas, está a descrição e produção de cana-de-açúcar geneticamente modificada (artigo e patente).
UNESP	SP	Universidade	Pesquisa sobre enraizamento da cana-de-açúcar.
UFV	MG	Universidade	Pesquisa utilizando cultura de tecido para induzir tolerância à dessecação (desiccation).
UFPR	PR	Universidade	Estudos sobre variação e estabilidade de clones, embriogênese somática e aplicação de bioestimulantes em minirebolo para brotação de cana-de-açúcar.
IAC	SP	Centro de Pesquisa público	Estudos gerais sobre a cana-de-açúcar, envolvendo fisiologia vegetal, tolerância a estresse hídrico e sobre doenças e pragas.
CTC	SP	Empresa	Possui patentes sobre propágulos de cana-de-açúcar obtidos por micropropagação, além da descrição de uma adaptação de colheitadeira para plantação de mudas. As pesquisas abrangem áreas diversas, como os estudos sobre brotação da cana, conteúdo de açúcar e engenharia genética.
UENF	RJ	Universidade	Estudos sobre calo embriogênica e não-embriogênica.
UFSCar	SP	Universidade	Estudos sobre instabilidade genética na micropropagação da cana-de-açúcar e estudos gerais sobre resistência a doenças e pragas.
UFRPE	PE	Universidade	Métodos de propagação <i>in vitro</i> a diferentes concentrações de nitrogênio e/ou antibióticos, estudos de aclimação de propágulos em estufa.
UFRJ	RJ	Universidade	Estudos sobre engenharia genética da cana-de-açúcar, expressão gênica vinculada a tolerância a seca, aumento de biomassa etc.
APTA	SP	Agência de Fomento	de Agência de fomento, envolvida no financiamento de diversas universidades, destacando a Unesp como principal parceria.
UFU	MG	Universidade	Uma patente sobre recipiente biodegradável para mudas e pesquisas voltadas para a cadeia produtiva da cana-de-açúcar.

UFRRJ	RJ	Universidade	Estudo sobre inoculação de variedades micropropagadas de cana com bactéria <i>Diazotrophic</i> .
-------	----	--------------	--

4.4.4. Proteção por Cultivares

Com o intuito de comparar as formas de proteção intelectual associado ao desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar e produção de mudas, realizou-se um levantamento das cultivares de cana-de-açúcar no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no período de 2000 a 2016. Cabe destacar que o RNC tem por finalidade “habilitar previamente cultivares e espécies para a produção e a comercialização de sementes e mudas no país” (MAPA, 2017), porém a proteção depende do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC). Estes resultados foram comparados com o levantamento das publicações científicas e documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar com a participação de instituições brasileiras. Os resultados mostram flutuações ao longo do tempo, onde o número de registro anual de cultivares variou de 1 a 18, com certa alternância em comparação as publicações científicas e documentos de patente sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar no mesmo período. Em termos de volume, o número de registros de cultivares de cana-de-açúcar foi de 110, menos da metade que as publicações científicas (250) e bem superior as publicações de patentes. A relação entre as variáveis apresentou um coeficiente de Pearson fraco ($\rho < 3$), tanto entre as variáveis cultivares e artigos, como cultivares e patentes, em ambos períodos analisados (Tabela 22). Este resultado mostra que não existe uma relação entre o avanço científico ou tecnológico e a proteção por cultivar, o que pode ser consequência do prazo excessivamente longo em produzir uma nova variedade de planta no setor canavieiro. Outra explicação plausível é relacionado ao custo da produção da cana que é inferior quando comparada a outras culturas, como o milho e a soja, fazendo que os mecanismos de apropriabilidade para o detentor da tecnologia não sejam atrativos (NYKO *et al.*, 2013). Este custo inferior se deve ao padrão convencional de produção de mudas, cujo rendimento no plantio e colheita mecanizado é prejudicado pelos danos causados nas gemas dos rebolos. Vislumbra-se como solução a mudança de tecnologia e de padrão de produção, o qual implicaria em profundas mudanças nas práticas agrícolas e máquinas plantadeiras. Apesar dos autores Nyko *et al.* (2013) mencionarem que este novo padrão de produção no setor canavieiro brasileiro teria um custo menor de produção comparado com o padrão convencional, na Índia tem-se relatado o fechamento de boa

parte das instalações de mudas produzidas pela técnica de cultura de tecidos pelo elevado custo na infraestrutura e testes de qualidade das mudas (KAUR; SANDHU, 2015). Portanto, uma mudança de padrão de produção deve contemplar toda a logística, planejamento e o ambiente institucional que garanta ao produtor ganhos de rentabilidade sobre a adoção de uma inovação tecnológica.

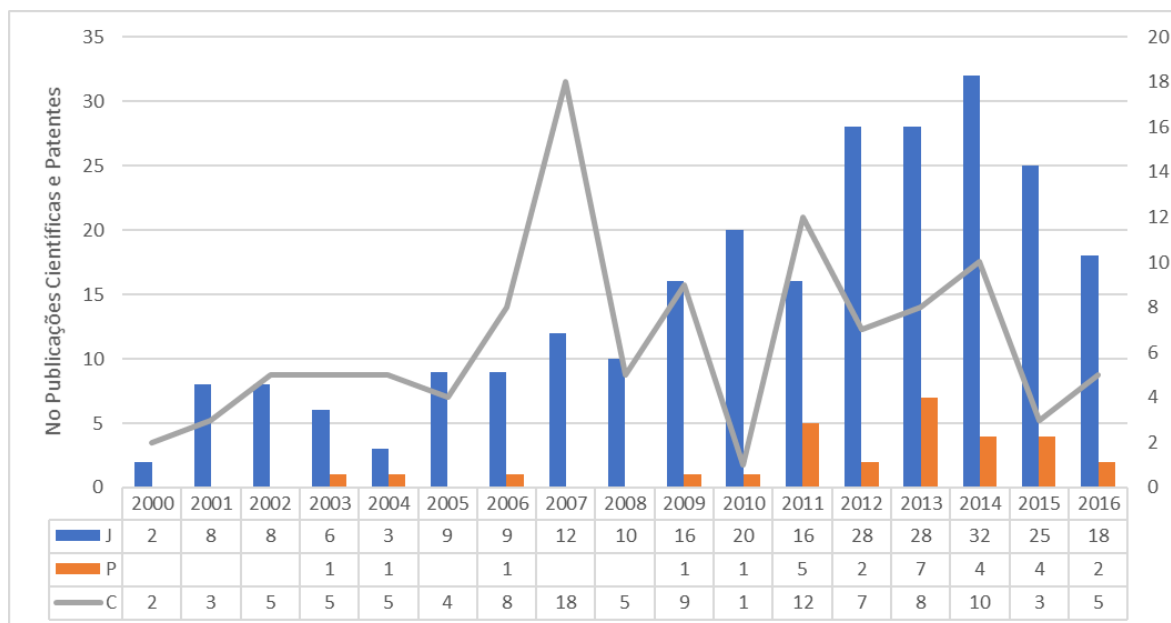


Gráfico 28: Evolução temporal dos registros de cultivares comparados ao número de publicações científicas e documentos de patente de origem brasileira sobre técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. Legenda: J = artigos; P= patentes; C=cultivares. N_{cultivares}= 110; N_{artigos}=250; N_{patentes}=29. Período: 2000-2016.

Fonte: Elaboração própria, bases Web of Science, Derwent Innovation Index e RNC.

Tabela 22 - Coeficiente de Pearson calculado entre as variáveis: registros de cultivares e as famílias de patentes sobre propagação vegetativa e produção de mudas de cana-de-açúcar, de origem brasileira e dos documentos de patente publicados no país, em dois períodos.

Variáveis	Coeficiente de Pearson	
	Período 2000-2016	Período 2002-2014
Entre Cultivares e Publicações Científicas	0,212	0,179
Entre Cultivares e Documentos de patente	0,211	0,219

Fonte: Elaboração própria.

As instituições que mais registraram cultivares de cana-de-açúcar no período analisado foram as empresas CTC e Monsanto, seguindo do IAC e Ridesa (Tabela 23). Porém, ao analisar

a evolução temporal dos registros, percebe-se maior constância das empresas e do IAC frente a Ridesa.

Tabela 23: Registro Nacional de Cultivares de Cana-de-Açúcar por mantenedor. Período 2000-2016.

Mantenedores	Número de Registro de Cultivares
Empresas	
CTC - Centro de Tecnologia Canavieira S/A	32
Monsanto do Brasil Ltda	22
COPERSUCAR (atual CTC)	9
Biovertis Produção Agrícola Ltda	2
Agropav Agropecuária Ltda	1
Usina da Barra S/A Açúcar e Álcool	1
Ridesa	
Djalma Euzébio Simões Neto	6
Universidade Federal de Alagoas	6
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar	4
Universidade Federal do Paraná	3
Universidade Federal de Viçosa-UFV	3
Hermann Paulo Hoffmann	2
Governo	
Instituto Agrônomo - IAC	18
Outros	
Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC	1
Total	110

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do Registro Nacional de Cultivares – RNC (MAPA, 2017).

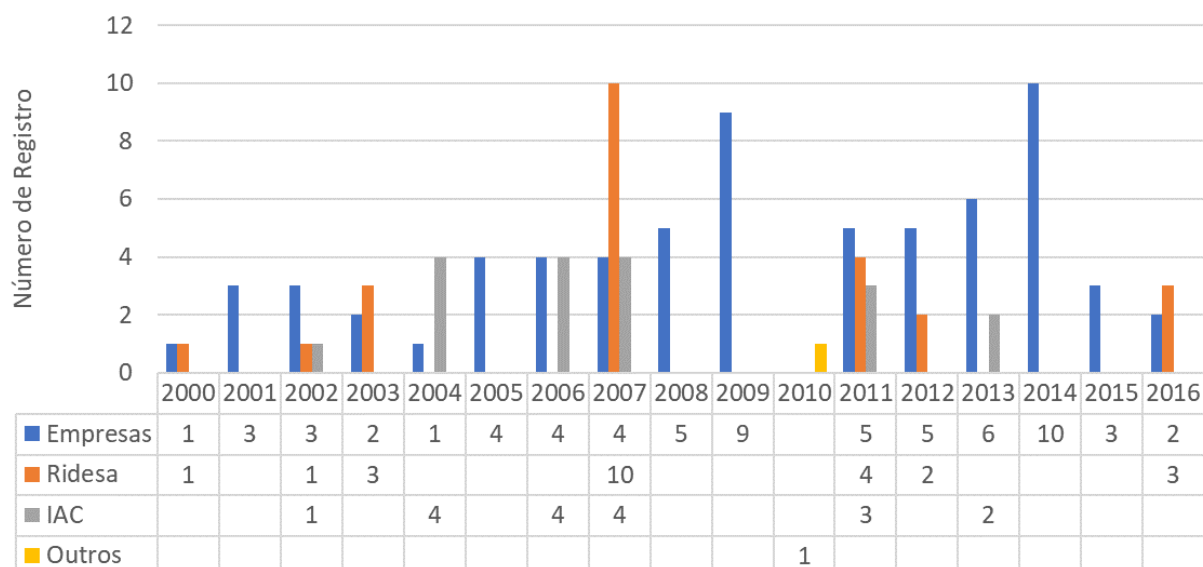


Gráfico 29: Distribuição temporal dos registros de cultivares de cana-de-açúcar por tipo de mantenedor. N=110. Período: 2000 a 2016.

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do Registro Nacional de Cultivares – RNC (MAPA, 2017).

4.4.5. Considerações sobre o tópico

A análise do cenário nacional mostrou que, apesar do país ter um domínio do conhecimento científico, ele não converte este conhecimento em avanço técnico protegido por patentes, com raras exceções, deixando o país no papel de “gerador de conhecimento”. Esta característica, faz do país dependente de tecnologias estrangeiras, fato que se corrobora com o volume de documentos de patente depositadas no país com ampla participação de empresas multinacionais. A massa crítica da pesquisa básica e aplicada brasileira é concentrada na região sudeste, o que cumpre um papel importante na atração de investimento direto estrangeiro e na atuação das multinacionais no país. Apesar do destaque da CTC no desenvolvimento de mudas com o novo padrão tecnológico, ela deverá concorrer com estas grandes empresas que, como mostrado na seção anterior, possuem tecnologias concorrentes que ainda não foram disponibilizadas em grande escala no mercado nacional.

A participação das empresas multinacionais tem mostrado o interesse crescente em inovações tecnológicas complementares (inovações químicas), fazendo-se valer de suas vantagens competitivas na indústria química para ampliar sua participação no mercado da cana-de-açúcar. Esta estratégia se reflete pela apropriação do avanço técnico por patentes, porém, no presente estudo não foi analisado a internacionalização das invenções, medido pela origem dos depositantes e inventores⁶⁰, portanto, não há como saber quanto do conhecimento apropriado pelas empresas estrangeiras teve a colaboração de pesquisadores nacionais. Este pode ser um ponto a ser trabalhado em pesquisas futuras.

Outra vantagem das empresas multinacionais frente a CTC em relação a produção de mudas de cana-de-açúcar pelo padrão de cultivo de tecidos é nos ativos complementares, tais como a marca mundialmente reconhecida de seus produtos, canais de distribuição, logística, e capital de investimento, entre outros.

Um fator desfavorável para o cenário nacional é a crise econômica que vem afetando o setor canavieiro desde 2010, no qual, se reflete na queda de produtividade e no investimento em P&D

⁶⁰ Infelizmente a base Derwent não exporta os dados sobre a origem dos inventores, inviabilizando a análise da internacionalização das invenções.

em inovações agrícolas. A descontinuidade das políticas públicas para o setor, tanto do ambiente institucional (regulatório e financiamento) como nas fusões e aquisições das empresas, fazem com que o SPIS sofra mudanças em sua base tecnológica e, portanto, afetando a implementação de inovações relacionadas com técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. Ademais, pelo que foi observado nos avanços técnicos, existe conhecimento e tecnologia disponível para mudar o padrão de produção de mudas no país, afetando o paradigma vigente, porém dependem de fatores exógenos a sua inovação, que estão relacionadas com a adaptação das máquinas agrícolas, logística, infraestrutura, na estrutura verticalizada do setor canavieiro, na difusão da tecnologia na cadeia produtiva da cana e no levantamento dos custos de produção de mudas em ambos padrões. Portanto, é mais provável a coexistência de trajetórias tecnológicas na produção de mudas no país em um período de médio e longo prazo. Estudos futuros devem analisar estes fatores de tal forma a orientar as políticas públicas e os empresários do setor canavieiro. Visto que o Brasil ainda apresenta a tendência de manter o padrão convencional de produção de mudas e sistema de plantio, o investimento pode estar direcionado mais para a produção de novas cultivares do que para a pesquisa sobre padrão de produção de mudas por cultivo de tecidos, incluindo as sementes artificiais.

CONCLUSÕES E ENCAMINHAMENTOS

A presente tese conseguiu evidenciar as mudanças no padrão de produção de mudas de cana-de-açúcar relacionados aos avanços tecnológicos em seu estado da técnica no período de 2000 a 2016. Observa-se que os esforços em P&D estão voltados para o padrão de técnicas de cultivo de tecidos, sugerindo a coexistência de trajetórias tecnológicas sob o paradigma da biotecnologia ou “genético”.

Os direitos de propriedade intelectual associado as tecnologias de produção de mudas, mostra uma forte tendência na proteção por patentes, dominada pelas mesmas empresas que atuam no segmento de sementes e na indústria química, enquadrando-se como fonte de inovação na classificação “fontes privadas de organização empresarial industrial”. Este fato mostra a estratégia dos atores na apropriação do avanço técnico nos países produtores de cana-de-açúcar.

As principais tecnologias associadas à produção de mudas de cana-de-açúcar são as mesmas empregadas no melhoramento genético, o que trouxe uma maior complexidade na análise dos resultados utilizando indicadores de atividade científica e tecnológica. Entretanto, o emprego de métodos analíticos de dados avançados permitiu compreender as tendências tecnológicas com maior precisão.

Os indicadores científicos e tecnológicos mostraram ser uma ferramenta adequada para estudar e analisar os avanços tecnológicos sobre as técnicas de produção de mudas de cana-de-açúcar. Os resultados dos 3.747 documentos no período de 1945 a 2016 mostraram que esta temática está em plena expansão nos últimos anos, com uma proporção favorável aos documentos de patente, o que indica que o conhecimento científico foi incorporado no desenvolvimento tecnológico, principalmente após 2000. O aumento do volume de documentos acompanhou a curva de crescimento da produtividade mundial de cana-de-açúcar (t/ha), apesar que a partir de 2009 foi observada uma queda gradativa, com taxa média de crescimento de -0,53. Esta diminuição paulatina pode estar associada a queda de produtividade brasileira, relatada na literatura como consequência de uma grave crise econômica no setor canavieiro. Entretanto, também pode ser seqüela de mudanças climáticas e da expansão agrícola para cultivo de cana-de-açúcar em áreas com baixa produtividade, já que coincidiu com a queda do teor de ATR na cana moída para o mesmo período.

A análise geral dos documentos recuperados por período mostrou que o número de publicações inicialmente deve estar mais associado a fatores técnicos, como uso da biotecnologia aplicado à cana-de-açúcar, do que às pressões ambientais, já que o maior aumento de documentos e produtividade foi de 1997 a 2016, com um índice P/J de 16,5. O aumento nestes últimos 20 anos pode estar relacionado tanto na corrida por energias renováveis, ligado a pressões ambientais, como em decorrência ao melhor uso da propriedade intelectual ao redor do mundo. De qualquer forma, fica evidente que a ciência tem sido incorporada no desenvolvimento tecnológico, mostrando que a tecnologia da produção de mudas de cana-de-açúcar está em amadurecimento, ainda não consolidada, visto que ainda apresenta uma forte relação com a área científica.

Os critérios utilizados no agrupamento dos documentos mostraram coerência em relação as áreas de pesquisa dos artigos e da classificação Derwent. Os resultados do agrupamento revelaram variações entre científicos e documentos de patente. Nas publicações científicas, o principal foco está no estudo geral da cana-de-açúcar, que contempla a utilização de modelagem computacional, estudos sobre a tolerância de plantas à estres hídrico ou escassez de nutrientes, bem como métodos de plantio. Enquanto que os documentos de patente estavam direcionados para a Engenharia Genética ou Melhoramento Vegetal e Controle de Doenças e Pragas.

Em relação a atuação dos países, constatou-se que os maiores produtores de cana-de-açúcar são os que mais publicam artigos, porém em relação inversa: O Brasil é o líder no ranking mundial de produção de cana, porém perde para a Índia em número de publicações científicas. Esta diferença pode estar atrelada ao perfil populacional e institucional de cada país, já que a Índia possui uma população 4 vezes maior que o Brasil, além de publicar seus artigos na revista do maior instituto voltado para pesquisa agropecuária, em especial para pesquisa sobre a cana-de-açúcar, o Instituto Indiano de Pesquisa em Cana-de-açúcar (IISR). No entanto, o índice de impacto de ambos países foi inferior a diversos países desenvolvidos, como França, Alemanha, Austrália e Estados Unidos, o que indica a dificuldade em difundir o conhecimento gerado em seus países de origem. A atuação das instituições mostrou a USP-ESALQ em 6º lugar com índices de impacto equivalente à França, o que demonstra a capacidade em desenvolvimento de pesquisa envolvendo técnicas de produção de cana. Contudo, as redes de relacionamento mostram grupos de pesquisa articulados em um sistema de globalização da inovação “*local for local*”, em contraste com a Austrália que aparece com diversas instituições articuladas em um modelo de hélice tripla: universidade (Queensland University), empresa (BSES Ltd.) e governo (CSIRO). A participação da China, terceiro produtor mundial de cana-de-açúcar, nas

publicações científicas foi inferior à sua atuação em patentes, o que pode denotar a estratégia agressiva do país em proteger seus avanços tecnológicos por patentes, servindo de barreira de entrada a tecnologias estrangeiras e estipulando o estado da técnica (“novidade”), utilizado como um critério na análise de patenteabilidade no sistema de patentes.

O perfil da atuação dos países e instituições dos indicadores de patentes mostrou resultados diferentes dos científicos, onde a participação de países desenvolvidos foi marcante, mostrando o interesse comercial em aplicar inovações complementares (inovações químicas) às atividades agrícolas no desenvolvimento de tecnologias envolvendo a cana-de-açúcar. As principais empresas titulares dos documentos de patente são voltadas para a indústria química e são compostas de grandes *players* internacionais que já atuam no mercado brasileiro de sementes: Basf, DuPont, Syngenta, Monsanto e a Bayer Crop Science.

Em relação as fontes de inovação no setor canavieiro, os maiores produtores de cana do mundo (Brasil, Índia e China), mostram uma forte participação das instituições públicas, classificadas como “fontes institucionais públicas”, o que mostra a dependência de investimentos públicos na P&D no setor canavieiro. A forte participação das multinacionais, compreendidas como “fontes privadas de organização empresarial industrial”, denota o interesse nesta forma de apropriação para obter retorno econômico e servir de barreira à entrada de novas inovações. No entanto, a patente não é o único mecanismo de apropriação, muitas delas utilizam como ativo complementar a marca e a logística das empresas na distribuição de suas mercadorias nos países onde atuam. Esta complementaridade, permite as empresas vantagens competitivas frente as “fontes institucionais públicas”.

Os indicadores científicos e tecnológicos permitiram identificar as tecnologias emergentes, as quais, estão associadas ao principal gargalo tecnológico para produção de mudas pelo padrão de cultivo de tecidos: embriogênese/micropropagação, a criopreservação e as sementes artificiais de cana-de-açúcar.

Apesar da presente tese não ter avaliado a internacionalização das invenções, comparando o país de origem do autor e do titular, percebe-se através desta análise autor-inventor, que as atividades inventivas tomam lugar cada vez mais a nível internacional (globalização da inovação), onde são criadas alianças entre pesquisadores e empresas no intuito de criar sinergias e complementaridades em pesquisa e adquirir novas habilidades tecnológicas. A Austrália mostrou ser o grupo líder de pesquisa no mundo, com uma rede de articulação entre diferentes países, denotando um modelo de globalização da inovação de “*local for global*”. A China

também se destaca, com diversos grupos de pesquisa voltados para dentro do país, em um modelo similar ao brasileiro, “*local for local*”, reforçando seu papel de criar dificuldade na proteção intelectual em seu país. Já o Brasil, tem um grupo de pesquisa, vinculando a universidade (USP-ESALQ) com empresa, a CTC, o que mostra capacidade de inovação no setor canavieiro. A principal área de interesse entre autores e inventores foi a Engenharia Genética ou Melhoramento Vegetal, mostrando o vínculo entre ciência e tecnologia nesta área do conhecimento.

As taxas de convergência tecnológica mostraram concentração em poucos domínios tecnológicos, porém suas curvas mostram crescimento constante ao longo do tempo, as quais coincidem com as trajetórias das tecnologias de engenharia genética ou melhoramento e as tecnologias sobre controle de doenças e pragas. A maior taxa foi de 8,36% para convergência intra-seção abrangendo majoritariamente os domínios de biotecnologia e a indústria da fermentação em 2014.

A análise de citação permitiu compreender as trajetórias tecnológicas voltadas especificamente para produção de mudas e sementes artificiais de cana-de-açúcar, bem como vislumbrar as tendências tecnológicas. O padrão de produção de mudas por cultivo de tecidos foi destacado entre diferentes empresas, Basf, Syngenta, DuPont em parceria com a BSES Ltd., e a CTC, todas com proteção no Brasil. Em relação as tendências tecnológicas, podemos apontar a área de química como uma inovação coespecífica fundamental no processo de obtenção de mudas saudáveis.

Enquanto ao cenário brasileiro, percebe-se a posição desfavorável do país em termos de proteção patentária, porém com alta capacidade de gerar conhecimento básico e aplicado, além de uma diferença regional muito grande, com forte participação dos atores da região sudeste. Esta diferença não é só fruto da falta de cultura do país em promover a inovação através da interação universidade e empresa, mas fruto da descontinuidade de políticas públicas voltadas para dar suporte as empresas a investirem em inovações. Apesar do setor canavieiro ter atores importantes em um sistema de inovação, o sistema verticalizado faz com que o mesmo empresário seja o investidor na área industrial e na área agrícola, dificultando os investimentos voltados para produção mais eficiente de mudas de cana-de-açúcar.

A relação entre artigos e cultivares e patentes e cultivares não mostrou uma relação linear, dificultando a compreensão do tempo necessário para transformar o conhecimento empregado

nas técnicas de propagação vegetativa, as mesmas que são utilizadas para melhoramento genético e produção de mudas, em um ativo protegido.

Pode-se concluir que este trabalho permitiu compreender a complexidade das tecnologias envolvidas nos padrões de produção de mudas de cana-de-açúcar, onde o principal foco dos artigos e de patentes está no padrão por técnicas de cultivo de tecido. No mercado nacional, ainda há promessas de lançamento destas tecnologias, no entanto, o padrão vigente é o padrão convencional. No que tange a mudança de trajetórias tecnológicas, percebe-se que ambas trajetórias coexistem no mercado mundial e, pelo que foi mostrado nesta pesquisa, a tendência é que o mesmo acontecerá no mercado nacional.

A partir desta pesquisa de tese é possível traçar linhas de pesquisa para compreender melhor o impacto desta “nova” trajetória tecnológica, vislumbra-se assim:

- Pesquisa sobre os custos de produção de mudas de cana-de-açúcar pelo padrão convencional versus padrão por técnicas de cultivo de tecido;
- Pesquisa sobre a difusão das tecnologias associadas a produção de mudas de cana-de-açúcar nas regiões produtoras de cana no Brasil: Centro-Sul; Centro-Oeste e Nordeste;
- Monitoramento contínuo das trajetórias tecnológicas associadas as tecnologias emergentes: micropropagação, semente artificial e criopreservação da cana-de-açúcar;

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM - Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. Comitê Cana-de-Açúcar - Fluxograma do processo de produção de mudas de cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2016/12/FOLDER-Fluxograma.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

AGROTITAN. O papel da tecnologia da informação na agricultura – Blog Agrotitan. Disponível em: <<https://agrotitan.blog.br/2016/02/17/o-papel-na-agricultura/>>. Acesso em: 8 ago. 2017.

ALBUQUERQUE, E. M. *et al.* Produção científica e tecnológica das regiões metropolitanas brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 9, n. 3, p. 615–642, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rec/v9n3/v9n3a06%5Cnhttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-98482005000300006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.

ALI, A. *et al.* An efficient protocol for large scale production of sugarcane through micropropagation. *Pakistan Journal of Botany*, v. 40, n. 1, p. 139–149, 2008.

ALVES, M. B. N.; PAIXÃO, A. E. A. Indicadores de inovação em cultivares de cana-de-açúcar. *Proceeding of ISTI/SIMTEC –Aracaju/SE*. v. 3, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2016/ISTI2016/paper/viewFile/81/76>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

ANDRADE, S. R. M. Princípios da Cultura de Tecidos Vegetais. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, v. 58, p. 9, 2002.

ARCHIBUGI, D.; IAMMARINO, S. The globalization of technological innovation: definition and evidence. *Review of International Political Economy*, v. 9, n. 1, p. 98–122, 2002. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09692290110101126>>.

ARCHIBUGI, D.; MICHIE, J. Technological Globalisation or National Systems of Innovation? *Pergamon Furuws*, v. 29, n. 2, p. 121–37, 1997. Disponível em: <http://www.danielearchibugi.org/wp-content/uploads/2015/01/Technological_Globalisation.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BARBOSA, A. L. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” *Cultura de tecidos e regeneração de plantas transgênicas a partir de calos embriogênicos e de folhas imaturas de cana-de-açúcar*. André Luiz Barbosa Piracicaba André Luiz Barbosa L. 2010. 2010.

BARBOSA, D. B. Uma Introdução À Propriedade Intelectual. *Segunda Edição Revista Atualizada*. Disponível em: <<http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/livros/umaintro2.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

BARRACO, G.; SYLVESTRE, I.; ENGELMANN, F. Comparing encapsulation-dehydration and droplet-vitrification for cryopreservation of sugarcane (*Saccharum spp.*) shoot tips. *Scientia Horticulturae*, v. 130, n. 1, p. 320–324, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.003>>.

BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. *Bragantia*, v. 69, n. 1, p. 221–229, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000100028&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 28 jul. 2017.

BATISTA, F.; CAETANO, M. Novas tecnologias buscam modernizar o plantio de cana | *Valor Econômico*. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/agro/3667332/novas-tecnologias-buscam-modernizar-o-plantio-de-cana#ixzz3BV9rTR3I>>. Acesso em: 5 jun. 2016.

BEAUCLAIR, P. E. G. F. DE. Conceitos Gerais Em Cana-de-Açúcar Plantio e tratos. *Notas de aula*. Depto. Produção vegetal – ESALQ / USP Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1963863/mod_resource/content/1/plantio_e_tratos_2016.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2017.

BELIK, W. Agroindústria e Política Agroindustrial no Brasil. In: RAMOS, P. (Org.). Dimensões do agronegócio brasileiro políticas, instituições e perspectivas. Brasília: MDA, 2007. p. 141–170.

BJØRNSTAD, Å. “Do Not Privatize the Giant’s Shoulders’: Rethinking Patents in Plant Breeding. *Trends in Biotechnology*, v. 34, n. 8, p. 609–617, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.02.007>>.

BORGES, I. D. C.; POZ, D. Impactos da Biotecnologia Moderna no Agronegócio Brasileiro. p. 1–20, 2001.

BRASIL. Decreto-Lei no 5.153, de 23 de Julho de 2004. Aprova o Regulamento da Lei no 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas - SNSM, e dá outras providências. . Brasil: [Diário Oficial da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 23 jul. 2004. , 2004

_____. Decreto No 2.366, de 5 de Novembro de 1997. Regulamenta a Lei no 9.456, de 25 de abril de 1997, que institui a Proteção de Cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC, e dá outras providências. . Brasil: [Diário Oficial da República Federativa do Brasil] Brasília, DF, 6 de nov, 1997. , 1997a

_____. Glossário ilustrado de morfologia. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária., 2009.

_____. Lei n.o 9.456, de 25 de Abril de 1997. Institui a proteção de cultivares e da outras providências. . Brasil: [Diário Oficial da União]. Brasília – DF, ano CXXXV, n.o79, p. 8241- 8246. 28 de abril de 1997. Seção 1. , 1997b

_____. Lei no 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. . Brasil: [Diário Oficial da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 5 ago. 2003. , 2003

_____. Lei no 9.279, de 14 de março de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. . Brasil: [Diário Oficial da República Federativa do Brasil] Brasília, DF, 15 mai. 1996. , 1996

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa no 24, de 16 de dezembro de 2005 - Normas para Produção, Comercialização e Utilização de Mudas. . Brasil: [Diário Oficial da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 16 dez. 2005. , 2005

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, W. D. DOS; SOUZA, A. P. DE. As rotas para o etanol celulósico no Brasil. In: CORTÊS, L. A. B. (Org.). . Biotetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. p. 365–380.

CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, A. T. Mapeamento dos esforços tecnológicos dos programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar no Brasil . Resumo. XV Congresso Latino Iberoamericano de gestao de Tecnologia, 2013.

_____. O Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar no Brasil e o Desafio das Mudanças Climáticas Globais. Revista Gestão & Conexões, v. 2, n. 1, p. 22–46, 2013.

CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, M. M. DE A. Plantas Matrizes na Propagação Vegetativa. Campina Grande: *Embrapa Algodão*. Campina Grande: [s.n.], 2012.

CARVALHO, S. M. P. DE. *Propriedade intelectual na agricultura*. Tese de doutorado, DPCT, Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas, SP, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287491>>. Acesso em: 9 set. 2017.

CARVALHO, S. M. P. DE; SALLES-FILHO, S. L. M.; PAULINO, S. R. Propriedade Intelectual e Dinâmica de Inovação na Agricultura. *RAI – Revista de Administração e Inovação*, v. 5, n. Julho-Dezembro, p. 315–340, 2006.

CHAGAS, R. DE S. B. *Análise da estrutura agroindustrial canavieira a partir dos processos de diversificação industrial e inovações verificados no período de 2000 à 2010*. 2014. 147 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/images/pos-graduacao/pped/dissertacoes_e_teses/Dissertao_Roberta_Chagas_V5.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2017.

COHEN, W. M.; NELSON, R. R.; WALSH, J. P. Protecting Their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why U.S. Manufacturing Firms Patent (Or Not). *NBER Working Paper Series 7552*. Cambridge: [s.n.], 2000.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perfil do Setor do Açúcar e do Etanol no Brasil - safra 2014/2015. Brasília: [s.n.], 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_19_10_07_28_perfil_sucroalcool2014e15.pdf>.

COSTA, C. R.; PARANHOS, J.; VASCONCELLOS, A. Brasil, Índia e China: o marco legal da biodiversidade e a proteção patentária no âmbito do sistema farmacêutico de inovação. [S.l: s.n.], [S.d.]. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/index.php/index-publicacoes/textos-para-discussao>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

CSIRO. Sugar research for a profitable industry. [S.d.]. Disponível em: <<https://www.csiro.au/en/Research/AF/Areas/Plant-Science/Sugar/sugar-overview>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

CTC. Nossa História - CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. Disponível em: <<http://new.ctc.com.br/institucional/nossa-historia/>>. Acesso em: 25 ago. 2017a.

_____. Sementes de cana - CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. Disponível em: <<http://new.ctc.com.br/sementes-de-cana/>>. Acesso em: 11 ago. 2017b.

DAGNINO, R. A Relação Universidade-Empresa no Brasil e o Argumento da Hélice Tripla. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 2, n. 2 jul/dez, p. 267–307, 2003.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, v. 11, p. 147–162, 1982.

DOSI, G.; NELSON, R. R. The Evolution of Technologies: An Assessment of the State-of-the-Art. *Eurasian Business Review*, v. 3, n. 1, p. 3–46, 2013.

DOSI, G.; RAMELLO, F. M. & G. B.; SILVA, F. Information, appropriability, and the generation of innovative knowledge four decades after Arrow and Nelson: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, v. 15, n. 6, p. 891–901, 2006.

DUNHAM, F. B.; BOMTEMPO, J. V.; FLECK, D. L. A Estruturação do Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro como Base para o Proalcool. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 10, n. 1, p. 35–72, 2011.

DUPONT. Sugarcane Cultivation | DuPont Crop Protection - India | DuPont India. Disponível em: <<http://www.dupont.co.in/products-and-services/crop-protection/crop-protection-sugarcane-cultivation.html>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

ECK, N. J. VAN; WALTMAN, L. VOSviewer Manual. 1 January 2013, n. January, p. 1–28, 2013. Disponível em: <http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.5.4.pdf>.

ETZKOWITZ, H. The evolution of the entrepreneurial university. *International Journal of Technology and Globalisation*, v. 1, n. 1, p. 64–77, 2004. Disponível em: <<http://inderscience.metapress.com/index/VFP58MEACN34AXNM.pdf>>.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and ““ Mode 2 ”” to a Triple Helix of university – industry – government relations. *Research Policy*, v. 29, p. 109–123, 2000.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. OF THE UNETD NATION. Sugarcane Crop Statistic worldwide. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/>, Acesso em: 23 jul. 2017.

FAVA, M.; VINÍCIUS, N.; TROMBIN, G. A Dimensão do Setor Sucreenergético. Ribeirão Preto: [s.n.], 2014.

FEDER, G.; UMALI, D. L. The adoption of agricultural innovations. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 43, n. 3–4, p. 215–239, maio 1993. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/004016259390053A>>. Acesso em: 6 ago. 2017.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. D. S. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, v. 18, n. 1, p. 115–146, 2009.

FILHO, H. M. DE S. et al. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 28, n. 1, p. 223–255, 2011.

FINEP NOTÍCIAS. Complexo de laboratórios abrigará pesquisas para aprimoramento da cana-de-açúcar. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/5094-complexo-de-laboratorios-abrigara-pesquisas-para-aprimoramento-da-cana-de-acucar>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

FLYNN, J. et al. Comparison of sugarcane disease incidence and yield of field-run, heat treated, and tissue-culture based seedcane. *Journal American Society Sugar Cane Technologists*, v. 25, p. 88–100, 2005.

FREEMAN, C. The “National System of Innovation” in historical perspective Introduction: *The National System of Friedrich List*. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, n. July 1993, p. 5–24, 1995.

FURTADO, A. T. Difusão Tecnológica: um Debate Superado? In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). . Economia da inovação tecnológica. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 168–192.

FURTADO, A. T.; SCANDIFFIO, M. I. G.; CORTEZ, L. A. B. The Brazilian sugarcane innovation system. *Energy Policy*, v. 39, n. 1, p. 156–166, 2011.

GAZAFFI, R. et al. Melhoramento Genético e Mapeamento da Cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Org.). . Biotetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. [S.l.]: Blucher, 2010. p. 333–343.

GHADIM, A. K. A.; PANNEL, D. J. A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agricultural Economics*, v. 21, n. 2, p. 145–154, 1999. Disponível em: [http://doi.wiley.com/10.1016/S0169-5150\(99\)00023-7](http://doi.wiley.com/10.1016/S0169-5150(99)00023-7)>. Acesso em: 6 ago. 2017.

GLÄNZEL, W. Bibliometrics as a research field: A course on Theory and Application of Bibliometric Indicators. *Researchgate*, n. January 2003, p. 115, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242406991_Bibliometrics_as_a_research_field_A_course_on_theory_and_application_of_bibliometric_indicators>.

HASNER, C.; SANTOS, D. A.; LIMA, A. A. Evolução do patenteamento de tecnologias de fermentação para a produção de etanol combustível de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2014. *Cadernos de Prospecção*, v. 8, n. 1, p. 133–141, 2015.

HASNER, C.; WINTER, E.; RODRIGUES, R. C. Estudo sistematizado para seleção de termos de busca para propagação vegetativa de cana-de-açúcar. *Cadernos de Prospecção*, v. 9, n. 4, p. 452–465, 2016.

HELLER, C. Path Dependence, Lock-in e Inércia. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). . Economia da inovação tecnológica. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 260–284.

HENRY, C.; STIGLITZ, J. E. Intellectual Property, Dissemination of Innovation and Sustainable Development. *Global Policy*, v. 1, n. 3, p. 237–251, 2010.

ICAR, I. I. OF S. R. *Annual Report 2014-2015*. . Lucknow: [s.n.], 2015.

JANNUZZI, A. H. L.; AMORIM, R. D. C. R.; SOUZA, C. G. DE. Implicações da categorização e indexação na recuperação da informação tecnológica contida em documentos de patente . *Ciência da Informação*, v. 36, n. 2, p. 27–34, 2007.

JEONG, S.; KIM, J. C.; CHOI, J. Y. Technology convergence: What developmental stage are we in? *Scientometrics*, v. 104, n. 3, p. 841–871, 2015.

JIANG, J. *et al.* SCI-E Based Bibliometrics Analysis on World Sugarcane Research. 2015, 439 DUKE STREET, LANCASTER, PA 17602-4967 USA: DESTECH PUBLICATIONS, INC, 2015. p. 1160–1171.

KAUR, A.; SANDHU, J. S. High throughput in vitro micropropagation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) from spindle leaf roll segments: Cost analysis for agri-business industry. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2015.

KIM, M.; KIM, C. On A Patent Analysis Method for Technological Convergence. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 40, p. 657–663, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.245>>.

KOCH. Acquires Biological Research Business of Mendel Biotechnology, Inc. Disponível em: <<http://kochbiologicalsolutions.com/news/>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

KONDO, E. K. Desenvolvendo indicadores estratégicos em ciência e tecnologia: as principais questões. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 27, n. 2, p. 128–133, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/kondo.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2017.

LA ROVÈRE, R. L. Paradigmas e trajetórias tecnológicas. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). . *Economia da inovação tecnológica*. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 285–301.

LAKSHMANAN, P. *et al.* Plant Regeneration. . [S.l: s.n.], 2001

LAKSHMANAN, P. *et al.* Sugarcane biotechnology: The challenges and opportunities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, v. 41, n. 4, p. 345–363, 2005. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1079/IVP2005643>>.

LANDELL, M. G. D. A. *et al.* Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. [S.l: s.n.], 2012. v. 109.

LEITE, D. S. Biotecnologia e melhoramento das variedades de vegetais: cultivares e transgênicos. *Veredas do Direito*, v. 10, p. 23–44, 2013.

LIMA, A. A. *et al.* Biocombustíveis no Brasil: evolução do patenteamento do Etanol combustível de cana-de-açúcar no Brasil a partir do Programa Nacional do Alcool/Proalcool - 1975 - 2011. In: In: *ALTEC 2013 - XV Congresso da Associação Latino-Iberoamericana de Gestão de Tecn.* 2013, [S.l.]: Anais do Congresso da ALTEC 2013, 2013. p. 1–17.

LOPEZ, A. Innovation and appropriability, empirical evidence and research agenda. *The Economics of Intellectual Property*. Suggestions for Further Research in Developing Countries and Countries with Economies in Transition, p. 1–40, 2009. Disponível em: <http://www.wipo.int/freepublications/en/economics/1012/wipo_pub_1012.pdf#page=13>.

LUSTOSA, M. C. J. Inovação e tecnologia para uma economia verde: questões fundamentais. *Economia Verde*, v. 8, p. 111, 2011. Disponível em: <<http://www.conservacao.org/publicacoes/files/P%Elginas de PoliticaAmbienta08lustosa.pdf>>.

MANHÃES, C. M. C. et al. Visible Losses in Mechanized Harvesting of Sugarcane Using the Case IH A4000 Harvester. *American Journal of Plant Sciences*, v. 5, n. 5, p. 2734–2740, 2011. Disponível em: <<http://www.scirp.org/journal/ajps>>.

MANZATTO, C. V. et al. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. . Rio de Janeiro: [s.n.], 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/zaecana_doc_182.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2017.

MAPA. CultivarWeb - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 21 ago. 2017.

MARRA, M.; PANNELL, D. J.; GHADIM, A. A. The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve? *Agricultural Systems*, v. 75, n. 2, p. 215–234, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X02000665>>.

MATERNE, A.; SLEIGHTHOLME, G. Methods of ranking search results for searches based on multiple search concepts carried out in multiple databases. *World Patent Information*, v. 36, n. 1, p. 4–15, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wpi.2013.09.003>>.

MCTIC. 5.5 Número de artigos brasileiros, da América Latina e do mundo publicados em periódicos científicos indexados pela Thomson/ISI e Scopus, 1996-2014. Indicadores CT&I. [S.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5710/Numero_de_artigos_brasileiros_da_America_Latina_e_do_mundo_publicados_em_periodicos_cientificos_indexados_pela_ThomsonISI_e_Scopus.html>. Acesso em: 5 jun. 2017. , 2016

MEYER, G. M. et al. Novacane ® As a Tool for Rapid Propagation of Material for the Sasri Plant Breeding Programme. *Plant Breeding*, v. 83, p. 117–121, 2010.

MICHELI, M.; STANDARDI, A. Micropropagation and Encapsulation: Useful combination for nurseries. *AgroLife Scientific Journal*, v. 4, n. 1, p. 93–100, 2015.

MILANEZ, D. H. *Elaboração de indicadores de ciência e tecnologia para o monitoramento de avanços tecnológicos em nanocelulose*. 2015. 221 f. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/737>>.

MORDOCCO, A. et al. Patterns of Adoption of Commercial Sugarcane Varieties to Increase Economic Returns to the Australian Sugar Industry. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* v. 27, p. 182–188, 2005.

MORILHAS, L. J. *Cenários tecnológicos e os padrões de impactos econômicos, sociais e ambientais: um estudo prospectivo no setor sucroenergético brasileiro*. 2012. 400 f. Universidade de São Paulo, 2012.

MOURA, A. M. M. DE. *A interação entre artigos e patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em biotecnologia*. 2009. 269 f. 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/18561%5Cnhttp://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18561/000715088.pdf?sequence=1>>.

NEW ENERGY FARMS NEWS. Partnership with Syngenta – New Energy Farms. Disponível em: <<http://www.newenergyfarms.com/partnership-with-syngenta/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

NIEVES, N. et al. Effect of abscisic acid and jasmonic acid on partila desiccation of encapsulated somatic embryos of sugarcane, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. v. 65, p. 15–21, 2001.

_____. Field performance of artificial seed-derived sugarcane plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2003.

NORTH, D. C. Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, v. 5, n. 1, p. 97–112, 1991. Disponível em: <http://kysq.org/docs/North_91_Institutions.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

NYKO, D. et al. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1503/1/A_mar37_10_A_evolucao_das_tecnologias_agricolas_do_setor_P.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017.

OCDE, O. DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. Manuel de l'OCDE sur les statistiques des brevets. [S.l.: s.n.], 2009.

OCTAVIANO, C. I. Instituto de Biologia (IB) – Inova. Disponível em: <<http://www.inova.unicamp.br/cases-de-licenciamento/instituto-de-biologia-ib-2/>>. Acesso em: 4 set. 2017.

OECD, O. FOR E. C. AND D. The Measurement of Scientific and Technological Activities: Using Patent Data as Science and Technology Indicators. n. 94, p. 108, 1994. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/33/62/2095942.pdf>>.

OLALDE, A. R. *Capacitação tecnológica na agroindústria canavieira : o caso da COPERSUCAR*. 1992. 119 f. [s.n.], 1992. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/286869>>. Acesso em: 6 ago. 2017.

OLIVEIRA, M. D. M.; NACHILUK, K. Custos da Cana-de-açúcar em Distintos Sistemas de Produção no Estado de São Paulo. In: GESMAR ROSA DOS SANTOS (Org.). *Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas*. Brasília: Ipea, 2016. p. 143–164.

OLIVEIRA, F. A. DE. Acerca da propriedade intelectual, lei de cultivares e da licença compulsória no âmbito da biotecnologia. *Revista GEINTEC*, v. 4, p. 1376–1381, 2014.

OLIVEIRA, L. D. DE. Os “ Limites do Crescimento ” 40 anos depois: das “ Profecias do Apocalipse Ambiental ” ao “ Futuro Comum Ecologicamente Sustentável ”. *Revista Continentes*, v. 1, n. 1, p. 72–96, 2012. Disponível em: <<http://r1.ufrj.br/revistaconti/pdfs/1/ART4.pdf>>.

OSSI - OPEN SOURCE SEED INITIATIVE. Open Source Seed Initiative. Disponível em: <<http://osseeds.org/about/>>. Acesso em: 2 set. 2017.

PARAYIL, G. Mapping technological trajectories of the Green Revolution and the Gene Revolution from modernization to globalization. *Research Policy*, v. 32, n. 6, p. 971–990, jun. 2003. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048733302001063>>. Acesso em: 5 ago. 2017.

PASSARIN, D. M. M.; FERNANDES, R. Z.; PERTICARRARI, J. G. WO2014153630A1. . Brazil: [s.n.], 2014

PAULILLO, L. F. *et al.* As transformações e os desafios do encadeamento produtivo do etanol no Brasil. In: SANTOS, G. R. DOS (Org.). *Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas*. Brasília: Ipea, 2016. p. 187–224.

PAULO EDUARDO DE CAMPANTE SANTOS et al. *Semente é Tecnologia*. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2014/04/Matéria-Semente-é-Tecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Technology Governance and economic dynamics*, n. 20, p. 1–26, 2009.

PERKO, J. S.; NARIN, F. The transfer of public science to patented technology: A case study in agricultural science. *The Journal of Technology Transfer*, v. 22, n. 3, p. 65–72, 1997. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/index/10.1007/BF02509164>>.

POSSAS, M. L.; SALLES-FILHO, S.; DA SILVEIRA, J. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. *Research Policy*, v. 25, n. 6, p. 933–945, set. 1996.

Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0048733396008840>>. Acesso em: 5 ago. 2017.

PRAKASH, J. Intellectual Property Rights and Regulatory Issues Related to Biotechnology of Tropical Species in India. *Acta Horticulturae*, n. 738, p. 479–485, mar. 2007. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/738/738_60.htm>. Acesso em: 24 jul. 2017.

QUEIROZ, S. Aprendizado Tecnológico. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). . Economia da inovação tecnológica. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 193–211.

RAMOS, P. Referencial teórico e analítico sobre a agropecuária brasileira. In: PEDRO RAMOS (Org.). . Dimensões do agronegócio brasileiro : políticas, instituições e perspectivas. Brasília: MDA, 2007. p. 18–52.

RAMOS, P. Trajetória e situação atual da agroindústria canavieira do Brasil e do mercado de álcool carburante. In: GESMAR ROSA DOS SANTOS (Org.). . Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas. Brasília: Ipea, 2016. p. 47–82.

RAVASCHIO, J. D. P.; FARIA, L. I. L. DE; QUONIAM, L. O uso de patentes como fonte de informação em dissertações e teses de engenharia química: O caso da Unicamp. *Revista digital de Bibliotecnomia e Ciência da Informação*, Campinas, v. 7, n. 2, p. 219–232, 2010. Disponível em: <http://www.sbu.unicamp.br/seer/ojs/index.php/sbu_rci/article/viewFile/462/314>.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. Renewables 2015 Global Status Report. [S.l.: s.n.], 2015.

RUAS, T. L.; PEREIRA, L. Como construir indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação usando Web of Science , Derwent World Patent Index , Bibexcel e Pajek ? *Perspectivas em Ciência da Informação*, p. 52–81, 2014.

SÁBATO, J.; BOTANA, N. LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN EL DESARROLLO FUTURO DE AMÉRICA LATINA. . [S.l.: s.n.], [S.d.]. Disponível em: <http://docs.politicascsti.net/documents/Teoricos/Sabato_Botana.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2017.

SALLES FILHO, S. 1959-. A dinamica tecnologica da agricultura : perspectivas da biotecnologia. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1993. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/286230>>. Acesso em: 6 ago. 2017.

SANT’ANNA, A. C. et al. Os desafios da expansão da cana-de-açúcar: a percepção de produtores e arrendatários de terras em Goiás e Mato Grosso do Sul. In: GESMAR ROSA DOS SANTOS (Org.). . Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas. [S.l.]: Ipea, 2016. p. 113–142.

SANTOS, G. R. DOS; GARCIA, E. A.; et al. A agroindústria canavieira e a produção de etanol no Brasil: características, potenciais e perfil da crise atual. In: GESMAR ROSA DOS SANTOS (Org.). . Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas. Brasília: Ipea, 2016. p. 17–46.

SANTOS, G. R. DOS; VIAN, C. E. DE F.; et al. Apontamentos e Diretrizes para Políticas Públicas. In: GESMAR ROSA DOS SANTOS (Org.). . Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas. Brasília: Ipea, 2016. p. 283–303.

SANTOS, G. R. DOS. Produtividade na Agroindústria Canavieira: um olhar a partir da etapa agrícola. In: GESMAR ROSA DOS SANTOS (Org.). . Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas. Brasília: Ipea, 2016. p. 165–185.

SANTOS, G. R. DOS; WEHRMANN, M. E. S. DE F. Desafios e Caminhos da Pesquisa e Inovação no Setor Sucroenergético no Brasil. In: GESMAR ROSA DOS SANTOS (Org.). . Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas. Brasília: Ipea, 2016. p. 257–282.

- SÃO PAULO. lei n.11.241, de 19.09.2002. *Diário Oficial*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>>. Acesso em: 21 ago. 2017. , 2002
- SHIKIDA, P. F. A. Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, v. 23, n. 4, p. 43–57, 2014.
- SHIKIDA, P. F. A.; PEROSA, B. B. Álcool combustível no Brasil e path dependence. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, p. 243–262, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032012000200003&nrm=iso>.
- SILVA, J. P. N. DA; SILVA, M. R. N. DA. Noções da Cultura da Cana-de-Açúcar. . *Inhumas*: [s.n.], 2012.
- SILVEIRA, J. M. F. J. DA et al. Caracterização da trajetória tecnológica da biotecnologia agrícola por meio de redes de patentes. *RGPP*, v. 1, n. 2, 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rgpp/article/view/97845>>. Acesso em: 5 ago. 2017.
- SILVEIRA, J. M. F. J. DA; BORGES, I. DE C.; BUAINAIN, A. M. Biotecnologia e agricultura: da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, p. 101–114, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392005000200009&nrm=iso>.
- SMITH, M. et al. NodeXL:L: a free and open network overview, discovery and exploration add-in for Excel 2007/2010/2013/2016. . [S.l.]: *Social Media Research Foundation*, <http://www.smrffoundation.org>. Disponível em: <<http://nodexl.codeplex.com/>>. , 2010
- SNYMAN, S. J. et al. Applications of in vitro culture systems for commercial sugarcane production and improvement. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, v. 47, n. 2, p. 234–249, 2011.
- SNYMAN, S. J. et al. Micropropagation of Sugarcane Via Novacane ®: Preliminary Steps in Commercial Application. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v. 81, p. 513–516, 2008.
- SOUZA, B. C. DE et al. A escassez do incentivo à propriedade intelectual no setor de tecnologias no domínio agrícola. In: RUSSO, S. L. et al. (Org.). *Propriedade Intelectual, tecnologias e sociedade*. São Cristóvão: UFS, 2016. p. 65–73.
- SOUZA, K. R. DE. *Economia verde e decoupling : uma aplicação para o setor canavieiro do Brasil* Kellen Rocha de Souza Piracicaba Bacharel em Ciências Econômicas. 2013. 134 p. f. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz ”, 2013.
- SOUZA, L. G. A. DE. *Redes de inovação em etanol de segunda geração*. Tese de Doutorado, Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP. 2013. 215 f. 2013.
- SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. D. M. E. A Interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil. *Texto para Discussão*, n. 329, p. 1–27, 2008.
- SYNGENTA AG. Annual Review 2014. *Syngenta Annual Review*, p. 59, 2014. Disponível em: <www.syngenta.com>.
- SZMRECSÁNYI, T.; MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. *Estudos Avançados*, v. 5, n. 11, p. 57–79, 1991. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141991000100006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.
- TAVARES, P. V.; KRETZER, J.; MEDEIROS, N. Economia Neoschumpeteriana: expoentes evolucionários e desafios endógenos da indústria brasileira. *Economia Ensaio*, v. 20, n. 1, p. 105–120, 2005.
- TEECE, D. J. Profiling from technological innovation: implications for integration, collaboration, licencing and public policy. *Research Policy*, v. 15, n. February, p. 285–305, 1986.

- TIGRE, P. B. *Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- UPOV. Act of 1978 International Convention for the Protection. . [S.l: s.n.]. , 1978
- _____. Members of the International Union for the Protection of New Varieties of Plants. . [S.l: s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.upov.int/export/sites/upov/members/en/pdf/pub423.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2017.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. VOSviewer - Visualizing scientific landscapes. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.vosviewer.com/>>. Acesso em: 12 abr. 2017. , 2016
- VERGES, P. H. *Transição do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro*. 2013. 105 p. f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia, 2013. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/images/pos-graduacao/ppge/PedroVerges.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2017.
- VIAN, C. E. DE F. COMPLEXO AGROINDUSTRIAL CANAVIEIRO - Análise do Processo de evolução e consolidação tecnológica de 1930 a 2000: Implicações para a estruturação e dinâmica dos Campos Organizacionais no Complexo Agroindustrial Canavieiro. Série Pesquisa no. P-58. Departamento de Economia, Administração e Sociologia., no 58. Piracicaba: [s.n.], 2006.
- VIEIRA, M. C. A.; LIMA, J. F.; BRAGA, N. M. Setor Sucroalcooleiro Brasileiro : Evolução e Perspectivas. Bndes, p. 209–245, 2007.
- VIEIRA, A. C. P. et al. Proteção da Biotecnologia na Agricultura. *Revista da ABPI*, v. 88, p. 1–21, 2007.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. DA. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado . *Revista de Economia e Sociologia Rural* . [S.l.]: scielo . , 2012
- WAHAB, S. A.; ROSE, R. C.; OSMAN, S. I. W. Defining the Concepts of Technology and Technology Transfer: A Literature Analysis. *International Business Research*, v. 5, n. 1, p. 61–71, 2012.
- WINTER, E.; LIMA, A. A.; MENDES, C. D'URSO DE S. Mapping the Technological Chain of Ethanol Production From Sugarcane Focussing on Patent of Applications: In: LUIS AUGUSTO BARBOSA CORTEZ (Org.). . Sugarcane bioethanol — R&D for Productivity and Sustainability. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014. p. 87–100.
- YAOYANG, X.; BOEING, W. J. Mapping biofuel field: A bibliometric evaluation of research output. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 28, p. 82–91, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.027>>.

APÊNDICE 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE PATENTES E A RELAÇÃO COM A CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL DE PATENTES.

Classificação	Classificação de Patente Internacional indexada nos documentos de patente
Embriogenese/Micropropagação	C12N 15/82 C12N 15/29 C12N 9/10 C12N 9/02 C12N 5/04
Eng. Genética ou Melhoramento	A01H A01H 1/00 C12N C12N 15/00
Equipamento ou Dispositivo	A01C 14/00 A01C 11/00 A01C 13/00 A01B 49/00
Métodos/Pesquisa Propagação vegetativa	A01H 1/00 A01H 4/00
Pesquisa/Controle sobre doenças e pragas	A01N A01N 43/00 A01P
Recipiente de Mudas	A01G 9/10
Semente Artificial	A01C 1/06 A01G

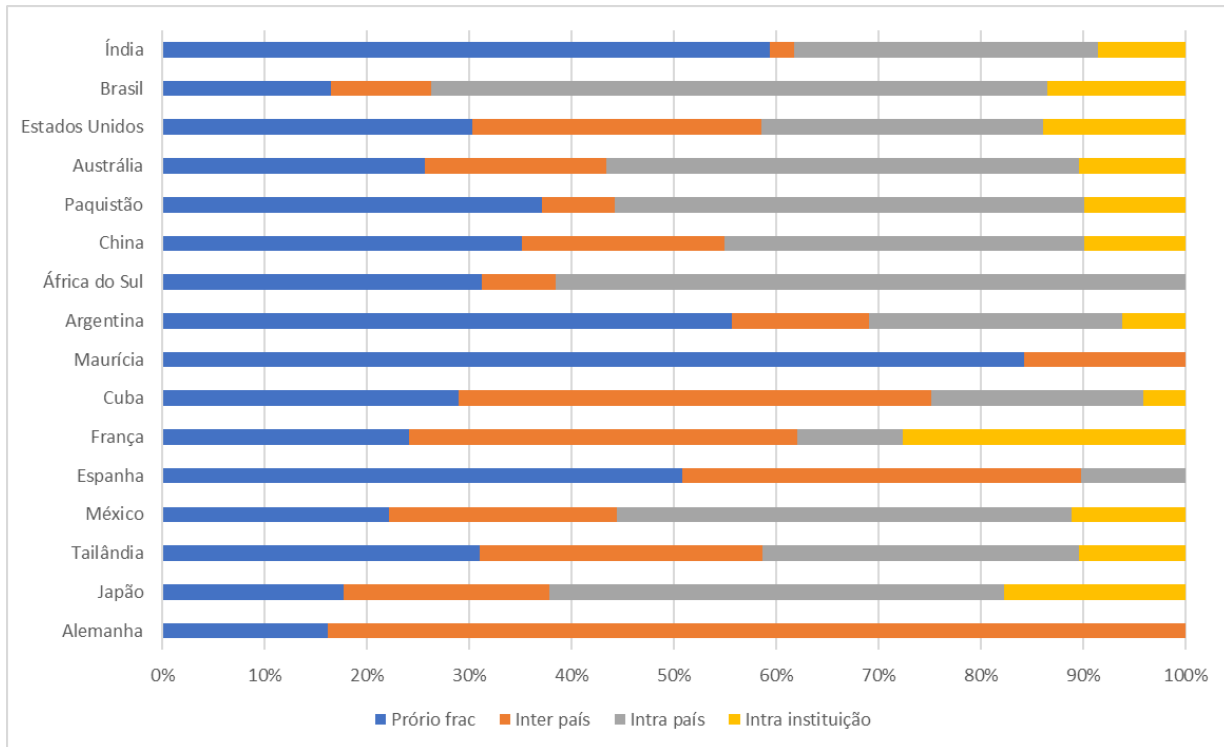
APÊNDICE 2: FREQUÊNCIA DA INDEXAÇÃO POR ÁREA DE PESQUISA NAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS RELACIONADAS COM TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NO PERÍODO DE 2000 A 2016. N=1141.

Assunto ou Áreas de Pesquisa das Publicações Científicas Frequência Participação (%)
(*Subject Category*)

Agriculture	520	31,6%
Plant Sciences	466	28,3%
Biotechnology & Applied Microbiology	135	8,2%
Biochemistry & Molecular Biology	96	5,8%
Genetics & Heredity	85	5,2%
Food Science & Technology	55	3,3%
Cell Biology	40	2,4%
Microbiology	35	2,1%
Science & Technology - Other Topics	35	2,1%
Developmental Biology	29	1,8%
Environmental Sciences & Ecology	27	1,6%
Life Sciences & Biomedicine - Other Topics	25	1,5%
Virology	15	0,9%
Chemistry	13	0,8%
Outros	68	4,1%
Total	1164	100%

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE 3: TIPO DE COLABORAÇÃO DOS PRINCIPAIS PAÍSES QUE PESQUISAM SOBRE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR. N=1074. LEGENDA: PRÓPRIA FRAC (CONTAGEM FRACIONADA); INTER PAÍS (COLABORAÇÃO ENTRE PAÍSES DIFERENTES); INTRA PAÍS (COLABORAÇÃO ENTRE DIFERENTES INSTITUIÇÕES DENTRO DO MESMO PAÍS) E INTRA INSTITUIÇÃO (COLABORAÇÃO ENTRE LABORATÓRIOS/DEPARTAMENTOS DA MESMA INSTITUIÇÃO).

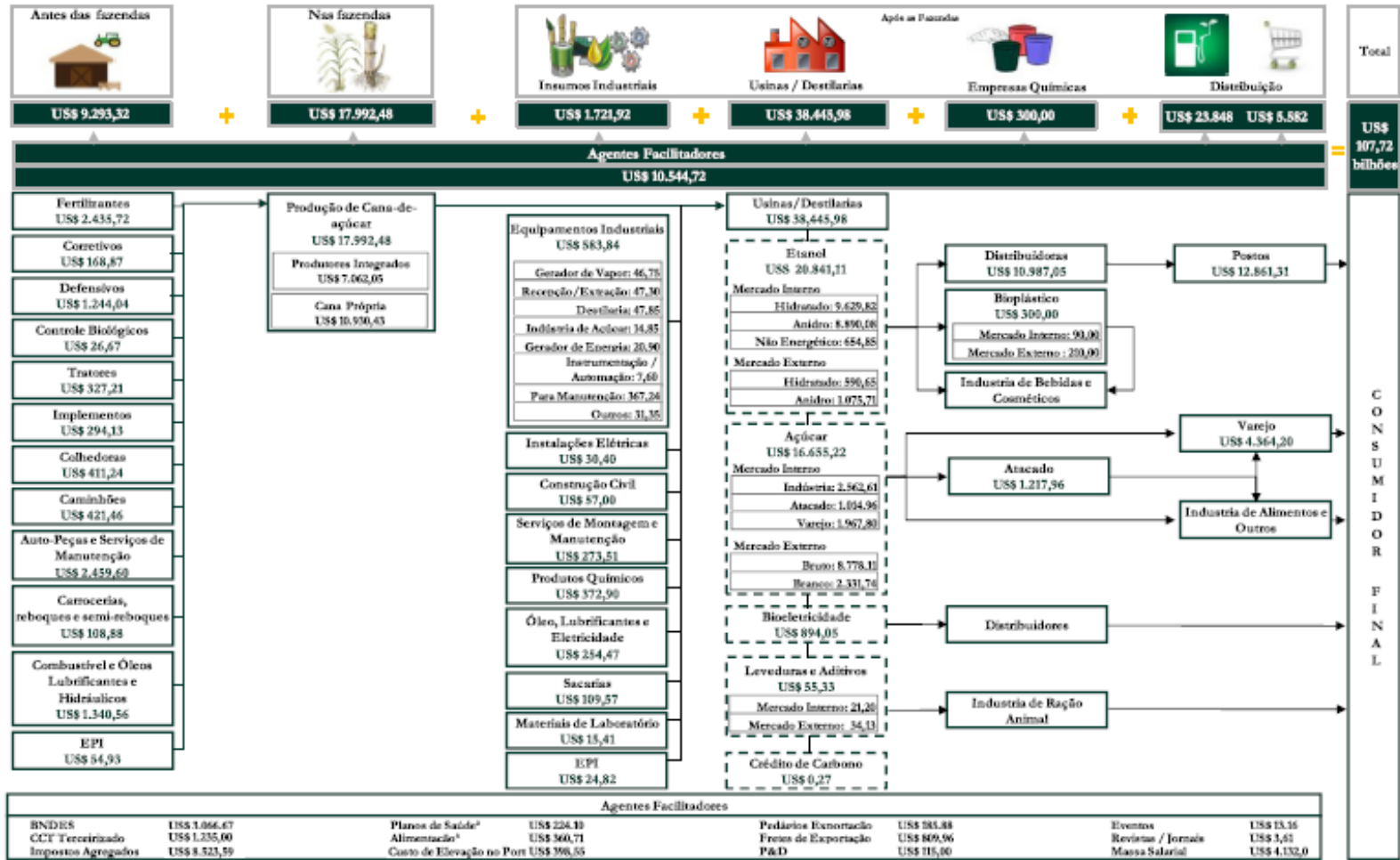


Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE 4: Nome Das Instituições Brasileiras Com Participação (Contagem Fracionada \geq 1) Nos Documentos Recuperados Sobre Técnicas De Produção De Mudanças De Cana-De-Açúcar. Período: 2000-2016.

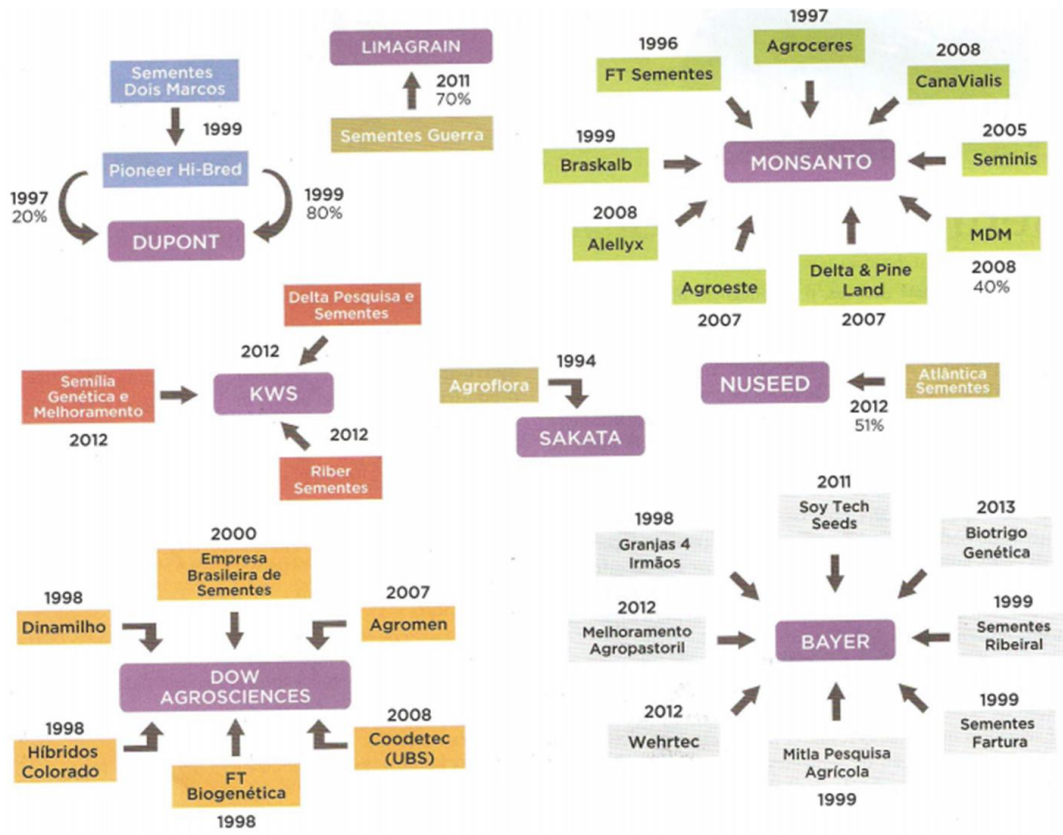
Instituições	Publicações Científicas	Documentos de patente	Total
USP (Esalq)	27,9	0,5	28,4
Embrapa	20,5	0,5	21,0
Unicamp	18,1	2,5	20,6
UNESP	19,7		19,7
UFV	16,5		16,5
UFPR	12,3		12,3
IAC	10,3		10,3
CTC	5,9	4,0	9,9
UENF	9,0		9,0
UFSCar	8,2		8,2
UFRPE	6,8		6,8
UFRJ	5,3	1,0	6,3
APTA	5,2		5,2
UFU	3,0	1,0	4,0
UFRRJ	3,9		3,9
UFAL	3,5		3,5
Univ Federal de Maringá	2,5	1,0	3,5
UFPE	2,8		2,8
Univ Fed Lavras	2,8		2,8
UFSM	2,0		2,0
Unoeste	2,0		2,0
Cirad (FR)	1,2		1,2
Basf	0,2	1,0	1,2
UnB	1,1		1,1
Univ Fed Sergipe	1,0		1,0
UFRN	1,0		1,0
UERJ	1,0		1,0
Petrobras	1,0		1,0
Unifran	1,0		1,0
PUC-PR	1,0		1,0

ANEXO 1 –MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO NA SAFRA 2013/14.



Fonte: Elaboração da Markestrat (FAVA; VINÍCIUS; TROMBIN, 2014).

ANEXO 2 – PRINCIPAIS FUSÕES E AQUISIÇÕES DE EMPRESAS NO MERCADO BRASILEIRO DE SEMENTES.



Fonte: (PAULO EDUARDO DE CAMPANTE SANTOS *et al.*, 2014)

ANEXO 3: FONTES DE INOVAÇÃO E FORMAS DE PROTEÇÃO À PROPRIEDADE INTELECTUAL.

Fontes de Inovação	Campos de Proteção/Formas de Proteção								
	Propriedade industrial				Direitos de autor		Sui generis	Outras formas não-jurídicas	
	Patentes	Indicações geográficas	Marcas	Segredo	Transf. de tecnologia	Direitos autor	Prog. comp.		Proteção cultivares
Privadas Organização Industrial – agrícolas	*		*						Segmentação, ativos complementares
Privadas Organização Industrial – sementes			*	Híbridos	*			*	Segmentação, ativos complementares, obsolescência
Institucionais Públicas	*		*	*	*	*(a)	*	*	Estruturas organizacionais
Privadas Relacionadas Agroindústria	*	*	*	*	*		*		Relação usuário-produtor, estruturas organizacionais
Privadas de Organização Coletiva sem Fim Lucrativo	*	*	*	*			*	*	Ativos complementares, estruturas organizacionais
Privadas Relacionadas ao Fornecimento de Serviços							*	*	Relação usuário-produtor
Unidades de Produção Agropecuária		*							

(a) Conhecimento científico.

Fonte: elaboração própria.

Fonte: (CARVALHO, S. M. P. DE; SALLES-FILHO; PAULINO, 2006) (p.335).

Anexo 4: Estudo Sistematizado para seleção de Termos de Busca para Propagação Vegetativa de Cana-de-açúcar⁶¹

Cecilia Anita Hasner Domjan¹; Eduardo Winter²; Ricardo Carvalho Rodrigues³

^{1,2,3}Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Academia de Propriedade Intelectual e Inovação, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO

As técnicas de propagação de cana-de-açúcar nos últimos anos vêm direcionando seus esforços de pesquisa para ampliar a produção de mudas, os quais são registrados em documentos científicos e técnicos. Entretanto, não existe uma metodologia sistematizada para a recuperação destas informações que possam subsidiar pesquisas futuras. Neste sentido, o foco deste trabalho é estudar a utilização de termos de busca para o levantamento bibliográfico sobre tecnologias de propagação vegetativa da cana-de-açúcar e espécies similares de forma sistemática. A metodologia se baseou em oito etapas, utilizando o Agrovoc para levantamento de palavras chaves e técnicas de avaliação da efetividade dos termos nos documentos recuperados. Os resultados permitiram identificar que os termos *plant* e *seed* são mais precisos que *vegetative* e *propagation* nas bases da Web of Science, Scopus e Derwent Innovation Index, com maior destaque para a Scopus. Estudos futuros permitirão compreender se estes resultados refletem o estado de desenvolvimento tecnológico da propagação vegetativa da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: termos de busca, artigos, patentes.

ABSTRACT

The sugarcane propagation techniques have been focusing their research efforts to expand the production of seedlings, which are recorded in scientific and technical documents. However, there is no systematic methodology for the information recovery that can support future research. In this sense, the goal of this study is analyses the use of search terms for the literature on vegetative propagation technologies of sugarcane and similar species systematically. The methodology is based on eight stages using the AGROVOC for identifying keywords and evaluation techniques of the effectiveness of the terms in the retrieved documents. The results showed that the terms "plant" and "seed" are more accurate than "vegetative" and "propagation" in the databases Web of Science, Scopus and Derwent Innovation Index, highlighting Scopus. Future studies will help to understand if these results reflect the state of technological development of vegetative propagation of sugarcane.

KEYWORDS: search terms, papers, patents.

⁶¹ Artigo publicado na revista Cadernos de Prospecção, (HASNER;WINTER;RODRIGUES; 2016)

INTRODUÇÃO

O setor canavieiro passou por uma modernização muito rápida e de forma desigual nos últimos anos, onde a mecanização da colheita saltou de 28 para 89% na região Centro-Sul no período de 2000 a 2013, impulsionada pela regulamentação da Lei do estado de São Paulo, n.º 11.241/2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá outras providências (NEVES *et al.*, 2014). Neste processo de modernização, destacam-se avanços tecnológicos associados a propagação de cana-de-açúcar, melhoramento genético e expansão dos canaviais comerciais em novas fronteiras agrícolas, esforços voltados para aumentar a produtividade e reduzir custos (CARVALHO & FURTADO, 2013). Em relação as técnicas de propagação de cana-de-açúcar, os esforços em pesquisa e desenvolvimento (P&D) são voltados para ampliar a produção de mudas e gerar mudas mais eficientes nos sistemas mecanizados. A forma tradicional de plantio de cana é realizada de forma manual, utilizando cortes de colmos⁶² em seções e depositados horizontalmente em sulcos (CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA., 2015). Posteriormente, foram desenvolvidas técnicas de propagação utilizando mudas pré-brotadas a partir de colmos, mudas a partir da gema lateral ou utilizando técnicas de micropropagação a partir de tecido meristemático, e mais recentemente, a produção de sementes artificiais ou encapsulamento de embriões somáticos em estágio avançado de desenvolvimento em tubetes especiais (NIEVES *et al.*, 2003; CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2015). Apesar destes avanços, Nieves *et al* (2003) relatam a dificuldade em aceitar comercialmente as sementes artificiais, apesar das vantagens frente as técnicas tradicionais, tais como não precisar tanto de mão de obra, nem grandes áreas para viveiros ou logística de armazenamento e transporte, irrigação e aclimatização. A modo de exemplo, pode-se citar o caso da Syngenta, que lançou em 2010 a PLENE®, uma muda pré-germinada que prometia aumentar a produtividade entre 5 e 10%, porém um ano depois, a empresa precisou retirar o produto do mercado por falhas na produção industrial em grandes volumes, acarretando um prejuízo de milhões de dólares (VALOR, 2014). Em 2014 a Syngenta firmou um acordo de licenciamento com a canadense New Energy Farms para produzir gemas encapsuladas de cana-de-açúcar para plantio no Brasil, uma tecnologia denominada CEEDS, que pretende ser lançado na safra de 2016/2017 (SYNGENTA, 2014).

Outros esforços em P&D em empresas e centros de pesquisa merecem destaque. A Basf também inovou nesta área lançando em 2013 a Agmusa, uma muda pré-brotada (MPB) que permite um ganho de produtividade de 20 a 40% (VALOR, 2014). A sua vez, o Programa Cana do Instituto Agrícola de Campinas - IAC também desenvolveu uma MPB de cana-de-açúcar e seus métodos de utilização em viveiros tradicionais, sendo possível utilizá-las tanto em plantio manual como mecanizado, permitindo corrigir falhas nas fileiras de cana (LANDELL *et al.*, 2012). O CTC – Centro de Tecnologia Canavieira vem desenvolvendo pesquisas nesta área desde 2008 e já possui uma Biofábrica para a produção de “sementes” de cana a partir do meristema, que será lançada entre 2017 e 2018 (VALOR, 2014).

Todos estes esforços de P&D são registrados em documentos científicos e tecnológicos, sejam através das publicações em revistas científicas ou através de documentos de patente de invenção. Esta interação entre a Ciência e a Tecnologia tem sido abordada na área de biotecnologia no Brasil utilizando a Cientometria como metodologia de análise, dedicada a compreender os fluxos do conhecimento entre os inventores e autores que transitam em ambas esferas (MOURA, 2009). Estudos sobre a produção científica e tecnológica também serviram de indicadores para analisar o sistema nacional de inovação e sua distribuição espacial no país (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002), bem como a análise de correlação das

⁶² Tipo de caule ou haste de gramíneas em que nós e entrenós são bem visíveis. O termo "nó" indica a parte do colmo a partir do qual cresce a parte aérea e raízes; cada planta contém muitos nós. Na posição de cada nó, forma-se a gema que pode desenvolver em planta inteira. O material apropriado para corte são pedaços de cana cortados de plantas saudáveis com oito a quatorze meses de idade e os cortes são retirados de plantas que cresceram geralmente a partir de cortes (CTC, 2014)

classificações (coclassificação) de artigos e patentes em diferentes tipos de organizações (públicas e privadas) na área de biodiesel (MARICATO & NORONHA, 2013). Winter *et al.* (2010) utilizaram a análise de patentes no mapeamento da cadeia produtiva do etanol da década de 70 até 2010, onde observaram que as principais tecnologias protegidas no país se referem a equipamentos e processos de plantio, colheita e preparo do solo, e não nas áreas relacionadas com biotecnologia. O campo da biotecnologia engloba técnicas de fermentação, engenharia genética e também técnicas de propagação vegetativa por cultivo de tecidos, foco do presente estudo.

Os artigos e patentes apresentam algumas divergências básicas na maneira em que o trabalho ou invenção são abordados, dado pelo maior grau de liberdade apresentado pela publicação, em comparação à maior objetividade de um pedido de patente (DIAS & ALMEIDA, 2013). Ademais, Dias e Almeida (2013) destacam que:

“A produção científica nem sempre parte do pressuposto de que existe um problema a ser resolvido e sim que existe algo a ser revelado que até agora não foi. A revelação de algo ainda não descrito gera novas informações, que são a base para novas interpretações, fechando um círculo virtuoso que, em grande parte, contribui para a geração de novos conhecimentos. No entanto, o simples fato de revelar algo novo não é suficiente para que uma publicação se torne um pedido de patente”. (DIAS & ALMEIDA, 2013, p.5).

No mundo acadêmico, a fonte de informação mais utilizada é o artigo científico, constituindo-se em um veículo de transmissão do conhecimento produzido pelos pesquisadores e servindo de literatura-base para corroborar tanto os estudos já existentes como subsidiar novas pesquisas (SILVEIRA, 2005). Não obstante, o uso de documentos de patente como fonte de informação por parte de pesquisadores é muito pouco explorada no país, das 586 teses e dissertações da Unicamp analisadas no período de 2000 a 2007, 16,4% delas tiveram patentes citadas (RAVASCHIO *et al.*, 2010). Já a informação tecnológica contida em documentos de patente tem sido utilizada para diferentes fins, tais como estudo de tendências tecnológicas, estudo de mercado, busca de anterioridade para conhecer o estado da técnica, subsídio a P&D, tomada de decisão empresarial, entre outros (FERREIRA *et al.* 2009, OLIVEIRA *et al.* 2005, BONINO *et al.* 2010). Atribui-se uma grande vantagem das patentes frente aos artigos científicos, não só pela riqueza da informação tecnológica descrita nos documentos, mas pela facilidade de recuperar documentos pela universalidade dos códigos de indexação nos dados bibliográficos (códigos INID⁶³). Estes códigos identificam todas as informações que constam da primeira página ou folha de rosto, tendo indicações de números, datas, origem, propriedade e técnica.

A recuperação de documentos de patente depende de uma boa estratégia de busca, a qual utiliza tanto palavras-chaves, como classificação de patentes por campo tecnológico específico. A sua vez, a elaboração da estratégia de busca requer não só um domínio de conhecimento prévio sobre o tema que se pretende analisar, como também conhecer as ferramentas de busca e as bases de dados de patentes (MONCHAUX *et al.*, 2015). Desta forma, tem-se que um dos problemas associados a escolha de uma estratégia de busca eficiente radica em levantar os termos (palavras-chave) e as classificações internacionais de patentes (IPC, CPC, FI, US Class⁶⁴). Na literatura é possível encontrar metodologias específicas para identificar as palavras-chave mais adequadas (NIJHOF 2007, MOELLER & MOEHRE 2015, ALBERTS 2011), porém muitas delas requerem o uso de ferramentas para ampliação dos termos ou verificação dos critérios de cobertura (*recall*) e precisão (*precision*) dos documentos recuperados⁶⁵.

⁶³ INID é o acrônimo de “*Internationally agreed Numbers for the Identification of (bibliographic) Data*”..

⁶⁴ IPC – International Patent Classification; CPC – Cooperative Patent Classification; FI – é uma classificação de patentes utilizada pelo Escritório de Patentes do Japão (JPO); US Class – classificação norte-americana de patentes.

⁶⁵ *Recall* e *Precision* são os principais parâmetros de avaliação da qualidade da estratégia de busca (ZIMAN, 1969). *Recall* é definido como sendo a proporção de documentos relevantes em uma coleção ou base que são recuperados em uma determinada pesquisa e o grau de precisão é definida como a

Outro problema associado à recuperação de documentos é a análise destes, pois não necessariamente os documentos mais relevantes encontram-se no topo da lista dos documentos recuperados. Neste sentido, diversos autores recomendam metodologias para a priorização de documentos de patentes através de ranking dos resultados descritos na literatura (ROBERTSON 1977, MATERNE & SLEIGHTHOLME, 2014, GUO & GOMES 2009, MAGDY & JONES 2010, CAO et al 2013) e em metodologias protegidas por patentes ((KOBE UNIV & KANEKA CORP 2014, ZMC INTELLECTUAL DATA SCIENCE & TECHNOLOGY CO. LTD 2011, GOEDKEN 2005). Entre as técnicas descritas sobre priorização destacam-se as seguintes:

- i) Ranking de Frequência ou Ocorrência dos termos utilizados – nesta técnica é analisado o número de ocorrência de cada palavra-chave ou da classificação de patentes utilizada na estratégia de busca em cada documento, sendo considerado o mais relevante o documento com o número mais elevado (MATERNE & SLEIGHTHOLME, 2014);
- ii) *Horváth Ranking* ou *Facet ranking* – cada palavra-chave ou classificação de patente empregada na estratégia de busca é considerada uma “faceta” e se analisa quantas facetadas são utilizadas em cada documento de patente recuperado. O documento que possuir o maior número de facetadas é considerado o mais relevante (MATERNE & SLEIGHTHOLME, 2014);
- iii) *Ranking pelo tamanho de família de patentes* – A priorização dos documentos de patentes leva em consideração o tamanho da família de patente, no qual quanto maior a família de patente de um documento, maior a sua relevância (ZMC INTELLECTUAL DATA SCIENCE & TECHNOLOGY CO. LTD, 2011);
- iv) *Cosine relevance ranking* – descrito por Salton & Buckley (1988), refere-se a uma metodologia que atribui peso aos termos (palavras-chave e classificações de patentes) utilizados na estratégia de busca. A técnica contempla três vetores: o vetor de frequência dos termos nos documentos recuperados, o vetor da frequência dos termos na coleção (banco de dados) e o vetor de normalização cosine ou o comprimento do vetor de ambas variáveis, a qual mede a semelhança entre elas;
- v) *Horváth-Materne* ou *Pivot ranking* – consiste em reorganizar os resultados levando em consideração alguns critérios de tal forma que os mais relevantes apareçam no topo da lista e foi desenvolvida e implementada pelo Escritório Europeu - EPO (MATERNE & SLEIGHTHOLME, 2014). Esta técnica se baseia em 3 passos fundamentais: 1) busca de palavras-chave no texto completo do documento de patente; 2) aplicação do *Facet Ranking* no resumo dos documentos recuperados; 3) aplicação do ranking de frequência para cada set das facetadas (MATERNE & SLEIGHTHOLME, 2014).

Tanto a técnica de Ranking de Frequência ou Ocorrência dos termos utilizados como a técnica *Facet Ranking* tem a vantagem na forma simples de serem aplicadas, pois não requerem o emprego de fórmulas matemáticas e análise de dados elaborados, dispensando assim o uso de programas de computador.

Levando em consideração a importância do uso da informação, científica e tecnológica, para análise dos avanços tecnológicos da propagação vegetativa de cana-de-açúcar, buscou-se identificar uma metodologia sistematizada de pesquisa, que permitisse avaliar sinergias entre inventores e pesquisadores. Tal metodologia não foi encontrada, nem mesmo uma que pudesse ser replicada para pesquisa da mesma família da cana-de-açúcar, a família Poaceae. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é estudar a utilização de diferentes termos de busca para o levantamento bibliográfico que

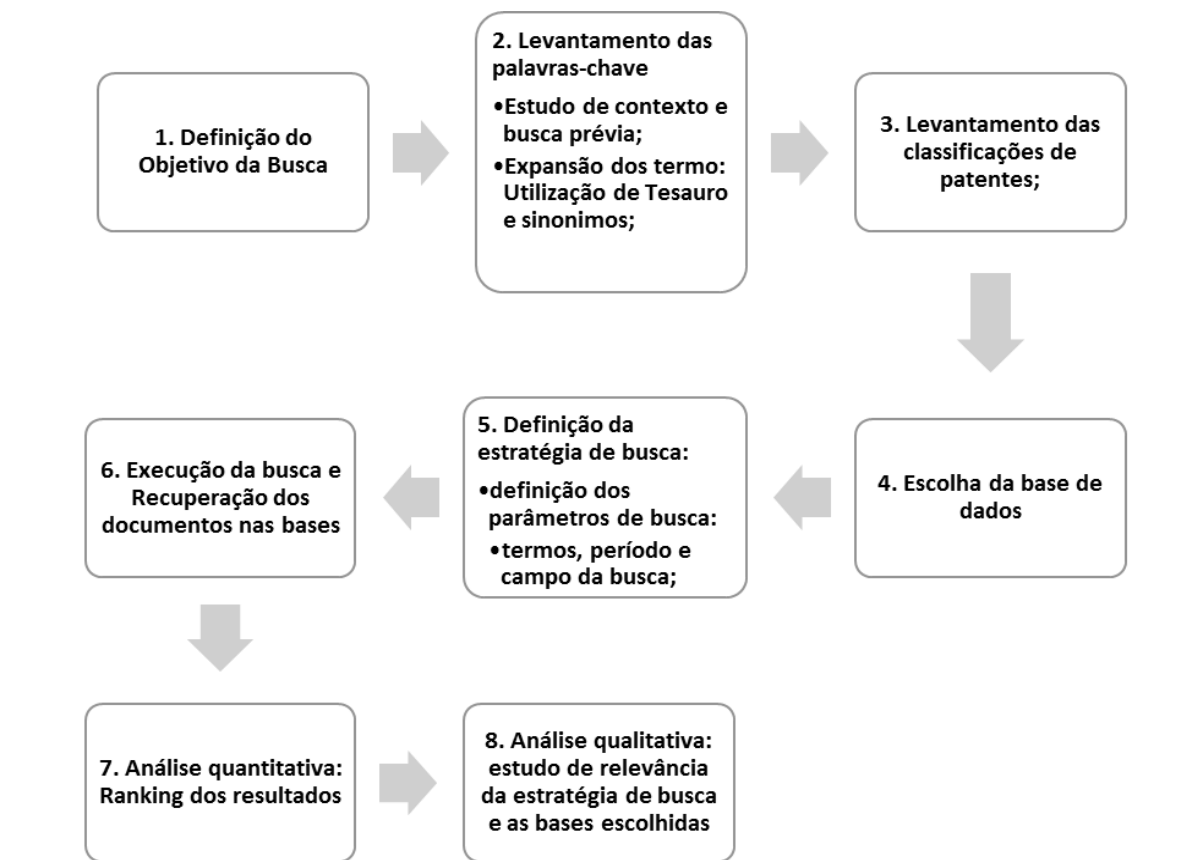
proporção de documentos relevantes consideradas pertinentes para a estratégia de busca, ou a relevância dos documentos recuperados (VAN DER DRIFT, 1991)

englobe publicações científicas e tecnológicas (documentos de patente) da cana-de-açúcar e outras espécies da mesma família de forma sistemática e que sirvam de referência para pesquisas no setor agroindustrial.

METODOLOGIA

O estudo do emprego dos termos de busca para levantamento de informações científicas e técnicas foi realizado em oito etapas e foi baseado na metodologia de recuperação da informação de patentes descrito pelos autores Hunt, Nguyen e Rodgers (2007), conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Etapas da Metodologia Sistematizada para levantamento bibliográfico de literatura patentária e científica sobre Mudanças de Cana-de-Açúcar.



Fonte elaboração própria baseado em Hunt, Nguyen e Rodgers (2007).

A primeira etapa consiste em definir claramente o objetivo da busca. No caso de avanços tecnológicos sobre propagação vegetativa de cana-de-açúcar, é importante considerar espécies da mesma família Poaceae que possuem interesse comercial, servindo de benchmarking, tais como o sorgo e o bambu.

A segunda etapa se refere ao levantamento das palavras-chave. Desta forma, realizou-se um levantamento dos conceitos referente a propagação vegetativa utilizando um tesouro específico para a área tecnológica, o AGROVOC Multilingual agricultural⁶⁶. Os principais conceitos foram:

- “seedling” ou “germination” para produção de plântulas,
- “seedlings” ou “plantlets” para plântulas,
- “vegetative propagation” para propagação vegetativa e
- “micropropagation” para técnicas de cultivo de tecidos meristemáticos ou micropropagação.

A terceira etapa refere-se ao levantamento das classificações de patentes. Para tal, utilizou-se a publicação oficial de Classificação Internacional de Patentes (CIP) através da busca por termos e foi identificada a seguinte classificação:

A01H - Novas Plantas ou Processos para Obtenção das Mesmas; Reprodução de Plantas por Meio de Técnicas de Cultura de Tecidos;

A escolha das bases foi realizada na etapa 4. Para a literatura não-patentária foram escolhidas as bases Web of Science, da Thomson Reuters, e a Scopus, da Elsevier, devido a abrangência de periódicos indexados. A base da Scopus difere da Web of Science, pois cobre mais periódicos da América Latina e o Caribe. Para a pesquisa da literatura patentária foi escolhida unicamente a base do Derwent Innovation Index, da Thomson Reuters, que abrange mais de 14,3 milhões de invenções básicas de 40 escritórios de patentes em todo o mundo.

A estratégia de busca (etapa 5) consiste em utilizar o máximo de palavras-chave da tecnologia e os principais sinônimos, delimitando o período de tempo que se pretende levantar os documentos.

A partir da execução da busca (etapa 6), os documentos recuperados são exportados para uma planilha Excel, separadas pelo ano da publicação, autores ou inventores, título e resumo.

A etapa 7 consiste na análise quantitativa dos dados recuperados, ou seja, técnicas capazes avaliar a efetividade da utilização dos termos empregados na estratégia. Utilizaram-se a metodologia de priorização por frequência de palavras e *Facet Ranking*.

A última etapa consiste na análise qualitativa, realizada através da leitura dos documentos que possuem maior ranking, verificando a pertinência do documento em relação a propagação vegetativa das espécies de cana, sorgo e bambu.

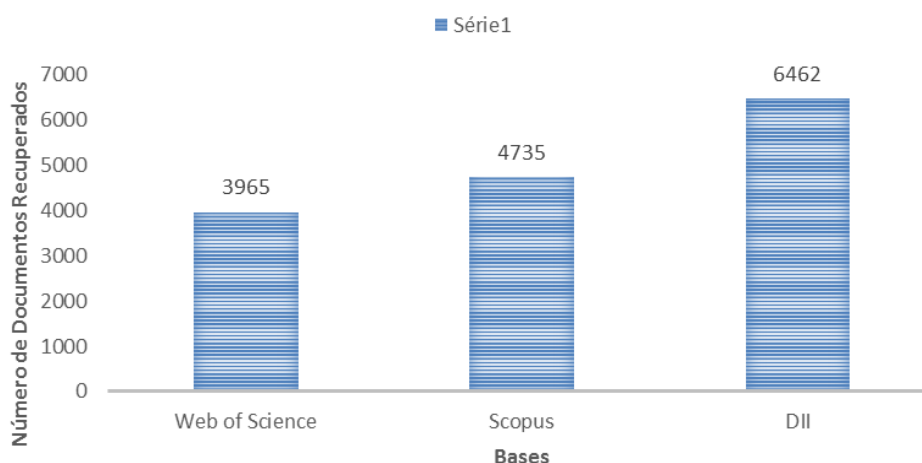
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de documentos recuperados utilizando as palavras-chave “sugarcane or saccharum”, “bambu* or bamboo*”, “sorghum or sorgo”, “vegetative or plant*” and “propagation or production” ou “seed* or germination or plantlets” no período de 2005 a 2014 foram de 3.965 na base Web of Science, 4.735 na base da Scopus e 6.462 na base de patentes (Figura 1). Percebe-se que o volume de documentos recuperados na base do Scopus é maior que a Web of Science, o qual pode ser atribuído as próprias características da base, que contempla países da América Latina e Caribe, mostrando assim o interesse desta região em P&D da cana-de-açúcar, principalmente se for levado em consideração que o Brasil é o

⁶⁶ O thesaurus AGROVOC, uma junção da agricultura e vocabulário, é um vocabulário controlado multilíngue abrangendo todas as áreas de interesse da Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO), incluindo alimentação, nutrição, agricultura, pesca, silvicultura e meio ambiente. Encontra-se disponível no site: <http://aims.fao.org/standards/agrovoc/functionalities/search>.

líder mundial em produção de cana (FAO, 2014). A base de patentes do Derwent Innovation Index apresentou o maior número de documentos recuperados, o qual reflete não só a abrangência da cobertura da base, como reforça a importância dos documentos de patentes frente aos demais documentos devido às características da estrutura do documento de patente que facilitam sua indexação nas bases de dados. Outra interpretação possível pode ser atribuída ao interesse dos países em proteger as tecnologias relacionadas com a propagação vegetativa.

Figura 1: Número de documentos recuperados nas diferentes bases utilizando termos associados com a propagação vegetativa de cana-de-açúcar, sorgo e bambu no período de 2005 a 2014.



Fonte: Elaboração própria em base a pesquisa feita na Web of Science, Scopus e Derwent Innovation Index (DII)

A partir do conjunto de documentos recuperados, foram selecionados uma amostra para análise quantitativa e qualitativa. Esta amostra foi composta pelos primeiros 500 documentos priorizados por relevância em suas respectivas bases e exportadas para planilha Excel. O resultado da análise quantitativa, medido pelo número de ocorrência dos termos utilizados na estratégia de busca em cada base encontra-se detalhada no Quadro 2. Percebe-se uma diferença entre as bases, principalmente entre as bases de artigos científicos e de patentes. A base Scopus apresentou maior ocorrência com termos relacionados a cana-de-açúcar em comparação às demais bases. Pode-se inferir que esta diferença se deve à indexação de revistas latino-americanas, onde o cultivo da cana é mais relevante. As palavras-chave relacionadas com a propagação vegetativa mais frequentes foram “*plant*” e “*seed*”, porém a primeira encontra-se em maior volume nas bases de artigos, enquanto que a segunda é mais expressiva na base de patentes. Esta diferença já mostra a objetividade dos documentos de patentes frente a artigos, pois “*seed*” abrange tanto sementes como mudas. As palavras-chave relacionadas com espécies comerciais da família Poaceae mais frequentes nas bases de artigos foram “*sugarcane*”, “*sorghum*”, enquanto que na base de patentes o truncamento da palavra bambu teve maior ocorrência. O termo “*sacharum*”, nome científico da cana-de-açúcar, só mostrou um número expressivo na base do Scopus. Estes resultados demonstram a importância de avaliar previamente a utilização de termos nas bases que gerem maior precisão na recuperação da informação.

Quadro 2: Número de Ocorrências registradas e Porcentagem para cada palavra chave utilizada na estratégia de busca nas diferentes bases do Portal Capes. Foram analisados 500 documentos de cada base.

Palavras chaves	Número de Ocorrência nas Bases		
Palavras chaves relacionadas com a família Poaceae	WoS	Scopus	DII
Sorghum	203	121	129
Sugarcane	181	378	86
Bamb	50	4	278
Saccharum	28	174	3
Palavras chaves relacionados com propagação vegetativa	WoS	Scopus	DII
Plant	365	399	191
Seed	185	170	437
Germination	53	56	21
Vegetative	20	29	2
Propagation	15	34	7
Plantlets	11	62	1

Fonte: Elaboração própria.

A partir destes resultados, aplicou-se a metodologia de priorização por *Facet Ranking*, utilizando as seguintes palavras-chave no campo resumo: plant, plantlets, vegetative, germination, saccharum, seed, propagation, sugarcane, bamb e sorghum (Quadro 3). O resultado mostrou que o número máximo de palavras chave presente em cada documento, doravante denominado facetas, foi de 6 palavras-chave no resumo do documento. O número zero do ranking pode ser interpretado como nenhuma palavra-chave da estratégia estava presente no resumo, porém o documento foi recuperado levando em consideração outros campos do documento, tal como o título ou no texto completo do documento. A maior frequência ocorreu com duas e três facetas (Quadro 3), ou seja, cada documento recuperado contempla a combinação de duas a três palavras-chaves no resumo. Esta informação, aliada a uma análise dos termos utilizados nestas combinações, auxiliam o pesquisador a traçar uma estratégia de busca mais efetiva.

Quadro 3: Análise dos documentos recuperados nas bases de publicações científicas e patentárias segundo a metodologia de priorização *Facet Ranking*.

Facetas	Número de Ocorrência		
	Frequencia WoS	Frequencia Scopus	Frequencia DII
0	6	3	24
1	80	33	26
2	246	149	279
3	137	194	121
4	28	93	44
5	2	26	4
6	1	2	2
Total	500	500	500

Fonte: Elaboração Própria.

As relações ou combinações das palavras-chave nos documentos recuperados estão representadas em uma matriz de relacionamento nos Quadros 4, 5 e 6 para as bases da Web of Science, Scopus e Derwent Innovation Index, respectivamente. Os valores iguais ou maiores a 30 estão destacadas em cor verde. Observa-se que as combinações mais frequentes na base do Web of Science foram entre as palavras *plant*, *seed*, *sorghum* e *sugarcane*, e com menor representatividade, próximo a 30, as palavras *germination* e bamb (bambu or bamboo). Não foi observado a recuperação da palavra *Saccharum* nesta base, indicando que o nome científico da cana-de-açúcar não é tão referenciado nestes documentos. A base da Scopus apresentou a maior quantidade de combinações, principalmente com os termos relacionados com a cana-de-açúcar, o que pode indicar que a fase de desenvolvimento tecnológico da propagação vegetativa da cana ainda está na fase científica. Os resultados na base do Derwent Innovation Index mostraram um comportamento mais semelhante a base do Web of Science, apesar da alta representatividade da palavra bamb. Estes resultados mostram que bases com o mesmo tipo de indexação, apresentam resultados similares, pois ambas WoS e DII pertencem a Thomson Reuters. Cabe destacar o maior volume de documentos de patente relacionados a propagação vegetativa de bambu em comparação aos artigos científicos.

Quadro 4: Matriz de relacionamento entre as palavras-chave utilizadas na estratégia de busca para literatura científica e patentária sobre propagação vegetativa de cana-de-açúcar, sorgo e bambu na base do Web of Science. N = 500.

WoS	Plant	Seed	Germination	Vegetative	Propagation	Plantlets	Sorghum	Sugarcane	Bamb	Saccharum
Plant	0	112	30	14	10	11	141	146	31	23
Seed	112	0	33	6	4	1	94	45	18	3
Germination	30	33	0	4	1	1	27	7	5	1
Vegetative	14	6	4	0	3	0	7	6	3	2
Propagation	10	4	1	3	0	2	3	6	6	1
Plantlets	11	1	1	0	2	0	0	8	1	1
Sorghum	141	94	27	7	3	0	0	11	1	3
Sugarcane	146	45	7	6	6	8	11	0	1	25
Bamb	31	18	5	3	6	1	1	1	0	1
Saccharum	23	3	1	2	1	1	3	25	1	0

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5: Matriz de relacionamento entre as palavras-chave utilizadas na estratégia de busca para literatura científica e patentária sobre propagação vegetativa de cana-de-açúcar, sorgo e bambu na base do Scopus. N = 500.

Scopus	Plant	Seed	Germination	Vegetative	Propagation	Plantlets	Sorghum	Sugarcane	Bamb	Saccharum
Plant	0	121	36	28	34	62	85	309	4	144
Seed	121	0	36	12	11	19	56	108	3	40
Germination	36	36	0	3	5	5	19	32	1	21
Vegetative	28	12	3	0	6	2	12	14	1	2
Propagation	34	11	5	6	0	17	3	26	3	6
Plantlets	62	19	5	2	17	0	3	56	2	37
Sorghum	85	56	19	12	3	3	0	26	0	14
Sugarcane	309	108	32	14	26	56	26	0	0	165
Bamb	4	3	1	1	3	2	0	0	0	0
Saccharum	144	40	21	2	6	37	14	165	0	0

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 6: Matriz de relacionamento entre as palavras-chave utilizadas na estratégia de busca para literatura científica e patentária sobre propagação vegetativa de cana-de-açúcar, sorgo e bambu na base do Derwent Innovation Index. N = 500.

DII	Plant	Seed	Germination	Vegetative	Propagation	Plantlets	Sorghum	Sugarcane	Bamb	Saccharum
Plant	0	159	17	2	7	1	68	54	72	3
Seed	159	0	18	2	5	1	117	80	266	3
Germination	17	18	0	0	1	0	6	3	12	0
Vegetative	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0
Propagation	7	5	1	0	0	0	2	4	1	0
Plantlets	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Sorghum	68	117	6	2	2	0	0	35	15	3
Sugarcane	54	80	3	2	4	1	35	0	10	2
Bamb	72	266	12	0	1	0	15	10	0	2
Saccharum	3	3	0	0	0	0	3	2	2	0

Fonte: Elaboração própria.

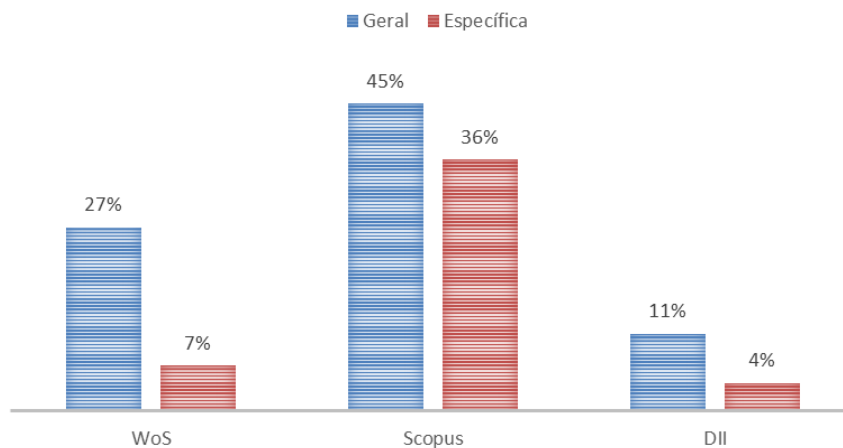
Anterior a análise qualitativa, realizou-se uma avaliação da relevância dos termos nos documentos recuperados através de uma busca prévia, tanto em documentos patentários como não-patentários, nas bases do Web of Science e Derwent Innovation Index. Foram analisados 100 documentos de forma aleatória, onde foi possível constatar as seguintes observações:

- 1) A palavra “*saccharum*” aparece associado tanto ao nome científico da cana-de-açúcar, sendo a mais comum a *Saccharum officinarum*, porém observaram-se outras formas de associação, tais como as palavras “*Acer*” e “*munja grass*”, as quais fogem muito do escopo da pesquisa;
- 2) O termo “*seedling**” foi mais específico para recuperar artigos relacionados com mudas do que o termo truncado *seed*;

Estas observações também ajudam na consolidação de uma estratégia de busca mais efetiva, recomendando a utilização de operadores booleanos NOT para os termos “*Acer*” e “*munja grass*”.

Em seguida, realizou-se a análise qualitativa em uma amostragem de 100 documentos a partir da priorização do *Facet Ranking*. Considerou-se dois parâmetros para a análise: a) relevância geral, definido como artigos ou patentes referenciando estudos sobre variedades de plantas ou uso de biocidas, os quais podem servir de subsídio para tecnologias de propagação vegetativa e b) relevância específico para metodologias de produção de mudas por propagação vegetativa de cana-de-açúcar, sorgo ou bambu. A Figura 2 mostra os resultados, no qual a base Scopus mostrou ser a mais precisa para recuperar documentos sobre a propagação vegetativa da cana-de-açúcar, com 36,5% dos documentos relevantes no universo analisado qualitativamente. Apesar do tamanho amostral relativamente pequeno em proporção ao volume das informações recuperados, estes resultados mostram as diferenças de cobertura (Figura 1) e a precisão da recuperação das informações nas diferentes bases (Figura 2), corroborando que a fase de desenvolvimento tecnológico da propagação vegetativa da cana-de-açúcar ainda está na fase de pesquisa.

Figura 2: Porcentagem de documentos relevantes para a propagação vegetativa, geral e específico, segundo a base de dados consultada: Web of Science (WoS), Scopus e Derwent Innovation Index (DII).



Fonte: Elaboração própria.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A principal contribuição deste trabalho é mostrar a importância em realizar estudos sistematizados para a escolha de termos destinados na recuperação de documentos científicos e de patente de forma mais eficiente, capazes de subsidiar a pesquisa e desenvolvimento na área agroindustrial, especificamente para tecnologias de propagação vegetativa. Ademais, o segmento estudado mostrou ser altamente relevante e promissor para o setor produtivo de cana-de-açúcar, refletido pelo alto número de artigos científicos e documentos de patente nesta área.

A metodologia adotada possibilitou identificar os termos ou palavras-chave mais precisas para recuperação de documentos de propagação vegetativa da cana-de-açúcar, destacando-se “*plant*” nas bases de artigos científicos e “*seed*” na base de patentes. Já as palavras “*vegetative*” e “*propagation*” não foram representativas em nenhuma base consultada, apesar de serem literalmente a tradução do termo “propagação vegetativa”. Os termos “*germination*” e “*plantlets*” mostraram ser representativas na base de artigos científico Scopus, ao igual que o termo “*Saccharum*”. O termo “*sugarcane*” mostrou ser mais preciso para recuperar documentos sobre cana-de-açúcar do que *Saccharum* nas demais bases. Muitas destas diferenças são relacionadas a indexação das bases e diferenças no linguajar técnico das bases de patentes frente às bases de literatura científica.

Em relação a utilização de espécies que sirvam como *benchmark* nas pesquisas sobre propagação vegetativa de cana-de-açúcar, observou-se que o sorgo (*Sorghum*) é mais preciso em artigos científicos, enquanto que tanto o sorgo como o bambu podem ser úteis na literatura patentária.

Pode-se concluir que a base Scopus teve uma precisão melhor na recuperação de documentos para a tecnologia de propagação vegetativa de cana-de-açúcar. Entretanto, recomenda-se que o levantamento de informações não seja limitado a uma única base, contemplando pesquisas em bases de patentes que possam contribuir com maior objetividade para o setor agroindustrial.

Como perspectivas futuras, recomenda-se avaliar se as diferenças nas bases de artigos e de patentes realmente reflete o estado de desenvolvimento da tecnologia de propagação vegetativa, bem como verificar se a cobertura maior da Scopus está relacionada com um maior interesse dos países latinos na produção de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

Bolsa CNPq – Convênio INPI-CNPq.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALBERTS D. et al. Dominic. Introduction to Patent Searching: Practical Experience and Requirements for Searching the Patent Space. **The Information Retrieval Series**, V.29, pp 3-43, 2011.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta; SIMÕES, Rodrigo; BAESA, Adriano; CAMPOLINA, Bernardo; SILVA, Leandro. A Distribuição Espacial da Produção Científica Tecnológica Brasileira: uma Descrição de Estatísticas de Produção Local de Patentes e Artigos Científicos. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 1, n. 2 jul/dez, p. 225-251,2002.

BONINO, Dario; CIARAMELLA, Alberto; CORNO, Fulvio. Review of the state-of-the-art in patent information and forthcoming evolutions in intelligent patent informatics. **World Patent Information**, v.32, p.30-38, 2010.

CAO, Yang; FAN, Ju; LI, Guoliang. A User-Friendly Patent Search Paradigm. **IEEE Transactions On Knowledge and Data Engineering**, V. 25, N.6, pg. 1439-1443, jun, 2013.

CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, A. T. Mapeamento dos esforços tecnológicos dos programas de melhoramento genético de cana de açúcar no Brasil. In: ALTEC 2013 – XV Congresso da Associação Latino-Iberoamericana de Gestão de Tecnologia, 2013, Porto. **Anais do Congresso da ALTEC 2013**, 2013.

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. Método para obtenção de propágulos vegetais para micropropagação de cana-de-açúcar, para produção de semente sintética de cana-de-açúcar, para armazenamento de semente sintética, para produção de mudas, propágulos viáveis, e, semente sintética de cana-de-açúcar. **BR 10 2013 007727 5 A2**, 68 p.,14 jul. 2015.

DIAS, Cleber Gustavo, ALMEIDA, Roberto Barbosa de. Produção científica e produção tecnológica: transformando um trabalho científico em pedidos de patente. **Einstein** (São Paulo) [online], vol.11, n.1, pp. 1-10, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-45082013000100003. Acesso: outubro de 2015.

FAO. Estatística da produção mundial de cultivo de cana-de-açúcar, ano base 2014. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> Acesso: 20 mai 2016.

FERREIRA, Ademir Antônio; GUIMARAES, Edílson Rodrigues and CONTADOR, José Celso. Patente como instrumento competitivo e como fonte de informação tecnológica. **Gest. Prod.** [online], vol.16, n.2, pp. 209-22, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2009000200005&script=sci_abstract&tlng=pt Acesso: outubro de 2015.

GOEDKEN J. F. Methods and apparatus to search and analyze prior art. **US2005210042 (A1)**, 44p., 22 set. 2005.

GUO, Yunsong; GOMES, Carla P. Ranking Structured Documents: A Large Margin Based Approach for Patent Prior Art Search. **IJCAI, USA**, jul., pg.11-17, 2009.

HUNT, David; NGUYEN, Long; RODGERS, Matthew. Patent Searchig: Tools & Techniques. **John Wiley&Sons, Inc.** p. 188, 2007.

KOBE UNIV, & KANEKA CORP. Patent Ranking Device and Patent Ranking Method. **JP 2014199661 (A)**, 39p, 23 out. 2014.

LANDELL *et al.* Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de muda pré-brotadas (MPB) oriundas de gemas individualizadas. **Documentos IAC**, Campinas, 109, 2012.

MAGDY, Walid; JONES, Gareth J. F. Examining the Robustness of Evaluation Metrics for Patent Retrieval with Incomplete Relevance Judgements, **CLEF**, 2010.

MARICATO, João de Melo. NORONHA, Daisy Pires. Coclasseificação em artigos e patentes em biodiesel. **Linc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 85-102, maio 2013. Disponível em: <http://revista.ibict.br/liinc/index.php/liinc/article/view/510/391> Acesso: outubro de 2015.

MATERNE, Alain; SLEIGHTHOLME, Gershom. Methods of ranking search results for searchers based on multiple search concepts carried out in multiple database. **World Patent Information**, v. 36, pg. 4-15, 2014.

MOELLER, Ansgar; MOEHRLE, Martin G. Completing keyword patent search with semantic patent search: introducing a semiautomatic iterative method for patent near search based on semantic similarities. **Scientometrics**, V.102, pg.77-96, 2015.

MONCHAUX, Sophie; AMADIEU, Franck; CHEVALIER, Aline; MARINÉ, Claudette. Query strategies during information searching: Effects of prior domain knowledge and complexity of the information problems to be solved. **Information Processing and Management**, V.51, pg.557-569, 2015.

MOURA, Ana Maria Mielniczuk de. **A interação entre artigos e patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em biotecnologia**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação, 269 f. 2009.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; SIMPRINI, E. S.; RODRIGUES, O. M.; CANTO, F.; ROVANHOL, P.; CONSOL, M. H. A dimensão do setor sucroenergético: mapeamento e quantificação da safra 2013/14. 1. Ribeirão Preto: **Markestrat, Fundace, FEA-RP/USP**, v. 1. 46p, 2014.

NIEVES N., ZAMBRANO Y., TAPIA R., CID M., PINA D., CASTILLO R. Field performance of artificial seed-derived sugarcane plants. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.75, n.3, p. 279-282, 2003.

NIJHOF, Evert. Searching? Or trying to find something? The comforts of searching versus the challenges of finding. **World Patent Information**, v. 33, p. 360-363, 2011.

OLIVEIRA, Luciana Goulart de et al. Informação de patentes: ferramenta indispensável para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 28, supl. p. S36-40, dez. 2005.

RAVASCHIO, Juliana de Paula; FARIA, Leandro Innocentini Lopes de; QUONIAM, Luc. O uso de patentes como fonte de informação em dissertações e teses de engenharia química: o caso da Unicamp. **Rev. digit. bibliotecon. cienc. inf.** v. 7, n. 2, p. 219-232, 2010.

ROBERTSON, S. E. The probability ranking principle in IR. **J. Documentation**, v. 33, n.4, pp. 294-304, 1977.

SALTON, Gerard; BUCKLEY, Christopher. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. **Information Processing and Management**, p.513-523, 1988. Disponível em: <http://www.cs.odu.edu/~jbollen/IR04/readings/article1-29-03.pdf> Acesso: outubro, 2015.

SILVEIRA, Murilo Artur Araújo da. **O artigo científico como fonte de informação utilizada na literatura cinzenta**. Monografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.

VALOR. Novas tecnologias buscam modernizar o plantio de cana. Publicado em: 26 ago 2014. Disponível em: <http://alfonsin.com.br/novas-tecnologias-buscam-modernizar-o-plantio-de-cana/> Acesso: 02/02/2015

WINTER, E.; LIMA, Araken A.; MENDES, C. D. S. Mapeamento tecnológico da cadeia produtiva do etanol proveniente da cana-de-açúcar sob enfoque dos pedidos de patentes: cenário brasileiro. In: Luís Augusto Barbosa Cortez. (Org.). Bioetanol de Cana-de-Açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: **Editora Edgar Blucher**; 2010.

ZMC INTELLECTUAL DATA SCIENCE & TECHNOLOGY CO. LTD. Ranking analysis system and method of patent family numbers of applicants. CN **101996177 (A)**, 6p., 30 mar. 2011.

ANEXO 5 - DESCRIÇÃO DETALHADA DAS BASES DA TOMSOM REUTEURS, WEB OF SCIENCE® E DERWENT INNOVATION INDEX.

Continua

Web of Science®

São indexados livros acadêmicos, revistas revisadas por pares, artigos de pesquisa originais, revisões, editoriais, cronologias, resumos, bem como outros itens. As áreas de pesquisa incluem a agricultura, ciências biológicas, engenharia, ciências médicas e de vida, ciências físicas e químicas, antropologia, direito, ciências da biblioteca, arquitetura, dança, música, cinema e teatro. As bases de dados bibliográficas de contagem de citações (Science Citation Indexes - ISI) são:

- Science Citation Index Expanded: Mais de 8,850 revistas em 150 disciplinas - 1900 até presente.
- Social Sciences Citation Index: Mais de 3.200 revistas em 55 disciplinas de ciências sociais, bem como itens selecionados de 3.500 das principais revistas científicas e técnicas do mundo - 1900 até o presente.
- Arts & Humanities Citation Index: Mais de 1.700 revistas de artes e humanidades, bem como itens selecionados em mais de 250 revistas científicas e de ciências sociais - de 1975 a presente.
- Emerging Sources Citation Index: Mais de 5000 revistas – 2015 a presente.
- Book Citation Index: Mais de 80.000 livros selecionados editorialmente com 10.000 novos livros adicionados a cada ano – a partir de 2005 a presente.
- Conference Proceedings Citation Index: índice multidisciplinar cobrindo mais de 180 conferências - a partir de 1990 – presente.

Derwent Innovation Index

A base contém mais de 11 milhões de invenções básicas e 22 milhões de patentes, com cobertura desde 1963 até o presente. Cerca de 25.000 novos registros de patentes são adicionados ao banco de dados por semana. Possui referências citadas e citações recebidas de seis principais Escritórios de Patente (PCT-Tratado de Cooperação de Patentes, Estados Unidos - USPTO, Europa - EPO, Alemanha, Grã-Bretanha e Japão) desde 1973. As informações de patentes são extraídas de 40 órgãos emissores de patentes em todo o mundo e são organizadas em três categorias, ou seções:

- Chemical (Química),
- Engineering (Engenharia) e
- Electrical and Electronic (Eletricidade e Eletrônica).

Principais vantagens:

- Títulos descritivos - Como os títulos originais das patentes costumam ser pouco informativos, os especialistas do Derwent redigem títulos descritivos e concisos, descrevendo as invenções e suas inovações.
- Resumos - Os especialistas em assunto do Derwent analisam as especificações das patentes e redigem descrições de 250 a 500 palavras sobre as características e inovação das invenções. Os resumos são redigidos em inglês, independentemente do idioma da patente.
- Família de patentes - À medida que são depositados os pedidos de patentes em países de todo o mundo, o Derwent reúne-os em uma estrutura de família de patentes. A seguir, o Derwent acompanha o desenvolvimento das patentes, indexando todas as atualizações recebidas dos diversos órgãos internacionais emissores de patentes.
- Códigos de classes Derwent - Projetado para todas as tecnologias, este processo de codificação valioso permite aos usuários pesquisar com rapidez e facilidade a literatura das patentes de uma categoria específica de invenções.

Códigos manuais Derwent - Acrescentados pelos indexadores do Derwent, indicam os aspectos técnicos da inovação e as aplicações de uma invenção. Usar os códigos manuais para criar uma estratégia de pesquisa detalhada pode aumentar de forma significativa a velocidade e a precisão da pesquisa.

ANEXO 6 - LISTA COMPLETA DAS CLASSIFICAÇÕES DO DERWENT

Continua

Chemical Sections (A - M)	Descrição
A	Polymers and Plastics
A1	Addition and Natural Polymers
A11	Polysaccharides natural rubber other natural polymers (only a restricted range of (modified) natural polymers are included. Thus starch would be excluded, but chemically modified starch included).
A12	Polymers of di-and higher olefins acetylenics nitroso compounds.
A13	Polymers of aromatic mono-olefins including polystyrene.
A14	Polymers of other substituted mono-olefins including PVC, PTFE.
A17	Polymers of unsubstituted aliphatic mono-olefins including polyethylene.
A18	Addition polymers in general.
A2	Condensation Polymers
A21	Epoxides aminoplasts phenoplasts.
A23	Polyamides polyesters. (including polycarbonates, polyesteramides) alkyds other unsaturated polymers.
A25	Polyurethanes polyethers.
A26	Other condensation polymers including silicone polymers and polyimides (mineral silicates and similar materials would not usually appear in Section A).
A28	Condensation polymers in general.
A3	Processing: General
A31	Preliminary processes.
A32	Polymer fabrication - such as moulding, extrusion, forming, laminating, spinning.
A35	Other processing and general - including vulcanisation, welding of plastics and adhesive processes. Testing.
A4	
A41	Monomers and Condensants
A6	
A60	Additives and Compounding Agents
A8	Applications
A81	Adhesives and binders - including chipboard.
A82	Coatings, impregnations, polishes - excluding textile finishing.

Continuação

A83	Clothing, footwear.
A84	Household and office fittings - including carpets and carbon paper.
A85	Electrical applications.
A86	Fancy goods, games, sports, toys.
A87	Textile auxiliaries.
A88	Mechanical engineering and tools e.g. valves, gears and conveyor belts.
A89	Photographic, laboratory equipment, optical - including electrophotographic, thermographic uses.
A9	Applications
A91	Ion-exchange resins, polyelectrolytes.
A92	Packaging and containers - including ropes and nets.
A93	Roads, building, construction flooring.
A94	Semi-finished materials - fibres, films, foams.
A95	Transport - including vehicle parts, tyres and armaments.
A96	Medical, dental, veterinary, cosmetic.
A97	Miscellaneous goods not specified elsewhere - including papermaking, gramophone records, detergents, food and oil well applications.
B	Pharmaceuticals
B01	Steroids - including systems containing carbocyclic and/or heterocyclic rings fused onto the basic steroidal ring structure.
B02	Fused ring heterocyclics.
B03	Other heterocyclics.
B04	Natural products and polymers. Including testing of body fluids (other than blood typing or cell counting), pharmaceuticals or veterinary compounds of unknown structure, testing of microorganisms for pathogenicity, testing of chemicals for mutagenicity or human toxicity and fermentative production of DNA or RNA. General compositions.
B05	Other organics - aromatics, aliphatic, organo-metallics, compounds whose substituents vary such that they would be classified in several of B01 - B05.
B06	Inorganics - including fluorides for toothpastes etc.
B07	General - tablets, dispensers, catheters (excluding drainage and angioplasty), encapsulation etc, but not systems for administration of blood or saline or IV feeding etc.
C	Agricultural Chemicals
C01	Organophosphorus organometallic - i.e. compounds containing other than H, C, N, O, S and halogen.
C02	Heterocyclic.

C03	Other organic compounds, inorganic compounds and multi- component mixtures. Polymers and proteins.
C04	Fertilisers - including urea and phosphoric acid production. Also soil modifiers and plant growth media. Chemical aspects of compost production.
C05	Biological control - excluding veterinary medicine, but including use of microorganisms, predators and natural products.
C06	Biotechnology - including plant genetics and veterinary vaccines.
C07	Apparatus, formulation, general. including veterinary syringes, general formulations where the active compound is not central to the invention (e.g. wettable powders) and analysis.
D	Food, Detergents, Water Treatment and Biotechnology
D1	Food and Fermentation
D11	Baking - including bakery products, flour, doughs, bakery ovens, dough transporting and/or handling equipment, pies and pasta, but not flour milling . (A21).
D12	Butchering, meat treatment, processing poultry or fish . (A22).
D13	Other foodstuffs and treatment - including preservation of food, milk, milk products, butter substitutes, edible oils and fats, non-alcoholic beverages, artificial sweeteners, food additives and animal feed . (A23B A23C A23D A23E A23F A23G A23H A23I A23J A23K A23L).
D14	General foodstuffs machinery - excluding machines which can be classified in D11- 13 . (A23N A23P).
D15	Chemical or biological treatment of water, industrial waste and sewage - including purification, sterilising or testing water, scale prevention, treatment of sewage sludge, regeneration of active carbon which has been used for water treatment and impregnating water with gas e.g. CO ₂ , but excluding plant and anti-pollution devices . (C02).
D16	Fermentation industry - including fermentation equipment, brewing, yeast production, production of pharmaceuticals and other chemicals by fermentation, microbiology, production of vaccines and antibodies, cell and tissue culture and genetic engineering.
D17	Sugar and starch industry . (C07H C13).
D18	Skins, hides, pelts, leather and chemical treatment of tobacco.
D2	Cosmetics, Disinfectants and Detergents
D21	Preparations for dental or toilet purposes - including filling alloys, compositions for dentures or dental impressions, anti-caries chewing gum, plaque disclosing compositions, toothpastes, cosmetics, shampoos, topical anti-sunburn compositions and toilet soaps . (A61K).
D22	Sterilising, bandages, dressing and skin-protection agents - including sterilising agents (other than for food), sutures, plaster casts, bioactive prostheses, contact lenses, diapers, animal litter, timber, preservatives, disinfectants, bactericidal detergents, deodorants, insect repellent compounds, moth proofers, sheep dip . (A61L).
D23	Oils, fats and waxes - including fatty acids, essential oils, but excluding butter (substitutes) and montan wax . (C11B C11C).

Continuação

D24	Soap (limited to metal salts of fatty acids which are used for cleaning) . (C11D).
D25	Detergents - other than soap and used for cleaning . (C11D).
E	General Chemicals
E1	General Organic
E11	Containing P and/or Si.
E12	Organometallics - ie containing other than H, C, N, O, S, halogens, Si and P.
E13	Heterocyclics.
E14	Aromatics - i.e. containing at least one benzene ring.
E15	Alicyclics.
E16	Aliphatics - containing N and/or halogen.
E17	Other aliphatics.
E18	General hydrocarbon mixtures.
E19	Other organic compounds general - organic compounds of unknown or indefinite structure general mixtures of many types organic reactions (e.g. nitration, resolution) when applied generally.
E2	Dyestuffs
E21	Azo - including diazonium compounds.
E22	Anthracene - including those containing more than 3 rings.
E23	Heterocyclic.
E24	Other dyes, all precursors.
E3	General Inorganic
E31	Compounds of V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Tc, Re, Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt, Pa, U and subsequent actinides.
E32	Compounds of Ti, Zr, Hf, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Te, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi.
E33	Compounds of Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Sc, Y, La, Ac, Al, lanthanides (Rare-earths), Th.
E34	Compounds of Li, Na, K, Rb, Cs, Fr.
E35	Ammonia, cyanogen and their compounds - including HCN and cyanamide, but not hydrazine.
E36	Non-metallic elements, semi-metals (Se, Te, B, Si) and their compounds (except for E35).
E37	Mixtures of many components inorganic reactions and processes of general applicability.
F	Textiles and Paper- Making
F01	Threads and fibres - natural or artificial spinning - including the production of mineral and carbon fibres . (D01).
F02	Yarns - mechanical finishing of yarns or ropes warping or beaming . (D02 D07).

F03	Weaving - including finished products . (D03).
F04	Braiding, knitting - including trimmings and non-woven fabrics . (D04).
F05	Sewing, embroidering, tufting - including finished products . (D05).
F06	Chemical-type treatment of textiles . (D06B D06L D06M D06P D06Q).
F07	Other textile applications - include mechanical treatment of fabrics . (D06C D06F D06G D06H D06J D06L D06M).
F08	Flexible sheet materials - consisting of polymer-coated fibrous web, including end products not classified in other sections . (D06N).
F09	Paper-making production of cellulose, chemical treatment of wood - including chipboard and fibre-board . (D21).
G	Printing, Coating, and Photographic (C09C).
G01	Inorganic pigments and non-fibrous fillers . (C09C).
G02	Inks, paints, polishes polymer-based paints and inks are also classified in Section A . (C09D C09F C09G).
G03	Adhesives - excluding dispensers. Polymeric adhesives are also classified in Section A . (C09H C09J).
G04	Miscellaneous compositions - including luminescent and tenebrescent materials, de- icing/de-misting compositions, mastics, heat transfer compositions and aerosol-can filling mixtures . (C09H).
G05	Printing materials and processes . (B41 B41M B41N).
G06	Photosensitive compositions and bases photographic processes - includes photo-resist coatings . (G03C).
G07	Photo-mechanical production of printing surfaces . (G03F).
G08	Electrography, electrophotography and magnetography . (G03G).
H	Petroleum
H01	Obtaining crude oil and natural gas - including exploration, drilling, well completion, production and treatment. General off-shore platform and drilling technology is included together with the treatment of tar sands and oil shales . (C10G E21B).
H02	Unit operations - including distillation, sorption and solvent extraction . (C10G).
H03	Transportation and storage - only large scale systems are included. Road tankers and retail petrol station-type applications are excluded. Treatment of pollution from marine oil tankers is included.
H04	Petroleum processing - including treating, cracking, reforming, gasoline preparation - biosynthesis based on hydrocarbon feedstocks is included . (C10G).
H05	Refinery engineering.
H06	Gaseous and liquid fuels - including pollution control. Chemical aspects of catalytic exhaust systems for cars are included as well as liquid or gaseous fuels of non-petroleum origin e.g. methanol or ethanol-based fuels. Combustion improvement additives for liquid fuels are included . (C10L).

Continuação

H07	Lubricants and lubrication - this excludes self-lubricating surfaces e.g. PTFE coated surfaces and lubrication systems in general. The section includes lubricants of non-petroleum origin eg silicone oils . (C10M).
H08	Petroleum products, other than fuels and lubricants - this includes hydraulic fluids and electrical oils even when of non-petroleum origin . (C10M).
H09	Fuel products not of petroleum origin - excluding coal handling, preparation or mining, but including coking, briquetting, peat processing synthesis, gas production, coal gasification. Combustion improvement additives for coal, peat and other non-hydrocarbon based fuels are included in this Section together with coal liquefaction and desulphurisation.
J	Chemical Engineering
J01	Separation - including evaporation, crystallisation, solvent extraction, chromatography, dialysis, osmosis including drying gases and/or vapours, and separation of solids from gases, liquids and other solids. Isotope separation, filter materials (including molecular sieves for separation), and centrifuges (except where used for analysis) . (B01D B03 B04 B07B).
J02	Mixing and including dispersing . (B01F).
J03	Electrochemical processes and electrophoresis - including ozone production, brine electrolysis, water electrolysis, production of chemical compounds and non-metallic elements, but excluding batteries or other means of producing power and the treatment of metals . (C25B).
J04	Chemical/physical processes/apparatus - including catalysis, catalysts (excluding specific e.g. enzymatic or polymerisation catalysts), colloid chemistry, laboratory apparatus and methods, testing, controlling, general encapsulation, detection and sampling (excluding clinical testing) . (B01J B01L).
J05	Boiling and boiling apparatus - including generation of steam unless for power plant . (B01B).
J06	Storing or distributing gases or liquids - including gas holders, vessels for gases, decantation and vaporisation of gases, pipelines and pipe systems, but excluding those for hydrocarbon gases or liquids and laying of pipelines . (F17).
J07	Refrigeration ice gas liquefaction/solidification - including machines, freezing of (semi)liquids, gas separation/ liquefaction by cooling or pressure, fractionation of air . (F25).
J08	Heat transfer and drying - including direct/indirect heat exchangers, heat transfer apparatus, drying processes . (F26 F28).
J09	Furnaces, kilns, ovens, retorts including furnace constructional details and accessories, but only where of general application . (F27).
K	Nucleonics, Explosives and Protection
K01	Fire fighting, fire-extinguishing compositions - excluding fire engines, sprinkler systems, hose reels and protective clothing . (A62D with K2).
K02	Protection against chemical warfare breathing apparatus - chemical aspects only . (A62D with K1).
K03	Explosive charges ammunition, fuses, blasting including only complete devices, except missile systems . (F42).
K04	Explosives, matches - including detonators, chemical lighters, pyrophoric compositions, fire works, distress signals, chemical lasers, smoke generation, gas attack compositions, generation of gas for blasting or propulsion but only their chemical aspects . (C06).

K05	Nuclear reactors and simulators - including reactor processes, components and accessories, but excluding power plant . (G21B G21C).
K06	Nuclear power plant - including reprocessing used nuclear fuel . (G21D).
K07	Health physics - including radiation protection (other than against sunlight), monitoring devices, decontamination, radioactive waste disposal and protective clothing . (G21F).
K08	Nucleonics X-ray techniques - including conversion of chemical elements, nuclear explosives and plasma techniques other than electron beam or plasma welding methods and apparatus and X-ray films . (G01T G21G G21H G21J G21K H05G H05H).
L	Refractories, Ceramics, Cement and Electro(in) Organics
L01	Glass - includes chemical compositions, batch treatment, furnaces, flat glass forming, hollow-ware forming, post- forming and glass/ceramics, but not lens designs, bottling, bottle-washing, closures for containers, glazing designs, glass cutting, chamfering edges, printing on glass, disposing of used glass or the production of pure sodium silicate. Chemical aspects of optical fibres . (C03).
L02	Refractories, ceramics, cement - includes manufacturing methods, limes, soil preparation for (road) building, magnesias and slags, cements, mortars, concretes, abrasives, thermal or acoustic insulation (non)oxide ceramics and ceramic composites, but not brick making, concrete mixers or casting or potters wheels . (C04).
L03	Electro-(in)organic - chemical features of conductors, resistors, magnets, capacitors and switches, electric discharge lamps, semiconductor and other materials, batteries, accumulators and thermo-electric devices, including fuel cells, magnetic recording media, radiation emission devices, liquid crystals and basic electric elements.
M	Metallurgy
M1	Metal Finishing
M2	Metals
Engineering Sections (P - Q)	
P	General
P1	Agriculture, Food, Tobacco
P11	Soil working, planting . (A01B A01C).
P12	Harvesting . (A01D A01F).
P13	Plant culture, dairy products . (A01G A01H A01J).
P14	Animal care . (A01K A01L A01M).
P15	Tobacco . (A24).
P2	Personal, Domestic
P21	Wearing apparel . (A41 A42).
P22	Footwear . (A43).

Continuação

P23	Haberdashery, jewellery . (A44).
P24	Hand, travelling articles, brushes . (A45 A46).
P25	Office furniture . (A47B).
P26	Chairs, sofas, beds . (A47C A47D).
P27	Shop, household, furnishings . (A47F A47G A47H).
P28	Kitchen, sanitary equipment . (A47J A47K A47L).
P3	Health, Amusement
P31	Diagnosis, surgery . (A61B).
P32	Dentistry, bandages, veterinary, prosthesis . (A61C A61D A61F).
P33	Medical aids, oral administration . (A61G A61H A61J).
P34	Sterilising, syringes, electrotherapy . (A61L A61M A61N).
P35	Life-saving, fire-fighting . (A62).
P36	Sports, games, toys . (A63).
P4	Separating, Mixing
P41	Crushing: centrifuging, separating solids . (B02 B03 B04).
P42	Spraying, atomising . (B05).
P43	Sorting, cleaning, waste disposal . (B06 B07 B08 B09).
P5	Shaping Metal
P51	Rolling, drawing, extruding . (B21B B21C).
P52	Metal punching, working, forging . (B21D B21E B21F B21G B21H B21I B21J B21K B21L).
P53	Metal casting, powder metallurgy . (B22).
P54	Metal milling, machining, electroworking . (B23B B23C B23D B23E B23F B23G B23H).
P55	Soldering, welding metal . (B23K).
P56	Machine tools . (B23P B23Q).
P6	Shaping Non-Metal
P61	Grinding, polishing . (B24).
P62	Hand tools, cutting . (B25 B26).
P63	Working, preserving wood . (B27).
P64	Working cement, clay, stone . (B28).
P7	Pressing, Printing
P71	Presses . (B30).

P72	Working paper . (B31).
P73	Layered products . (B32).
P74	Printing: lining machines . (B41B B41C B41D B41E B41F B41G).
P75	Typewriters, stamps, duplicators . (B41J B41K B41L B41M B41N).
P76	Books, special printed matter . (B42).
P77	Writing, drawing appliances . (B43).
P78	Decorative art . (B44).
P8	Optics, Photography, General
P81	Optics . (G02).
P82	Photographic apparatus . (G03B).
P83	Photographic processes, compositions . (G03C).
P84	Other photographic . (G03D G03E G03F G03G G03H).
P85	Education, cryptography, adverts. . (G09).
P86	Musical instruments, acoustics . (G10).
Q	Mechanical
Q1	Vehicles in General
Q11	Wheels, tyres, connections . (B60B B60C B60D B60E B60F).
Q12	Suspension, heating, doors, screens . (B60G B60H B60I B60J).
Q13	Transmissions, controls . (B60K).
Q14	Electric propulsion, seating . (B60L B60M B60N).
Q15	Transporting special loads . (B60P).
Q16	Vehicle lighting, signalling . (B60Q).
Q17	Vehicle parts, fittings, servicing . (B60R B60S).
Q18	Brake-control systems . (B60T).
Q19	Air-cushion vehicles . (B60V).
Q2	Special Vehicles
Q21	Railways . (B61).
Q22	Hand, motor vehicles . (B62B B62C B62D).
Q23	Cycles . (B62H B62I B62J B62K B62L B62M).
Q24	Ships . (B63).

Continuação

Q25	Aircraft, aviation, cosmonautics . (B64).
Q3	Conveying, Packaging, Storing
Q31	Packaging, labelling . (B65B B65C).
Q32	Containers . (B65 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13 D14 D15 D16 D17 D18 D19 D20 D21 D22 D23 D24 D25 D26 D27 D28 D29 D30 D31 D32 D33 D34 D35 D36 D37).
Q33	Closures (B65 D39 D40 D41 D42 D43 D44 D45 D46 D47 D48 D49 D50 D51 D52 D53 D54 D55).
Q34	Packaging elements, types . (B65 D57 D58 D59 D60 D61 D62 D63 D64 D65 D66 D67 D68 D69 D70 D71 D72 D73 D74 D75 D76 D77 D78 D79 D80 D81 D82 D83 D84 D85 D86 D87 D88 D89 D90 D91).
Q35	Refuse collection, conveyors . (B65F B65G).
Q36	Handling thin materials . (B65H).
Q37	Container traffic (pre-1984 only) . (B65H).
Q38	Hoisting, lifting, hauling . (B66).
Q39	Liquid, handling, saddlery, upholstery . (B67 B68).
Q4	Buildings, Construction
Q41	Road, rail, bridge construction . (E01).
Q42	Hydraulic engineering, sewerage . (E02 E03).
Q43	General building constructions . (E04B).
Q44	Structural elements . (E04C).
Q45	Roofing, stairs, floors . (E04D E04F).
Q46	Building aids, special structures . (E04G E04H).
Q47	Locks, window and door fittings . (E05).
Q48	Blinds, shutters, ladders, doors . (E06).
Q49	Mining . (E21).
Q5	Engines, pumps
Q51	Machines, engines in general . (F01).
Q52	Combustion engines, gas turbines . (F02B F02C F02D F02E F02F F02G).
Q53	Jet engines, fuel supply . (F02K F02M).
Q54	Starting, ignition . (F02N F02P).
Q55	Machines, engines for liquids . (F03).
Q56	Pumps . (F04).
Q57	Fluid-pressure actuators . (F15).

Q6	Engineering Elements
Q61	Securing machine parts together . (F16B).
Q62	Shafts, bearings . (F16C).
Q63	Couplings, clutches, brakes, springs . (F16D F16F).
Q64	Belts, chains, gearing . (F16G F16H).
Q65	Pistons, cylinders, packing . (F16J).
Q66	Valves, taps, cocks . (F16K).
Q67	Pipes, joints, fittings . (F16L).
Q68	Other engineering elements . (F16M F16N F16O F16P F16Q F16R F16S F16T).
Q69	Storing/distributing gas/liquid . (F17).
Q7	Lighting, Heating
Q71	Lighting . (F21).
Q72	Steam generation . (F22).
Q73	Combustion equipment/processes . (F23).
Q74	Heating, ranges, ventilating . (F24).
Q75	Refrigeration, liquefaction . (F25).
Q76	Drying . (F26).
Q77	Furnaces, kilns, ovens, retorts . (F27).
Q78	Heat exchange in general . (F28).
Q79	Weapons, ammunition, blasting . (F41 F42).
Electrical & Electronic Sections(S - X)	
S	Instrumentation, Measuring and Testing
S01	Electrical Instruments (G01R G12B).
S02	Engineering Instrumentation (G01B G01C G01D G01E G01F G01G G01H G01L G01M G01P).
S03	Scientific Instrumentation (G01J G01K G01N G01T G01U G01V G01W).
S04	Clocks and Timers (G04B G04C G04D G04E G04F G04G).
S05	Electrical Medical Equipment (A61 A61N).
S06	Electrophotography and Photography (G03 G03G).
T	Computing and Control
T01	Digital Computers (G06C G06D G06E G06F G06T).

Continuação

T02	Analogue and Hybrid Computers (G06G G06J).
T03	Data Recording (G11B).
T04	Computer Peripheral Equipment (G06K).
T05	Counting, Checking, Vending, ATM and POS Systems (G06M G07B G07C G07D G07E G07F G07G).
T06	Process and Machine Control (G05B G05D).
T07	Traffic Control Systems (G08G).
U	Semiconductors and Electronic Circuitry
U11	Semiconductor Materials and Processes (C30B H01L).
U12	Discrete Devices (H01L).
U13	Integrated Circuits (H01L).
U14	Memories, Film and Hybrid Circuits (G11C H01L).
U21	Logic Circuits, Electronic Switching and Coding (H03K H03M).
U22	Pulse Generation and Manipulation (H03K H03L).
U23	Oscillation and Modulation (H03B H03C H03D H03L).
U24	Amplifiers and Low Power Supplies (H03F H03G G05F H02M).
U25	Impedance Networks and Tuning (H03H H03J).
V	Electronic Components
V01	Resistors and Capacitors (H01C H01G).
V02	Inductors and Transformers (H01F).
V03	Switches, Relays (H01H).
V04	Printed Circuits and Connectors (H01R H05K).
V05	Valves, Discharge Tubes and CRTs (H01J H05G).
V06	Electromechanical Transducers and Small Machines (H04R H03H H02K).
V07	Fibre-optics and Light Control (G02B G02F).
V08	Lasers and Masers (H01S).
W	Communications
W01	Telephone and Data Transmission Systems (H04L H04M H04Q).
W02	Broadcasting, Radio and Line Transmission Systems (H01P H01Q H04 H04K).
W03	TV and Broadcast Radio Receivers (H04).
W04	Audio/Video Recording and Systems (G10H G11B H04N).

W05	Alarms, Signalling, Telemetry and Telecontrol (G08B G08C).
W06	Aviation, Marine and Radar Systems (G01S).
W07	Electrical Military Equipment and Weapons (F41).
X	Electric Power Engineering
X11	Power Generation and High Power Machines (H02K H02N).
X12	Power Distribution Components and Converters (H01B H01T H02G H02J H02M).
X13	Switchgear, Protection, Electric Drives (H02B H02H H02P).
X14	Nuclear Power Generation (G21 H05H).
X15	Non-Fossil Fuel Power Generating Systems (F03D F24J).
X16	Electrochemical Storage (H01M).
X21	Electric Vehicles (B60L).
X22	Automotive Electrics (F02P F02D F02M F02N F21M B60K B60Q B60R B60T).
X23	Electric Railways and Signalling (B60L B61L).
X24	Electric Welding (B23K).
X25	Industrial Electric Equipment (H05B F27).
X26	Lighting (F21 H01J H01K).
X27	Domestic Electric Appliances (A47 F24).

ANEXO 7 - TABELA 8.2.5 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE PESQUISADORES EM EQUIVALÊNCIA DE TEMPO INTEGRAL, POR SETORES INSTITUCIONAIS(1), DE PAÍSES SELECIONADOS, 2000-2013

		(em percentual)													
Países	Setor	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
África do Sul	Empresas	-	20,8	-	29,4	29,6	34,1	32,9	31,3	31,8	30,6	25,7	22,1	21,3	-
	Governo	-	15,0	-	16,6	11,4	11,4	14,9	15,8	15,7	14,8	14,2	13,1	13,0	-
	Ensino Superior	-	62,7	-	52,2	57,7	53,4	51,1	51,8	51,3	53,6	59,1	63,8	64,3	-
Alemanha	Empresas	59,4	59,7	58,5	60,2	60,0	61,3	61,1	59,9	59,6	57,7	56,7	56,3	56,6	56,4
	Governo	14,6	14,6	14,7	14,4	15,6	14,7	14,8	15,0	15,0	15,5	15,8	16,0	15,8	15,7
	Ensino Superior	26,0	25,7	26,8	25,4	24,3	24,0	24,0	25,1	25,4	26,7	27,6	27,7	27,6	27,9
Argentina	Empresas	12,2	11,9	11,3	11,3	12,4	11,8	11,4	10,8	10,5	9,6	8,9	8,8	8,6	8,6
	Governo	36,1	36,8	37,6	37,3	38,8	41,7	42,4	44,1	45,1	45,9	45,1	44,8	45,0	45,4
	Ensino Superior	50,0	49,5	49,3	49,3	46,3	44,6	44,7	43,5	42,7	42,8	44,5	45,2	45,2	44,9
Austrália	Empresas	24,6	-	27,9	-	28,0	-	28,4	-	29,9	-	-	-	-	-
	Governo	13,2	-	11,0	-	10,4	-	10,0	-	8,9	-	-	-	-	-
	Ensino Superior	59,9	-	58,5	-	58,4	-	58,3	-	57,8	-	-	-	-	-
Brasil	Empresas	40,6	39,5	38,5	36,1	36,5	37,6	35,1	32,8	30,8	28,2	25,9	-	-	-
	Governo	6,4	6,0	5,5	5,7	5,6	5,3	5,3	5,3	5,4	5,5	5,5	-	-	-
	Ensino Superior	52,4	53,8	55,1	57,3	56,9	56,3	58,8	61,1	63,0	65,5	67,8	-	-	-
Canadá	Empresas	62,0	63,9	63,2	62,2	62,4	61,7	62,7	62,6	62,6	62,1	59,6	59,5	56,8	-
	Governo	6,9	6,0	6,5	5,9	5,5	6,1	5,8	5,8	5,6	6,1	6,1	5,8	6,1	-
	Ensino Superior	30,9	29,9	30,1	31,6	31,7	31,7	30,9	31,3	31,5	31,5	34,0	34,4	36,7	-
China	Empresas	50,9	52,3	54,7	56,2	57,1	62,3	63,5	66,4	68,6	61,4	61,1	62,1	62,1	62,2
	Governo	27,8	25,1	23,3	22,3	20,6	17,9	17,2	16,2	15,0	19,0	19,1	19,0	19,2	19,5
	Ensino Superior	21,3	22,6	22,0	21,6	22,3	19,8	19,3	17,4	16,4	19,5	19,8	18,9	18,7	18,4
Cingapura	Empresas	51,9	50,9	50,8	52,8	58,3	59,8	59,5	59,4	59,7	53,3	51,5	51,7	50,6	-
	Governo	7,5	6,3	7,2	6,8	6,3	5,7	5,8	5,8	6,1	6,0	5,5	5,4	5,1	-
	Ensino Superior	40,6	42,8	42,0	40,4	35,4	34,4	34,7	34,8	34,3	40,7	43,0	42,9	44,2	-
Coréia	Empresas	66,3	73,5	73,4	73,6	74,2	76,6	77,8	74,9	77,5	75,7	76,5	77,4	78,3	78,7
	Governo	10,7	8,8	8,0	7,9	7,8	7,1	7,0	7,1	6,6	7,5	7,5	7,3	7,0	7,2
	Ensino Superior	21,8	16,9	17,6	17,5	17,1	15,2	14,2	16,9	14,7	15,6	14,9	14,1	13,9	13,0
Espanha	Empresas	27,2	23,7	29,6	29,8	31,7	31,9	34,5	34,3	35,4	34,5	33,7	34,5	35,4	36,3
	Governo	16,6	16,7	15,2	16,7	17,0	18,6	17,3	17,5	17,2	18,1	18,1	17,6	17,2	16,8
	Ensino Superior	54,9	58,6	54,9	53,2	51,1	49,2	47,9	48,0	47,1	47,2	48,0	47,7	47,1	46,8
Estados Unidos	Empresas	-	-	-	-	-	-	-	-	69,9	69,9	67,1	68,1	68,7	-
	Governo	4,8	4,8	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ensino Superior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
França	Empresas	47,1	49,9	51,1	52,2	53,7	52,8	53,9	56,2	56,4	57,0	59,1	59,6	60,4	60,3
	Governo	15,2	12,9	12,9	12,7	12,2	12,8	12,2	12,0	12,0	12,2	10,9	10,8	10,6	10,6
	Ensino Superior	35,8	35,2	34,1	33,4	32,4	32,7	32,3	30,4	30,3	29,3	28,9	28,6	27,9	27,9
Itália	Empresas	39,5	39,8	39,3	38,2	38,3	33,9	33,9	35,3	38,1	37,5	37,0	37,5	37,1	40,5
	Governo	21,7	19,5	19,0	19,9	19,8	17,5	18,8	18,6	16,2	16,4	16,9	17,7	18,5	17,4
	Ensino Superior	38,9	40,7	39,7	39,5	39,2	44,9	42,6	41,8	41,6	42,3	42,0	41,3	40,9	38,8
Japão	Empresas	65,1	66,0	69,2	70,3	69,7	70,7	70,6	70,7	75,0	74,8	74,8	74,8	74,5	73,5
	Governo	4,8	5,2	5,4	5,2	5,2	5,0	4,9	4,8	4,9	5,0	4,9	4,9	4,9	4,7
	Ensino Superior	27,7	27,2	23,6	22,9	23,6	22,9	23,3	23,3	18,8	19,0	19,1	19,2	19,5	20,7
México	Empresas	-	17,4	24,6	25,8	40,4	45,3	41,2	42,5	31,5	37,7	28,8	30,0	-	-
	Governo	-	30,3	20,5	19,1	17,0	15,0	20,2	19,3	21,3	19,3	23,7	23,6	-	-
	Ensino Superior	-	51,7	50,9	51,1	40,4	38,0	36,5	35,8	44,3	40,4	44,2	43,0	-	-
Portugal	Empresas	14,1	15,4	17,2	18,7	18,9	19,0	25,3	30,1	25,5	25,5	25,5	27,7	28,1	28,9
	Governo	21,2	20,6	18,7	17,0	16,4	15,8	13,2	11,2	7,9	6,9	5,9	5,7	4,0	3,7
	Ensino Superior	51,3	50,4	50,1	49,7	50,8	51,9	48,8	46,5	57,3	58,3	57,5	53,9	56,1	55,1
Reino Unido	Empresas	50,3	50,0	48,3	45,8	41,2	37,7	36,9	35,5	34,2	33,0	32,8	35,4	35,3	36,1
	Governo	8,8	5,5	4,7	4,4	4,0	3,7	3,5	3,4	3,5	3,4	3,4	3,0	3,0	3,0
	Ensino Superior	-	-	-	-	-	57,0	58,0	59,6	60,6	61,7	62,3	59,9	60,0	59,3
Rússia	Empresas	57,2	56,1	56,0	54,9	53,9	51,2	51,0	50,6	50,2	48,9	47,8	48,0	46,2	46,6
	Governo	28,1	28,6	29,6	30,0	31,0	33,3	33,1	32,6	32,4	33,1	32,8	31,6	33,7	32,9
	Ensino Superior	14,3	14,8	14,1	14,6	14,8	15,2	15,6	16,3	17,0	17,6	19,1	20,1	19,7	20,2

Fonte(s): Organisation for Economic Co-operation and Development, Main Science and Technology Indicators, 2015/1 e Brasil: Coordenação-Geral de Indicadores (CGIN) - ASCAV/SEXEC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Elaboração: Coordenação-Geral de Indicadores (CGIN) - ASCAV/SEXEC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

1) Não foi considerado o setor privado sem fins lucrativos.

Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/338912.html>