



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
EIXO ACADÊMICO MESTRADO/DOUTORADO

GUSTAVO DA SILVA MOTTA

UMA ABORDAGEM PATENTO-CIENTOMÉTRICA PARA AVALIAÇÃO
DE EMPRESAS INOVADORAS

Salvador

2012

GUSTAVO DA SILVA MOTTA

**UMA ABORDAGEM PATENTO-CIENTOMÉTRICA PARA AVALIAÇÃO
DE EMPRESAS INOVADORAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Administração.
Orientador: Prof. Dr. Rogério H. Quintella

Salvador

2012

TERMO DE APROVAÇÃO
GUSTAVO DA SILVA MOTTA

**UMA ABORDAGEM PATENTO-CIENTOMÉTRICA PARA
AVALIAÇÃO DE EMPRESAS INOVADORAS**

Tese aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Administração, do Núcleo de Pós-graduação em Administração da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora.

Prof. Dr. Rogério Hermida Quintella_____

Escola de Administração - Universidade Federal da Bahia (EAUFBA)

Prof^a Dra. Adelaide Maria de Souza Antunes_____

Escola de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ/UFRJ)/ Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)

Prof. Dr. Elias Ramos-de-Souza _____

Instituto Federal da Bahia (IFBA) – Agência Nacional do Petróleo (ANP)

Prof. Dr. José Vitor Bomtempo _____

Escola de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ/UFRJ)

Prof Dr. Sandro Cabral _____

Escola de Administração - Universidade Federal da Bahia (EAUFBA)

Salvador, 18 de outubro de 2012

RESUMO

Palavras-chave: Cientometria. Patentometria. Avaliação de Projetos Inovadores. Fundos de Investimento.

Esta tese tem o **objetivo** de propor uma abordagem patente-cientométrica para avaliação de projetos inovadores, por fundos de capital de risco. Observa-se a importância dos investimentos dessa natureza no desenvolvimento de empresas de base tecnológica e seus impactos positivos no desenvolvimento econômico de regiões e países. Entretanto observa-se, também, que os gestores dos fundos de investimento têm dificuldade para objetivar a avaliação das propostas de investimento. Para tanto, está estruturada em cinco capítulos, dos quais três correspondem a artigos de natureza científica submetidos nos últimos seis meses à avaliação para publicação em periódicos nacionais e internacionais de expressivo reconhecimento na área desta pesquisa. Os outros dois capítulos são a introdução e a meta-conclusão. **Método:** na primeira fase, que envolve os Capítulos 2 e 3, foram selecionados dois casos de empresas investidas pelo fundo Criatec, para a construção de indicadores cientométricos e patentométricos e avaliação do potencial destes para a compreensão das tecnologias analisadas quando de sua avaliação; na segunda fase, que envolve o Capítulo 4, foi realizada uma análise comparativa de cinco empresas, considerando os indicadores cientométricos e patentométricos construídos na primeira fase, agrupados pelos critérios não financeiros (tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe) de análise de propostas de investimento. **Resultados:** conclui-se que os indicadores cientométricos e patentométricos, além de auxiliar na compreensão dos aspectos relacionados aos critérios não-financeiros abordados neste estudo (tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe), contribuem para a construção de um método de priorização de investimento de capital de risco. A metodologia empregada pode ser útil à instrumentalização de processos de seleção de projetos pelos investidores de risco, ao incorporar um maior conhecimento a respeito da dinâmica da produção em ciência e tecnologia relacionada ao produto das empresas sob análise, além de, em uma análise comparativa, poder facilitar o processo de escolha entre diversos projetos.

ABSTRACT

Keywords: Scientometrics. Patentometrics. Assessment on Innovation Projects. Venture Capital Funds.

This thesis **aims** to propose a patento-scientometric approach for evaluation of innovative projects by venture capital funds. This study highlights the importance of such investments in the development of technology-based firms and their positive impacts on the economic development of regions and countries. However, it is also observed that the managers of venture capital funds find it difficult to objectify the evaluation of investment proposals. Therefore, it is structured in five chapters, three of which correspond to scientific articles submitted in the last six months to review for publication in national and international journals of significant recognition in this research area. The other two chapters are the introduction and meta-conclusion.

Method: In the first phase, which involves Chapters 2 and 3, we selected two cases of investees by Criatec Fund for the construction of scientometric and patentometric indicators and evaluating the potential of these technologies to understanding the analyzed upon its review; in the second phase, which involves Chapter 4, we performed a comparative analysis of five companies considering scientometric and patentometric indicators built in the first phase, grouped by nonfinancial criteria (technology, market, divestment and team) analysis of investment proposals.

Results: concludes that scientometrics and patentometrics indicators, in addition to helping the understanding aspects of the non-financial criteria related in this study (technology, market, divestment and team), contribute to building a method of prioritizing venture capital investment. The methodology can be useful tools for the selection process of projects by venture capitalists, by incorporating a greater knowledge about the dynamics of production in science and technology related to the product of the companies under review, and, in a comparative analysis, able to support the process of choosing between several projects

À

minha filha querida, Clara
e aos meus pais Renato e Nelba.

AGRADECIMENTOS

Muitos foram aqueles que contribuíram para a construção deste estudo. Tenho certeza da minha incapacidade de nomear todos aqui. Não por falta de reconhecimento, mas por falta de espaço. Por isso usarei muitos coletivos e destacarei aqueles que tiveram maior participação. Assim, agradeço:

A meu orientador, professor Dr. Rogério Hermida Quintella, pela competência, parceria, amizade e confiança.

A meus pais, Renato e Nelba, fieis companheiros de todos os momentos, sábios conselheiros, até no silêncio; meus melhores amigos.

A Clara, que sempre compreendeu minha ausência, ilumina meu caminho e me faz grande.

A meus irmãos, Alexandre e Daniel, grandes referências da minha vida.

A meus grandes amigos Daniel Armond, Júlio Andrade e Roberto Brasileiro, parceiros em todas as fases desse processo. A Janssen e Leide pelos “papos” construtivos

A meu principal incentivador, o amigo e mentor Marcos Lima.

A Mariana Fagundes, por ter me dado a mão, me feito parte da sua família e ofertado o apoio numa das fases mais difíceis desse processo.

Aos amigos do Criatec, especialmente Gustavo Junqueira e Haim Mesel pelas importantes informações disponibilizadas

Aos Professores Dr. Elias Ramos-de-Souza, Dra. Adelaide Maria de Souza Antunes e Dra. Suzana Borschiver pelas grandes contribuições oferecidas no momento da qualificação desta tese.

Aos amigos da UFF, que me acolheram. Em especial, a Murilo Alvarenga e Pauli Garcia, que emprestaram seus vastos conhecimentos à construção desta tese. A Márcio Abdalla, Ilton Curty e Pítias Teodoro, pela paciência, pelas conversas proveitosas e pela descontração do dia-a-dia.

Aos amigos do Núcleo de Pós-Graduação em Administração (NPGA) e seus colaboradores, em especial a Anaélia e Dacy pela atenção

Aos amigos do IBES, em especial a Paloma Branco, por toda confiança depositada em mim e apoio dado.

"Aquilo que se sabe, saber que se sabe; aquilo
que não se sabe, saber que não se sabe;
na verdade é este o saber."

CONFÚCIO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Relacionamento entre os objetivos específicos e objetivo geral.	24
Figure 2.1. Input and output of scientific and technological activity. Data based on Guzmán Sánchez (1999).....	32
Figure 2.2. Principal Metric Indicators. Data from Macias-Chapula (1998, p. 137)....	33
Figure 2.3. Outline of Methodology	35
Figure 2.4. Evolution of the global production of articles and patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide.....	40
Figure 2.5. Evolution of the four principal topics of interest in articles related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide.....	44
Figure 2.6. Evolution of the four principal topics of interest in patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide.....	44
Figure 2.7. Evolution of the publication of articles related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide with and without international collaboration (1991-2010).....	45
Figure 2.8. Evolution of the number of countries with co-authors who produced articles related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide – Cumulative and Non-cumulative (1990-2010).....	47
Figure 2.9. Position of Brazilian scientific production related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide compared to the three most prolific countries in this area – Non-Cumulative (1991-2010).....	48
Figure 2.10. Countries designated by patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide (1990-2010)	49
Figure 2.11. Topics of interest of articles and patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide, by country and relationships (1990-2010).....	50
Figure 2.12. Evolution of organizations that published articles related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide – Cumulative and Non-cumulative (1991-2010).....	51
Figure 2.13. Evolution of organizations that deposited patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide – Cumulative and Non-cumulative (1991-2010).....	52

Figure 2.14. Network of organizations that published/registered articles and patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide and their relationships	53
Figure 2.15. Topics of scientific interest related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide, by co-active organization, and their relationships	54
Figure 2.16. Network of co-active and non co-active organizations in the publication of articles related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide.	55
Figure 2.17. Network of co-active and non co-active organizations in the deposit of patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide.	55
Figure 2.18. Network of co-authorship of the principal entrepreneur of the enterprise analysed.	56
Figura 3.1 – Esquema Sintético dos Procedimentos Metodológicos	69
Figura 3.2 – Evolução da Produção Global de Artigos e Patentes Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais	72
Figura 3.3 – Evolução do Tema de Interesse “Processos” das Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais (1991-2010)	75
Figura 3.4 – Evolução da Publicação de Artigos Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais com e sem Colaboração Internacional (1991-2010).....	76
Figura 3.5 - Evolução do Número de Países com Coautores que Produziram Artigos Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais – Cumulativo e Não Cumulativo (1991-2010).....	77
Figura 3.6 – Evolução das Organizações que Publicaram Artigos Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais – Cumulativo e Não Cumulativo (1991-2010)	79
Figura 3.7 – Evolução das Organizações que Depositaram Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais – Cumulativo e Não Cumulativo (1991-2010)	80

Figura 3.8 – Rede das Organizações que Publicaram/Registraram Artigos e Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais e suas Relações	81
Figura 3.9 – Temas de Interesse Científico Relacionado ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais, por Organização Coativa e suas Relações	82
Figura 3.10 – Rede de Organizações Coativas e Não Coativas, na Produção de Artigos Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais.....	83
Figura 3.11 – Rede de Organizações Coativas e Não Coativas, no Depósito de Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais.	85
Figure 4.1 – Indicators and Dimensions of Technology Criteria	105
Figure 4.2 – Indicators and Dimensions of Market Criteria.....	106
Figure 4.3 – Indicators and Dimensions of Divestment Criteria.....	107
Figure 4.4 – Indicators and Dimensions of Team Criteria.....	109
Figure 4.5 – Comparative position of the five firms in Technology Criteria.....	116
Figure 4.6 – Comparative position of the five firms in Market Criteria	117
Figure 4.7 – Comparative position of the five firms in Divestment Criteria	118
Figure 4.8 – Comparative position of the five firms in Team Criteria	119
Figure 5.1 – Relacionamento entre as conclusões e tese.....	134

LISTA DE TABELAS

Table 2.1. Topics of interest of articles and patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide	43
Table 2.2. Participation of countries with co-authors in scientific production related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide (1991-2010) ..	48
Table 2.3. Number of patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide, by designated country	49
Table 2.4. Co-active organizations (1991-2010).....	52
Tabela 3.1 – Temas de Interesse dos Artigos e Patentes Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais	74
Tabela 3.2 – Volume de Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais, por Países Designados	78
Tabela 3.3 – Organizações Coativas	80
Table 4.1– Comparison from indicators by dimensions and criteria of assessment of investment opportunities.....	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCC – Banker, Charnes & Cooper
BNB – Banco do Nordeste do Brasil
BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCR – Charnes, Cooper & Rhodes
CNPq – Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPP - Composição Probabilística de Preferências
CT&I – Ciência, Tecnologia e Inovação
DEA – Data Envelopment Analysis
DII – Derwent innovation Index
DMU – Decision-Making Units
FMIEE – Fundo Mútuo de Investimento em Empresas Emergentes
GDP – Gross Domestic Product
GRA – Grey Relational Analysis
GVCEPE – Centro de Estudos em Private Equity e Venture Capital da Fundação Getúlio Vargas
IAO – Indicador de Aproveitamento de Oportunidades
ICT – Institutos de Ciência e Tecnologia
IPC – International Patent Classification
IPO – Initial Public Offering
ISI – Institute for Scientific Information
NSF - National Science Foundation
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMPI – Organização Mundial da Propriedade Intelectual
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
R&D – Research and Development
SCI – Science Citation Index
SiC – Silicon Carbide
SNI – Sistemas Nacionais de Inovação
S&T – Science and Technology
STI – Science, Technology and Innovation
TOPSIS – Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UOI – Utilization of Opportunities Indicator
VC – Venture Capital
VP – Vantage Point
WIPO – World Intellectual Property Organization
WoS – Web of Science

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução	16
Contextualização.....	16
O Venture Capital.....	18
Avaliação e Seleção de Projetos.....	19
Questões de Pesquisa	20
Justificativa.....	20
Objetivos de Pesquisa	23
Estrutura da Tese.....	24
Capítulo 2 - Assessment of Non-Financial Criteria in the Selection of Investment Projects for Seed Capital Funding: the Contribution of Scientometrics and Patentometrics	27
2.1 Introduction	27
2.2 Scientometrics and Patentometrics.....	30
2.3 Methodological Strategy.....	35
2.4 Presentation of data	39
2.4.1 Technology	39
2.4.2 Market.....	46
2.4.3 Divestment.....	51
2.4.4 Team.....	56
2.5 Final Considerations	57
2.6 Conclusion and limitations.....	59
2.7 References.....	60
Capítulo 3 – Indicadores Cientométricos e Patentométricos para Seleção de Projetos por Fundos de Investimento	64
3.1 Introdução	64

3.2 Cientometria e Patentometria.....	66
3.3 Procedimentos Metodológicos	68
3.4 Apresentação dos Dados Segundo as Dimensões de Análises Não Financeiras do Fundo	71
3.4.1 Critério Tecnologia.....	71
3.4.2 Critério Mercado	76
3.4.3 Critério Desinvestimento	79
3.4.4 Critério Equipe	85
3.5 Considerações Finais.....	86
3.6 Conclusão e Limitações	88
3.7 Referências	90
Capítulo 4 – A Patento-Scientometric Approach for Venture Capital Investment	
Prioritization.....	95
4.1 Introduction	95
4.2 Venture Capital	97
4.3 Case Description.....	99
4.4 Methodology.....	101
4.4.1 Search Methodology	102
4.4.2 Construction of the Scientometric and Patentometric Indicators.....	103
4.4.3 Comparative Analysis	109
4.5 Analysis of the Data	111
4.6 Conclusions.....	119
4.7 References.....	121
Capítulo 5 – Meta-Conclusões	128
Limitações da presente pesquisa.....	134
Recomendações e implicações para futuras pesquisas	134
Referências	136

Capítulo 1 ã Introdução

Contextualização

O processo de avaliação de empresas inovadoras é um tema estratégico para organizações acadêmicas, governamentais e empresariais. Isto porque, esses atores enfrentam situações em que é necessário tomar decisões a respeito do investimento em inovações, seja com foco na gestão tecnológica, seleção de propostas de investimento ou subvenção econômica.

Assumindo as preocupações schumpeterianas no debate sobre transformações tecnológicas e desenvolvimento econômico (como competitividade, pressões da demanda e investimento), tem-se que o desenvolvimento de produtos e processos produtivos de uma empresa repercute diretamente em seu desempenho financeiro. O comportamento empreendedor, com a introdução e ampliação de inovações tecnológicas e organizacionais nas empresas, constituiria o fator essencial para as transformações na esfera econômica e para o desenvolvimento no longo prazo (SCHUMPETER, 1982).

Na mesma linha de pensamento Freeman (1982) destaca a importância da inovação como condição para que empresas e governos tenham um bom desempenho na economia internacional frente às oscilações de mercado e ameaças da concorrência.

No Brasil, a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, conhecida como Lei de Inovação (BRASIL, 2004), é considerada um importante marco, pois estimulou, com base nos preceitos dominantes no *mainstream* da literatura sobre inovação: (1) o desenvolvimento de ambientes cooperativos entre universidades, institutos tecnológicos e empresas, em prol da inovação; (2) a participação de organizações acadêmicas nos processos de inovação; (3) a inovação nas empresas, inclusive com recursos públicos; (4) o inventor independente; (5) e a criação de fundos de investimentos para a inovação.

Para as empresas, os benefícios da Lei de inovação são: (1) a possibilidade de compensação dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no imposto de renda; (2) a permissão de investimento de recursos públicos não-reembolsáveis (subvenção econômica) para investimentos em P&D; (3) a possibilidade de incubação de empresas em espaços públicos; (4) e do compartilhamento de infraestrutura, equipamentos e recursos humanos, públicos e privados.

A Lei de Inovação ainda regulamenta a participação do pesquisador público nos processos de inovação tecnológica desenvolvidos no setor produtivo. Adicionada ao Decreto n. 2553/98 (BRASIL, 1998), que assegura aos servidores públicos a possibilidade ganhos econômicos sobre os resultados de pesquisas, permitindo que os pesquisadores de instituições públicas obtenham ganhos resultantes do licenciamento de seus inventos, houve um incentivo, no âmbito acadêmico, aos pesquisadores a investirem em suas pesquisas, o que resulta em uma invenção e/ou inovação.

Assim, com a possibilidade de investimento de recursos públicos na iniciativa privada, o incentivo à articulação entre Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) e o estímulo à obtenção de ganhos por parte dos pesquisadores, a partir da transformação de suas produções científicas em tecnologias, houve um forte reforço à atividade de inovação por parte de empresas já estabelecidas e emergentes (muitas vezes de propriedade de pesquisadores acadêmicos) fundos de investimento (públicos e privados), agências de fomento, universidades, incubadoras de empresas e parques tecnológicos.

Evidência disso são o surgimento e o crescimento dos fundos de investimento em empresas de base tecnológica. A importância deste segmento tem crescido nos últimos anos, segundo o Centro de Estudos em Private Equity e Venture Capital da FGV-EAESP – GVCEPE (2008), em função dessas políticas públicas e ações governamentais de apoio à indústria.

O Venture Capital

O Venture Capital (VC) ganhou destaque nos EUA, na década de 1950, tendo reconhecidamente um importante papel no desenvolvimento do Silicon Valley e de inúmeras empresas de base tecnológica, as quais respondem por importantes impactos nas inovações realizadas dentro das empresas, criação de emprego e crescimento econômico na região e no país (Birch, 1979; Dushnitsky & Lenox, 2005; Global Insight, 2007; Kortum & Lerner, 2000).

Gompers & Lerner (2001) definem o investimento de venture capital como uma atividade de intermediação financeira entre empreendedores e investidores para o desenvolvimento de empresas de base tecnológica, tipicamente emergentes e pequenas, marcadas pela incerteza. Os investidores assumem alto risco, adquirindo participação acionária no empreendimento, e por outro lado, visam um elevado potencial de retorno. Destacamos, então, a partir desta definição, algumas características que envolvem o VC: (1) a presença de dois agentes (investidor e investido); (2) investimento em empreendimentos percebidos como de elevado potencial de retorno, por conta do desenvolvimento de inovações tecnológicas; e (3) riscos elevados.

Em uma operação de venture capital há, por um lado, o empreendedor que busca recursos financeiros para criar ou ampliar o seu negócio, e por outro, o investidor que busca a oportunidade de realizar o investimento em uma atividade produtiva (Gompers & Lerner, 2001). Assim, considerando a visão do investidor, ao analisar a segunda característica do VC (elevado retorno), pode-se afirmar que ele só irá arriscar seu capital nos empreendimentos que demonstrem potencial de retorno acima da média dos investimentos.

Oakey (1984) justifica esse potencial observando que são as empresas de base tecnológica que apresentam a maior probabilidade de retorno, principalmente porque operam em mercados com poucos competidores e seus produtos só podem ser copiados por pesquisadores que dominam aquela específica área tecnológica.

Por outro lado, a terceira componente da definição de Gompers e Lerner (2001) implica que as empresas de base tecnológica, alvo dos investidores de VC, trazem, de forma inerente, a incerteza e o risco aos que nelas investem. Assim, ao se associar a uma empresa adquirindo suas ações, o investidor de VC não conta com as garantias comuns a outros tipos de operações financeiras, como empréstimos ou financiamentos (avalistas, fiadores, hipotecas, penhoras, etc.). Ou seja, se o negócio investido não obtiver o desempenho projetado, o investidor pode ter prejuízo, eventualmente alcançando o total investido. Por isso, antes de realizar o investimento, o investidor deve analisar cuidadosamente suas opções e oportunidades (Battini, 1985) visando à redução dos riscos inerentes às inovações, principalmente: risco de mercado, risco tecnológico e risco organizacional (Day, Schoemaker & Gunther, 2000).

Avaliação e Seleção de Projetos

No contexto da avaliação e seleção de projetos, MacMillan, Siegel & Narasimha (1989) identificaram os principais focos dos critérios usados pelos investidores para a avaliação de propostas de investimentos: (1) o empreendedor e a equipe do projeto; (2) o produto (ou tecnologia); (3) o mercado; e (4) os resultados financeiros.

Assim, para esses autores, a análise do empreendedor e sua equipe deve considerar o seu *track record* e sua competência para a realização do potencial da tecnologia e do negócio. Já a análise sobre o produto (ou tecnologia), na visão de MacMillan, Siegel e Narasimha (1989), deve considerar fundamentalmente a possibilidade de proteção da propriedade intelectual, enquanto a avaliação do mercado deve buscar uma alta taxa de crescimento. Finalmente, esses autores consideram os aspectos fundamentais da análise financeira: o alto potencial de crescimento do negócio e a elevada liquidez do investimento.

Cumming (2008) acrescenta, aos quatro critérios definidos por MacMillan, Siegel & Narasimha (1989), o desinvestimento, ou seja, a negociação da participação acionária do fundo na empresa investida, para a realização do ganho de capital.

Possivelmente em função da frequência com que são adotados em estudos e organizações e pelo suporte encontrado na literatura esses cinco critérios são largamente utilizados para a avaliação de empreendimentos de base tecnológica: (1) Equipe; (2) Tecnologia; (3) Mercado; (4) Projeção Financeira; e (5) Desinvestimento.

Desta forma, o processo de seleção de propostas de investimento por fundos de capital de risco pode ser considerado um tema crítico, ao se observar que tais investimentos são a fonte mais comum e importante para o desenvolvimento de inovações (BARRY et al., 1990; BYGRAVE; TIMMONS, 1992; FREDRICKSEN et al., 1997; GOMPERS; LERNER, 2001; MACMILLAN et al., 1989; SCHEFCZYK; GERPOTT, 2001; WONGLIMPIYARAT, 2010). Este fato, associado ao reconhecimento da inovação como a força motriz do desenvolvimento econômico em economias baseadas em conhecimento (FREEMAN, 1982; SCHUMPETER, 1982; WONGLIMPIYARAT, 2010), permite assumir como premissa que quanto maior for o entendimento do processo de seleção de propostas de investimentos em inovações, melhor será o resultado para toda a sociedade.

Com base nessa observação, a presente tese foi elaborada a partir da questão e dos objetivos de pesquisa apresentados a seguir.

Questões de Pesquisa

A presente pesquisa busca responder a seguinte questão: **Quais as potencialidades e limites do uso de indicadores cientométricos e patentométricos para a avaliação de projetos de base tecnológica por fundos de investimento?**

Justificativa

Os esforços da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2005) no desenvolvimento de indicadores de inovação são um marco e demonstram a alta relevância do tema, entretanto as análises e metodologias propostas através dos manuais Frascati, de Oslo e o de Canberra não são

qualitativamente suficientes para a compreensão dos Sistemas de Inovação do ponto de vista local e regional. Compreensão esta considerada importante por alguns autores, como Cassiolato e Lastres (1999), que percebem os processos inovativos como sendo altamente localizados.

Adicionalmente, as limitações dos manuais da OCDE para os Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) imaturos – como é o caso brasileiro – não permitem a compreensão satisfatória de suas particularidades. Essas limitações se tornam bastante evidentes quando se observa o processo de identificação e de seleção de oportunidades pelos fundos de investimento, no qual os gestores analisam planos de negócios com a intenção de escolher os empreendimentos mais promissores, adotando variados critérios de seleção, sendo que nenhum corresponde aos relacionados nos manuais da OCDE (Ferreira, 2007; Souza, 2008).

Os indicadores cientométricos e patentométricos têm sido amplamente utilizados para a compreensão dos fenômenos ligados à dinâmica da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). Alguns autores, apresentados a seguir, realizaram a análise desta dinâmica buscando respostas na produção isolada científica (artigos científicos) ou tecnológica (patentes).

Sun, Negishi e Nishizawa (2007) analisaram a dinâmica de colaboração científica entre universidades e indústrias no Japão, através da medição do nível de coautoria em artigos científicos. Looy e outros (2003) realizaram um estudo, investigando interações entre a C&T em dez diferentes domínios científicos dos países da União Europeia, por meio da análise de citações, realizadas pelas patentes, a artigos científicos. Owen-Smith e outros (2002) estudaram relações entre organizações públicas de pesquisa (universidades, laboratórios governamentais, institutos de pesquisa sem fins lucrativos, hospitais de pesquisa) e empresas com atividades em biotecnologia, bem como corporações farmacêuticas multinacionais, identificando a estrutura e a conformação de redes entre as mesmas, a partir de documentos de patentes. Godin (1996), com o intuito de estudar as potencialidades da cientometria para compreender as atividades científicas da indústria, investigou a pesquisa e a prática de publicação de artigos científicos por estas organizações.

Há também autores que têm comparado aspectos dos documentos de patentes com os de publicações científicas, alcançando resultados interessantes. Bhattacharya, Kretschmer e Meyer (2003), estudaram as citações de artigos nas patentes e realizaram a análise de coocorrência de palavras entre as produções. Meyer e Bhattacharya (2004) realizaram estudo verificando as semelhanças e diferenças existentes entre artigos e patentes por meio da análise das redes colaborativas e as interações entre as produções por meio da identificação de coatividade (coocorrência de autores nos artigos e coinventores nas patentes). Bassecouard e Zitt (2004) realizaram experimentos para verificar a viabilidade de uma abordagem léxica, buscando correspondências entre os campos técnicos (a partir da Classificação Internacional de Patentes) e as especialidades científicas (a partir do código de assuntos do ISI/*Web of Knowledge*). Jiancheng e Ying (2007), dentre outros aspectos estudados, identificaram o núcleo de periódicos citados pelas patentes chinesas e investigaram a sua cobertura na base de dados SCI (Science Citation Index), constatando que os periódicos mais citados pelas patentes também tinham alto impacto no domínio científico.

Já no contexto brasileiro, duas pesquisas se destacam, ao investigar relações entre a C&T por meio da análise integrada de artigos e patentes, a realizada por Moura (2009) e a de Maricato (2010). Na primeira, são analisados, dentre outros aspectos, a coatividade de autores (artigos) e de inventores (patentes), além de correlacionar os assuntos dos artigos com os assuntos da Classificação Internacional de Patentes. Na segunda, são analisados indicadores de produtividade, assuntos, matérias-primas, atividades colaborativas, citações, segmentados por países, organizações e suas tipologias relacionados a biotecnologia.

Observa-se assim que os estudos acerca da Produção Científica e Tecnológica têm feito parte da agenda da comunidade acadêmica e dos formuladores de políticas públicas. Para Maricato (2010), a avaliação da dinâmica da Produção Científica e Produção Tecnológica de pesquisadores, instituições e países já faz parte do cotidiano dos mais diversos atores sociais, em que aspectos como produtividade, qualidade das pesquisas e a colaboração e cooperação em CT&I, passa a ser considerada no momento de se tomar decisões políticas nos sistemas de Ciência e Tecnologia.

A construção de indicadores de CT&I também se tornou comum e importante para a gestão da inovação em organizações. Exemplo desse interesse organizacional é o caso da CEPEL, apresentado por Jannuzzi, Gomes e Andrade (2003), que identificou potencial de contribuição de tais indicadores na gestão de P&D daquela organização.

Assim, assume-se que os indicadores dessa natureza têm potencial para contribuir no planejamento e gestão das atividades de C&T, e assim, para avaliação de empresas de base tecnológica.

Objetivos de Pesquisa

Esta pesquisa tem como objetivo geral **(OG) propor uma abordagem patentométrica para avaliação de projetos de base tecnológica**

Assim, optou-se por utilizar como caso o processo de seleção de projetos do maior Fundo Mútuo de Investimento em Empresas Emergentes (FMIEE), o Criatec (Cortes, 2010). Como uma forma de se alcançar o objetivo geral, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

OE1: Elaborar um quadro teórico-conceitual que permita identificar os indicadores cientométricos e patentométricos, utilizados para avaliação da produção científica e tecnológica relacionadas a determinadas áreas tecnológicas;

OE2: Elaborar um quadro teórico-conceitual que permita tipificar os critérios utilizados pelos fundos de investimento para a avaliação de empresas, no processo de seleção de propostas de investimento;

OE3: Identificar as áreas tecnológicas das empresas investidas pelo FMIEE Criatec, selecionadas para análise nesta pesquisa;

OE4: Analisar os critérios avaliados no processo de seleção de propostas realizada pelo FMIEE Criatec, das empresas que receberam investimento deste fundo, utilizadas como caso nesta pesquisa (OE3), e sua pertinência aos critérios identificados no OE2;

OE5: Relacionar, dentre os indicadores cientométricos e patentométricos identificados no OE1, os que têm maior potencial para melhor responder aos critérios utilizados pelo FMIEE Criatec (OE4);

OE6: Extrair artigos e patentes, das bases Web of Science (WoS) e Derwent Innovation Index (DII), respectivamente, relativos às áreas tecnológicas das empresas identificadas no OE3;

OE7: Construir os indicadores cientométricos e patentométricos relacionados no OE5, a partir dos artigos e patentes extraídos no OE6;

OE8: Analisar os resultados encontrados por meio dos indicadores construídos no OE7 à luz do quadro teórico-conceitual elaborado nos OE1 e OE2, considerando a análise empreendida no OE4;

OE9: Analisar a avaliação comparativa das empresas identificadas no OE3, por meio dos indicadores construídos no OE7.

O relacionamento entre os objetivos específicos está ilustrado na Figura 1.1 abaixo:

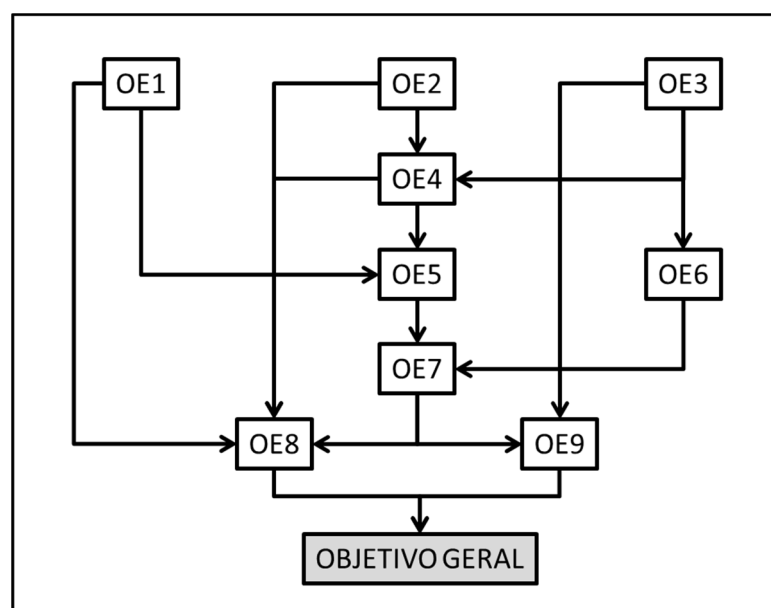


Figura 1.1 ã Relacionamento entre os objetivos específicos e objetivo geral.

Estrutura da Tese

A presente tese está estruturada, em cinco capítulos, sendo esta introdução o primeiro, os três capítulos seguintes são artigos de natureza científica submetidos nos últimos seis meses a avaliação para publicação em periódicos nacionais e

internacionais de expressivo reconhecimento na área desta pesquisa. Esses capítulos (Capítulos 2, 3 e 4) apresentam complementaridades teóricas e empíricas, mas podem ser lidos de forma separada. Ao fim, o Capítulo 5 apresenta uma meta-conclusão da tese, que decorre das conclusões de cada um dos estudos apresentados nos três capítulos anteriores.

Os Capítulos 2 e 3 têm o objetivo de avaliar o potencial de o uso de indicadores cientométricos e patentométricos como uma forma de instrumentalizar o processo de seleção de projetos pelos fundos de capital semente. Observa-se um crescente interesse em empresas de base tecnológica, por sua capacidade de contribuição para o desenvolvimento econômico e social. Não obstante, a literatura e a prática documentada revelam certa dificuldade para avaliação de critérios não-financeiros associados às tecnologias por parte dos fundos de financiamento. Os Capítulos 2 e 3 estudam, cada um, o caso de uma empresa dentre as investidas pelo maior fundo de capital semente brasileiro para a proposição e teste do quanto os indicadores poderiam ter contribuído para a compreensão do potencial da tecnologia envolvida quando de sua avaliação. Conclui-se que os indicadores cientométricos e patentométricos potencializam o processo de avaliação nos seguintes critérios: tecnologia; mercado; desinvestimento; e equipe.

O Capítulo 4 tem como objetivo propor uma abordagem para análise e priorização de investimentos de Venture Capital, com o uso de indicadores cientométricos e patentométricos. Observa-se a importância dos investimentos dessa natureza no desenvolvimento de empresas de base tecnológica e seus impactos positivos no desenvolvimento econômico de regiões e países. Entretanto observa-se, também, que os gestores dos Fundos de Venture Capital têm dificuldade para objetivar a avaliação das propostas de investimento. Desta forma, o Capítulo 4 analisa o processo de seleção relativo a cinco empresas que receberam recursos do maior fundo brasileiro dessa natureza. Foram construídos indicadores cientométricos e patentométricos relacionados a cada empresa do estudo de caso e realizada uma análise comparativa de cada uma dessas empresas, considerando os indicadores agrupados pelos critérios não financeiros (tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe) de análise de propostas de investimento. Conclui-se que a abordagem proposta auxilia a compreensão dos aspectos relacionados aos critérios avaliados e

contribui para a construção de um método de priorização de investimento de Venture Capital

Capítulo 2 - Assessment of Non-Financial Criteria in the Selection of Investment Projects for Seed Capital Funding: the Contribution of Scientometrics and Patentometrics¹

2.1 Introduction

A detailed review of the literature on technology-based start-up enterprises shows that the study of the characteristics and behavior of these enterprises is a relevant, main-stream subject in research in the area of innovation. This interest is expressed through the understanding that providing incentive for the emergence of start-ups is an important stimulus for regional and national economic activity (Audretsch, 1995; Reynolds, 1997; Schumpeter, 1982), for the creation of new industries (Acs & Audretsch, 1987; Shearman & Burrell, 1988) and for contributing to the creation of employment and revenue (Birch, 1987; Phillips & Kirchhoff, 1989; Rickne & Jacobsson, 1999; Storey & Johnson, 1987). In addition, many studies (Acs & Audretsch, 1990, 1991; Pavitt, Robson & Townsend, 1987; Scherer, 1965) point out that smaller enterprises tend to invest relatively more in innovation than larger ones and that, in general, productivity in research and development (R&D) tends to be inversely proportional to the size of the business.

Interest in the subject is not restricted to academia, as can be seen from the emergence and growth of seed capital funding worldwide as well as in Brazil (Cortes, 2010; GVCEPE, 2008). This kind of funding generates a specific type of risk capital whose business model is based on obtaining long-term capital gains, increasing the value of the business and consequently selling its shares, whether to other financial groups, to strategic investors (enterprises who are interested in the business and/or products of the enterprise) or via the stock exchange by means of an Initial Public Offering (IPO) (Garcez & Anselmo, 2005).

¹ Artigo publicado:

MOTTA, G., QUINTELLA, R.. Assessment of Non-Financial Criteria in the Selection of Investment Projects for Seed Capital Funding: the Contribution of Scientometrics and Patentometrics. *Journal of Technology Management & Innovation, North America*, 7 (3), sep. 2012. Available at: <<http://jotmi.org/index.php/GT/article/view/art275>>.

Just as there are various stages of development in an enterprise, there are also risk investors who focus on each one of those phases. Risk investment can basically be divided into three types:

- Angel Investor – an individual who invests in the development of innovative ideas, often before the establishment of a business;
- Venture Capital – focused on investment in emerging (Seed Capital) as well as more established businesses, both small and medium-sized, with high growth potential.
- Private Equity – investment in large enterprises, normally used for financial leverage and going public on the stock market.

The Venture Capital sector has grown in Brazil in recent years thanks to the economic climate of the country, to certain public policies, and to government actions in support of innovation. Nonetheless, one cannot ignore the fact that investment funds seek capital gain and that they invest in start-ups because they recognize the potential these businesses have in that respect.

The Seed Capital Fund chosen for this study is the biggest in Brazil (Cortes, 2010). It was established from an initiative of the Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) and came into being in November 2007, with a value of R\$100 million and shares subscribed by BNDESpar and by the Banco do Nordeste do Brasil (BNB) (CGEE, 2008).

In Brazil, only 1% of projects submitted to risk investors make it through to the end of the process and receive investment (Carvalho, Ribeiro and Furtado, 2006). In this process of identifying and selecting opportunities, the investors analyze business plans with the intention of choosing the most promising ventures and they therefore adopt varied selection criteria (Ferreira, 2007; Souza, 2008). The Seed Capital Fund selected for this study uses five assessment criteria: Team, Technology, Market, Need for Capital and Divestment.

These criteria are classified, in this study, according to their nature, as financial and non-financial. Exclusively financial criteria, such as Need for Capital, may be contrasted with exclusively non-financial criteria, such as assessment of Team and Technology. There are also mixed criteria, such as assessment of Market and

Divestment, which combine both financial (market size, volume of transactions, availability of investment resources in the area, etc.) and non-financial aspects (qualitative market evolution and strategic interests of players in the area).

The financial criteria use economic assessment instruments that are universally accepted for the assessment process, such as risk analysis, break-even analysis, cost structure, return on capital investment, etc. The non-financial criteria, due to their nature, call for the need to objectify a process which is naturally subjective.

For example, if we look at the assessment process for project investment in general, the risk managers usually analyze the track record (history, experience, training, and achievements) of the project team, mainly taking into consideration the level of training and entrepreneurial capacity. With respect to technology, in general, the scientific basis and possible competitive advantage of the technology are analyzed. With reference to the non-financial aspect of the market, normally the capacity of the technology to solve a problem that is clearly present in the market is assessed, that is, it is necessary to verify whether there is in fact a demand for the technological solution in question. Finally, in relation to the non-financial criteria of divestment, in general, the existence of strategic partners with potential interest in the technology is considered.

Despite their apparent logic, the non-financial criteria are challenged with making the assessment of subjective aspects objective, leaving the attribution of points for the assessment of projects at the mercy of the personal judgment of a director. It is from this context, which contrasts the importance – both at a business level as well as at a wider social level – of investment in start-ups, with the difficulty of assessing those with greater potential to receive seed capital investment, that the main objective of this research arises: The assessment of the potential of using scientometric and patentometric indicators as a way of instrumentalizing the selection process of projects for seed capital funding. For this purpose, public data relating to the first enterprise invested in by the Seed Capital Fund chosen for this assessment will be used in this study.

This article is presented in five parts, in addition to this introduction. The first part consists of a bibliographical review which focuses on the definition of scientometrics and patentometrics and on bringing together the principal scientific and technological indicators used in order to better understand the dynamics of Science and Technology (S&T). Then the research methodology is presented, followed by the data collected during the research and, finally, the data is analyzed and the conclusions and limitations of the study are presented.

2.2 Scientometrics and Patentometrics

Scientometrics is a discipline which offers methods, based on bibliometrics, for the study of Science, Technology and Innovation (STI) (Callon, Courtial & Penan, 1995). According to Gregolin (2005), scientometry, or the science of sciences, encompasses the study of physical, natural and social sciences, with an aim to understanding their structure, evolution and connections so that relationships between science and technological, economic and social development may be established.

Some authors (Jannuzzi, Gomes and Andrade, 2003; Maricato, 2010; Velho, 1997) consider that scientometric and patentometric assessment by researchers, institutions and countries is already commonplace among the most diverse of social actors. Aspects like productivity, quality of research, and collaboration and cooperation in STI are taken into consideration when making political decisions on Science and Technology systems (Velho, 1997), when making business decisions relating to R&D management (Jannuzzi, Gomes and Andrade, 2003) and when researchers are making academic decisions (Maricato, 2010).

Although Patentometrics is a technique which is part of the group of analytical methods belonging to bibliometrics, it is, nonetheless, distinguished from these methods in that it is the metric study of the characteristics and uses of patent documents (Guzmán Sánchez, 1999). Moreover, Okubo (1997, p.9) considers Bibliometrics to be multidisciplinary and applicable to a wide variety of different fields. In general, the different applications are mainly utilized for the measurement of documented information contained in information and communication systems.

Various authors (Bufrem & Prates, 2005; Hood & Wilson, 2001; Macias-Chapula, 1998; Sengupta, 1992; Spinak, 1998) agree that the terms Bibliometrics, Scientometrics and Patentometrics, among others, follow the same logic which denotes “metric studies” applied to different media (books, science, patents, information, Internet, etc.). In this way, they basically all make use of the same quantitative techniques.

In general, a bibliographical review can easily indicate that, of the collection of methods and techniques covered by metric studies of information, bibliometrics is central and integral and may be considered as a “parent discipline”, showing interdisciplinary correlation with the others, and at the same time, possesses its own particularities and applications.

For the construction of scientometric and patentometric indicators, the most common media for publishing scientific and technological information were used. These were scientific articles and patents, respectively. The decision to work with articles and patents is related to the specific nature of these elements in the construction of indicators. For Spinak (1998), there are two distinct categories in the analysis and representation of information which constitute the basis for scientific indicators: input and output. Articles and patents are classified as output, since they represent the product of the S&T development process.

Spinak (1998) points out that input indicators are less complex than output ones. For Maricato (2010), scientific and technological indicators were originally almost completely limited to the analysis of input, which was somewhat generic, such as the percentage of GDP per capita destined to S&T activities. With these limitations, decision makers and strategists employed in the area of S&T and R&D gradually became interested in output indicators. Some of the principal input and output indicators for scientific and technological activities are presented in Figure 2.1 below (Guzmán Sánchez, 1999).

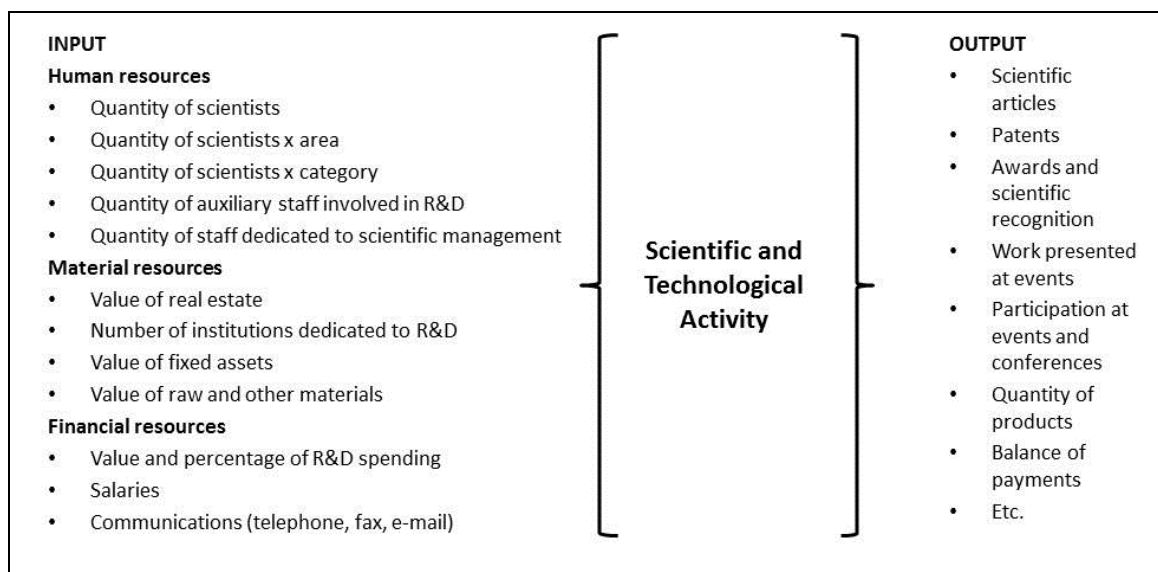


Figure 2.1. Input and output of scientific and technological activity. Data based on Guzmán Sánchez (1999).

Maricato (2010) divides the bibliometric indicators into three categories:

1. Indicators aimed at measuring scientific and technological productivity, the principal indicators being the number of scientific publications and registered patents;
2. Indicators aimed at making estimations with regard to the use and quality of published documents, mainly based on the study of citations;
3. Indicators of collaboration aimed at analyzing, above all, collaborative social networks established among researchers, institutions, countries, etc.

The indicators of collaboration mainly use analysis techniques of co-authorship in the case of articles, and of co-invention and co-ownership in the case of patents. Based on these indicators, various types of lists, graphs, tables, maps, etc. can be created which are applicable to the study of the most diverse of scientific and technological fields.

The principal metric indicators, according to Macias-Chapula (1998, p. 137), are presented in Figure 2.2.

Number of studies – reflects the products of Science, measured by counting the studies and by the type of document (books, articles, scientific publications, reports, etc.). The research dynamic in a particular country may be monitored and its trends charted over time. Number of citations – reflects the impact of the articles or topics cited. Co-authorship – reflects the degree of collaboration in science at national and international level. The growth or decline in cooperative research may be measured. Number of patents – reflects the trends in technical changes over time and assesses the outcomes of resources invested in R&D. These indicators determine the approximate degree of technological innovation in a country. Number of citations of patents – measures the impact of the technology. Maps of scientific fields and of countries – assist in detecting the relative ranking of different countries in relation to global scientific cooperation.
--

Figure 2.2. Principal Metric Indicators. Data from Macias-Chapula (1998, p. 137)

Spinak (1998), in a seminal work, presents his vision on the information most relevant to scientometrics:

- The quantitative growth of science;
- The development of the fields and sub-fields of knowledge;
- The relationship between science and technology;
- Obsolescence of scientific paradigms;
- Communication networks among scientists;
- Production and creativity of researchers;
- Relationships between scientific development and economic growth;
- Others.

In addition, Spinak (1998, p.143) considers that scientometric techniques may have the following principal applications, among others:

- Identifying trends and increasing knowledge in different areas;
- Investigating scientific journal coverage from one nucleus and from secondary sources;
- Identifying actors from the different areas;
- Studying the usefulness of services for the selective spreading of information;
- Predicting trends in publication;
- Studying the dispersion and obsolescence of scientific literature;

- Assisting in the processes of indexation, classification and automatic generation of abstracts;
- Analyzing the productivity of editors, individual authors, organizations and countries.

In this research, it is understood that these applications, used in analyzing the dynamics of scientific production, may also be used in the analysis of technological production when referring to patents rather than articles. It is thus seen that, when attempting to understand the relationships and dynamics involved in Science and Technology, the scientometric and patentometric indicators become opportune. According to Maricato (2010), there are various indicators used in the analysis of this relationship. Notable, among others, are the number of articles cited, citations of patents in scientific articles, publication of scientific articles by inventors, registration of patents by researchers, etc.

With respect to this interactive process between Science and Technology, Campos (2006) concludes that there is:

[...] contribution of academic knowledge to technological development through the citing of scientific articles in patent texts. What's more, the contribution of private R&D for scientific progress is apparent in the analysis of joint publications between people in industry and those in universities and public research institutes. Here, the analyses are based on counting texts whose authors include researchers linked to academia as well as to industry, or which may represent the authors' contribution to academic knowledge. This therefore leads to a double contribution to the innovation process, which occurs both in academic research for private technological development as well as in private R&D for scientific development codified in publications. This dynamic, since it is illustrated by empirical data on patents and publications, reinforces the theoretical validity of the interactive model.²

Thus, it may be concluded that the interactive process between Science and Technology may be investigated based on scientometric and patentometric evidence, since they frequently permit the analysis of mutual contributions between science and technology.

² Translation of the original: (Campos, 2006, p.160).

2.3 Methodological Strategy

For the purposes of this study, data was used from articles and patents related to the technology of an enterprise invested in by the Fund chosen for this analysis. The enterprise carries out research in the area of phytopathology focusing on the biological control of blight. Its principal process is aimed at producing and applying *Pochonia Chlamydosporia*³, a fungus which develops on the surface of plant roots and colonizes nematode egg mass (a blight which affects various different types of crop) and eliminates them. The technology investigated is therefore considered to be: the application of the *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematicide for various crops.

Once the technology to be studied was classified, a definition of the search topic to be used for the extraction of related articles and patents was chosen, according to the outline of the methodological procedures of the present study, which is presented in the Figure 2.3 below, and will be explained in detail and discussed throughout this section. The data collected, in accordance with the search topic chosen, defined what will be referred to throughout the process of analysis in this article, as the “Area”.

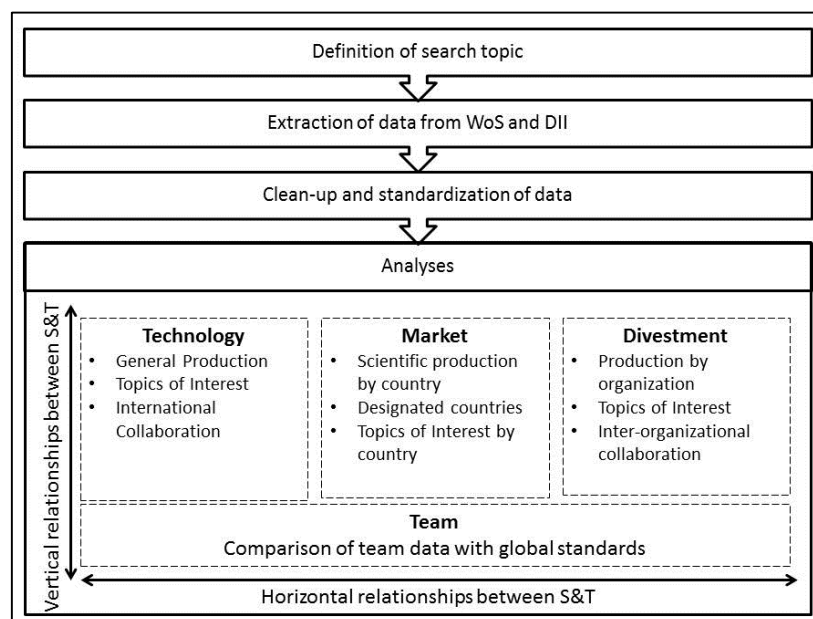


Figure 2.3. Outline of Methodology

³ Previously named *Verticillium Chlamydosporium*

The topic was composed of the terms "pochonia chlamydosporia" – the name of the fungus produced by the Enterprise – "verticillium chlamydosporium" – its former denomination – and "nematicide" – its function. In this way, it is possible to identify articles and patents related to the fungus and to its application as a nematicide. Thus, the search looks at the fungus in its application as a nematicide, as well as other applications, important in terms of derivation of new products. The search also looks at alternative forms of controlling nematodes, which is particularly important for the verification of competitor's products, such as synthetic nematicides, for example. The Web of Science (WoS) was selected as the data source for the extraction of articles, and the Derwent Innovation Index (DII) was chosen for the extraction of patents. These databases were chosen since they both belong to Thomson Reuters, thus facilitating the systemization of data relating to different documents (articles and patents) and because they are the databases with the greatest volume of data that are available free of charge at the Brazilian Public Universities through the CAPES post-graduate research agency. This search was carried out on the 21st of December 2011 and was validated by the principal entrepreneur of the Enterprise analyzed in this study.

Before the analyses, it was necessary to clean up and systematize the data extracted, with an aim to eliminate inconsistent or redundant data. This step was carried out with the help of VantagePoint v.7 software. The data analyzed from the patents and articles extracted in accordance with this study's methods were: Organizations, Countries, Data and Topics of Interest. Thus, within the Area, represented by the collection of data from scientific and technological production related to the technology analyzed, there are more specific topics, referred to here as Topics of Interest.

The "Organizations" were identified, in the articles, using the Author Affiliations field, and for patents, using the Patent Assignee field. In cases where more than one organization or country was associated with a document, a record was made for each one.

The “**Countries**” identifier was made, for the articles, using the Country field and for the patents, using the Designated States National field. In this way, the country where the author’s affiliated organization is located (and not the author’s nationality) is taken into consideration in the case of articles, as well as the country or countries where the patent was protected. With this last piece of information, in accordance with the assumed premise of this study, it is possible to identify countries (markets) of interest for the protection of the technology. In cases like that of the United Kingdom, for example, in which patents from all four countries (Northern Ireland, Wales, England and Scotland) are classified under the denomination, UK, articles were also classified in a similar manner, that is, for all four countries.

The “**Date**” considered for analyses, graphic representation of data, creation of tables, and respective analyses of organizations and countries, was the year of application in the case of patents, and the publication year in the case of articles.

For the classification of “Topics of Interest”, the International Patent Classification (IPC) was used. As there is no international classification for articles, it was decided, along the same lines as the IPC, to use the WoS’s Subject Category⁴ field. For the joint analyses of topics of interest between patent documents and articles, it was necessary to integrate and adapt the classifications. Taking into account the aim of this study, it was decided to focus on the technological classification. The IPC considers eight principal sections (Human Necessities; Performing Operations; Transporting; Chemistry and Metallurgy; Textiles and Paper; Fixed Constructions; Mechanical Engineering / Lighting / Heating; Physics; and Electricity) and close to 70,000 subdivisions (Armond-de-Melo, 2012).

For this analysis, data was grouped according to the technological fields proposed by the WIPO (World Intellectual Property Organization) IPC and Technology Concordance Table. Thus, the analysis is not limited to the IPC’s eight sections (which could lead to an inadequate grouping of technologies with few connections

⁴ This field is classified by the WoS itself at the time of indexing a journal, taking into consideration the following criteria: (a) thematic scope and focus of the journal; (b) author affiliation and editorial council; (c) financing agencies who provide resources; (d) cited references; (e) official sponsor of the journal; (f) classification in other databases. In this way, Thomson Reuters was attributed up to six different categories for the same journal.

between them), nor are all seventy thousand subdivisions considered (which would make the analysis unviable). For the classification of articles, then, the procedure used here took the following steps: (1) identification of the topic of interest category; (2) standardization of the Topics of Interest according to the technological field, with an aim to accomplishing previous approximations between scientific production and technology in the area.

The analysis of the dynamics of networks of scientific and technological collaboration was performed using techniques of occurrence and co-occurrence of countries and organizations (authors' affiliation to organizations in the case of articles, and rights holder organizations in the case of patents). For this stage of the research, the software UCINET v.6 and NETDRAW v.2⁵ was used.

In this way, the scientific articles and patent documents were analyzed by country and by organization and its subcategories (Academies, Enterprises and Government), taking into consideration the following characteristics:

- Scientific and technological production (quantity of articles and patents produced);
- Topics of interest identified in the articles and patents;
- Activities of scientific collaboration and technological collaboration.

This data was considered due to the non-financial elements analyzed during the selection process of proposals for the seed capital Fund studied here. Thus, characteristics of general production, of topics of interest, and of scientific collaboration, provided information for the assessment of **Technology (1)**; data on countries was used for the analysis of **Market (2)**; organizational production, such as inter-organizational collaboration and patent registration, were used for the assessment of withdrawal of funding from shares in the enterprise, or **Divestment (3)**. For the assessment of Team (4), a comparative analysis was carried out of the

⁵ UCINET is one of the principal programmes used in Social Network Analysis for calculating the principal indicators, such as network density and centrality of nodes, among others. NETDRAW is a graphic programme which permits the visualization, in the form of graphs, of actors in a network, the connections between them, and their characteristics.

general data related to the enterprise's technology, general production, topics of interest, and collaboration of team members, on the global stage. VantagePoint⁶ software was used for crossing variables, and for the creation of tables and graphs along with their respective analysis and statistical calculation.

2.4 Presentation of data

In keeping with the proposal, the data are analyzed in this section in four dimensions, which correspond to the non-financial criteria adopted by the organization being studied: Technology, Market, Divestment and Team. For each of these dimensions, there is an array of indicators which will be constructed with an aim to assess the technology and the enterprises from the perspective of the Fund.

2.4.1 Technology

For the assessment of technology associated with the enterprise's product, data relative to the general productivity of articles and patents was searched for, as well as topics of interest and the dynamics of international collaboration in the production of articles.

The analysis of the volume of article publication and its evaluation over time constitutes the most basic stage in the process of analysis. Despite its simple nature, this indicator will subsidize all the other more specific indicators and analyses. The Scientific Production identified based on these search terms consisted of 821 articles, from 1945 on (WoS time bracket). The technological production related to the *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide in the Dewent Innovation Index (DII) database presented 258 patents, whose registration corresponded to the period between 1979 and 2011. The annual evolution of articles and patents is represented in the Figure 2.4 below.

⁶ VantagePoint is a programme containing tools for text mining and correlation of significant clusters of structured textual data, such as databases.

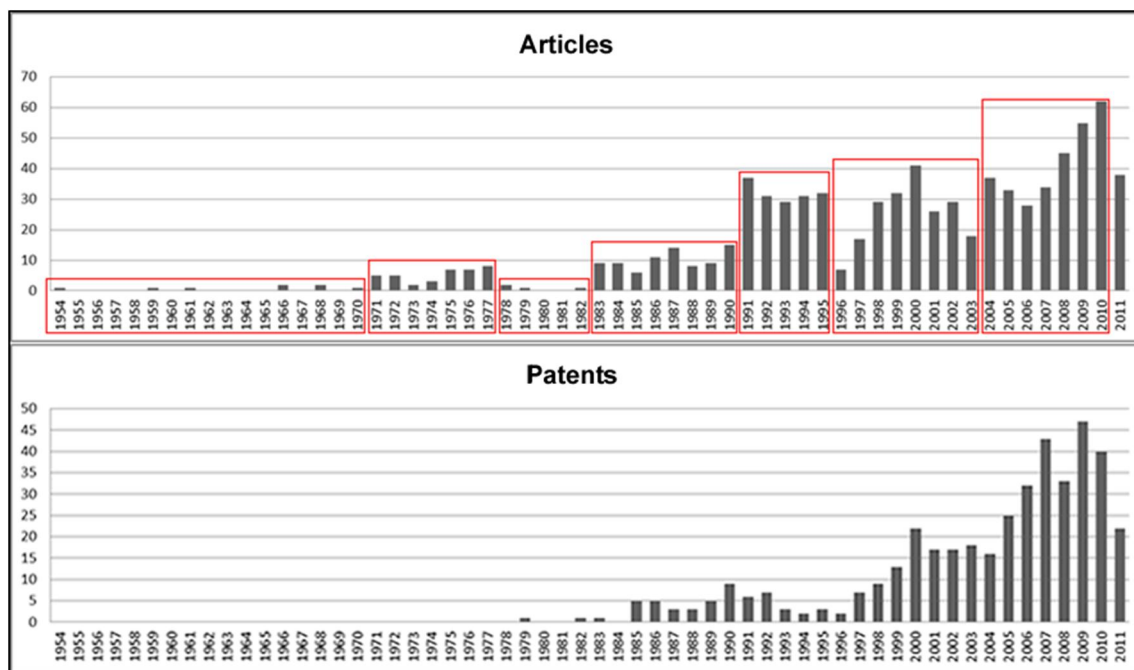


Figure 2.4. Evolution of the global production of articles and patents related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematicide

An increase in production related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematicide can be seen in both scientific and technological terms (see Figure 2.4), with the first article being published in 1954 and the first patent in 1975. Taking the evolution of article publication as a base, seven different phases may be observed (highlighted in the Figure 2.4), of which the last three represent a more significant volume of production, as well as more regular patterns. As the year was not finished at the time of data extraction, 2011 was excluded. For this reason, the period considered for the purposes of this study will be 1991 to 2010.

The publication of patents follows a different dynamic to the publication of scientific articles, as well as having specific publishing procedures according to country, as pointed out by Martin et al. (2002). According to the authors, in the majority of countries, patents are published 18 months after their date of priority, which is the date of deposit of the patent in the first country where it is deposited (Country of Origin). This period of secrecy is independent of whether the patent is granted, rejected, or still pending a decision. Therefore, it is likely that the data on patents for the last two years (in this case only 2010, since the DII search was carried out in December 2011) are incomplete.

It can also be seen that the values for priority year and deposit year decline after 2009. As previously explained, this fact is a result of the period of secrecy, normally lasting 18 months, in which patents remain secret before their publication. In this way, there is always a delay between the deposit and priority data and their respective publication, as underlined by Oldham (2007). Therefore, the Basic Patent Year field, on the one hand, shows a delay with respect to technological production. On the other hand, the Priority Year field may be earlier than the patent application, in the event that this is related to the principle of Union priority in the Paris Convention⁷. Thus, it was decided to use the data from the Application Year field for the analysis of technological production.

Once the time bracket was established, the total volume of scientific production on the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematicide was reduced from 821 to 653 articles (80% of the total number) and the volume of technological production reduced from 258 to 226 patents (88% of the total). Based on this information, it is possible to create an indicator equivalent to the IAO⁸ (Utilization of Opportunities Indicator) (Albuquerque, 1997, 1998; Albuquerque and Sicsú, 2000) for the area. Originally, the IAO was created to assess the National Innovation Systems (NIS). According to Albuquerque and Sicsú (2000), given the complexity of the relationship between science and technology, a comparison between the two relative values offers clues to the quality of interactions between them. The greater this indicator, the more mature the NIS, that is, the lesser the distance between the quantities of scientific and technological production. In immature systems, scientific production is greater than industrial-technological production, implied in a low IAO, which leads to the diagnosis of the existence of waste of opportunity.

Similarly, it was sought to assess the relationship between the volume of scientific production and of technological production in the area studied, with an aim to

⁷ The Paris Convention is an international treaty relating to Intellectual Property, signed by 14 countries (including Brazil) in Paris in 1883. There are currently 173 signatory countries. Its objective is the compulsory observance by signatory countries of certain fundamental principles. The principle of Union priority states that the first application for a patent, filed in one of the treaty countries, serves as a base for subsequent applications related to the same subject and made by the same applicant, or his or her legal successors, within a period of 12 months.

⁸ From Portuguese: Indicador de Aproveitamento de Oportunidades

identifying the maturity of this area in relation to utilization of opportunities. Thus, between 1991 and 2010, the approximate relationship was 0.346 patents per article, which would classify the area, according to Albuquerque (1998) on the threshold between mature and immature systems, since this indicator is very close to the average, which was calculated as 0.386. Meanwhile, when verifying the average annual growth rate, which is 23% for patents and 14% for articles, a tendency towards a more technological focus in the area is noted. Therefore, it may be considered that this technology is in a phase of growth and that the utilization of opportunities is moderate, with a tendency to increase.

The average annual number of scientific articles published between 1991 and 2010 was 32.6. Analyzing the volume from 2002 (29) and 2008 (45), an increase of 55% was verified, greater than the average global increase in scientific publications in general, which was 34.5%, for the same period according to UNESCO (2010). In addition, when comparing the average for 1991 to 2007 (28.8 articles) with the average for 2008 to 2010 (54 articles per year), an intensification can be seen in these last three years. Therefore, it can be verified that recent production has been ever increasing in both absolute and relative numbers and shows a tendency towards growth in the coming years, showing, in fact, increased scientific interest awakened by this technology.

In relation to technological production, 18.1 patents were deposited in the period between 1991 and 2010. When comparing the total number of patents registered in 1991 with those registered in 2009 (peak of annual production for the period), an increase of 683% can be seen. This data shows a significant increase in technological production in the area, demonstrating its more technological focus during this period.

The articles and patents related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematicide were grouped into ten topics of interest, as seen in the Table 2.1.

Topics of Interest Categories	Articles	Patents
Agriculture	278	200
Veterinary Science	251	43
Biotechnology	54	0
Biochemistry	52	41
Others	46	12
Chemistry	39	68
Ecology	36	0
Mycology	36	0
Measurement	0	11
Fertilizers	0	10
Pulverization	0	5
Various materials	0	4
Chemical/Physical Processes	0	3
Computing	0	2
Containers	0	2

Table 2.1. Topics of interest of articles and patents related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematicide

The evolution of the four principal topics of interest in the articles is represented in the Table 2.1. A much greater share of articles may be noted under the topics of Agriculture (43%) and Veterinary Science (38%), followed by Biotechnology and Biochemistry, with approximately 8% each. Of these four principal topics, the Figure 2.5 shows that Agriculture and Biochemistry show a more intense growth trend, that Veterinary Science is stagnant at a high volume of production, with a certain amount of recent growth, and that Biotechnology shows a peak in 2008, but decreased in recent years. Thus, it is the topics of Agriculture and Veterinary Science that attracted most interest in global terms.

The distribution of annual evolution of patents deposited in the period between 1991 and 2010 related to the technology in question is described in the Figure 2.6. It may be observed that approximately 88% of these patents are classified under the topic of "Agriculture".

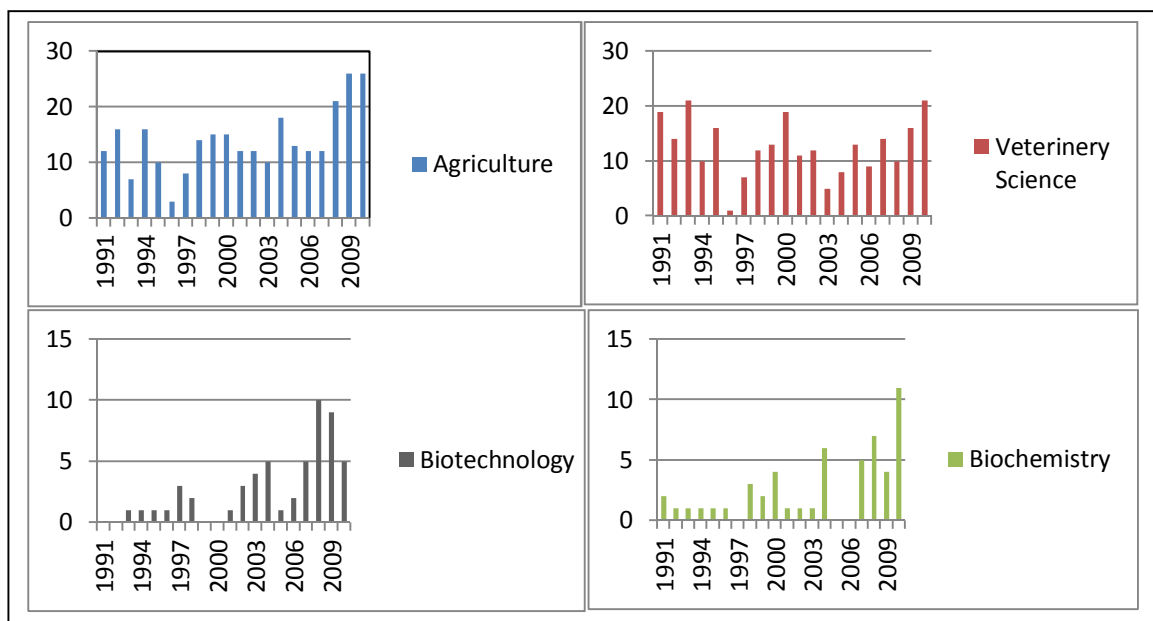


Figure 2.5. Evolution of the four principal topics of interest in articles related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide

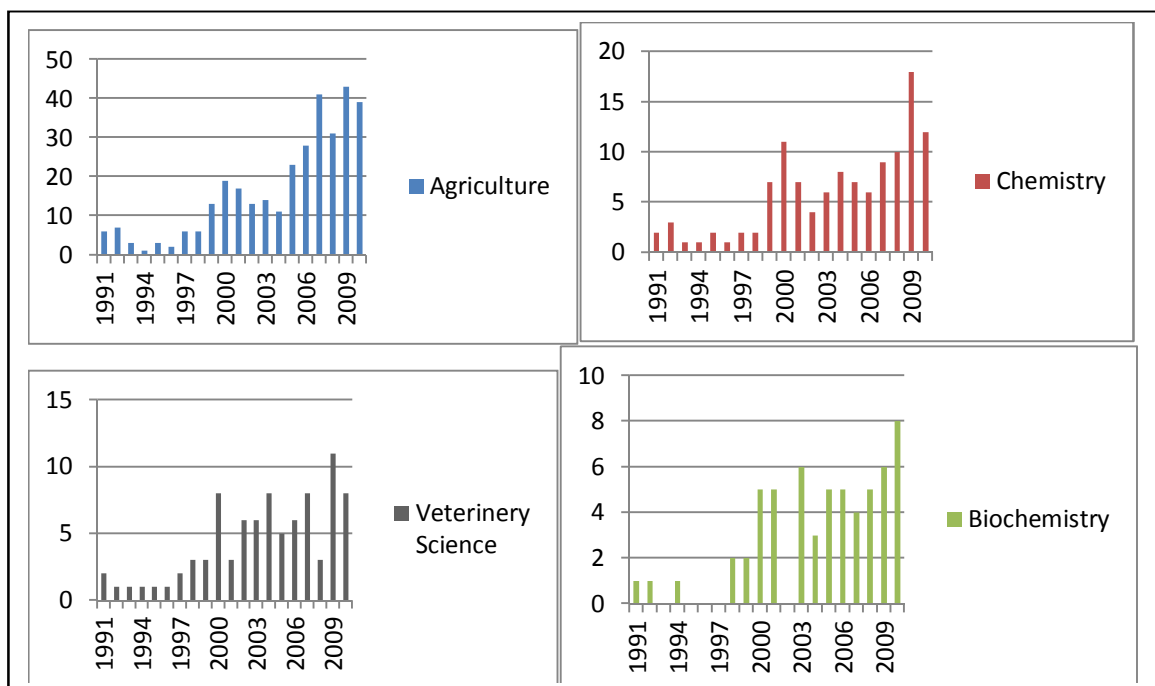


Figure 2.6. Evolution of the four principal topics of interest in patents related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide

It can be seen from the Figure 2.6 that the four principal topics of interest (Agriculture, Chemistry, Veterinary Science and Biochemistry) show a growth tendency and a significant increase in volume in the last ten years of the period under analysis in relation to patents. Meanwhile, the topic of Biochemistry shows

relative growth for the year of secrecy, which implies very significant growth for patents associated with this topic of interest.

The correlation of topics of interest for patents and articles, calculated by using the quantities associated with each of the topics (Table 2.1), is positive and high, with a correlation coefficient of 0.782. Therefore, it is considered possible to establish certain relationships between Scientific Production and Technological Production, showing horizontal relationships between science and technology for the topics of interest studied here.

Of the 653 articles analyzed (published between 1991 and 2010), 83 (13%) were published as international collaborations, that is, the authors involved in the co-authorship were from more than one country. The existence of international scientific collaboration in a given area is seen by many researchers (Adams, King & Singh, 2009; Maricato, 2010; NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2010) as a sign of maturity, since the tendency is for more recent areas to be studied, initially, by researchers from the same country, and only when a certain degree of maturity is reached is collaboration with other countries undertaken. Analyzing Figure 2.7, the growth in collaboration between countries in recent years can be seen.

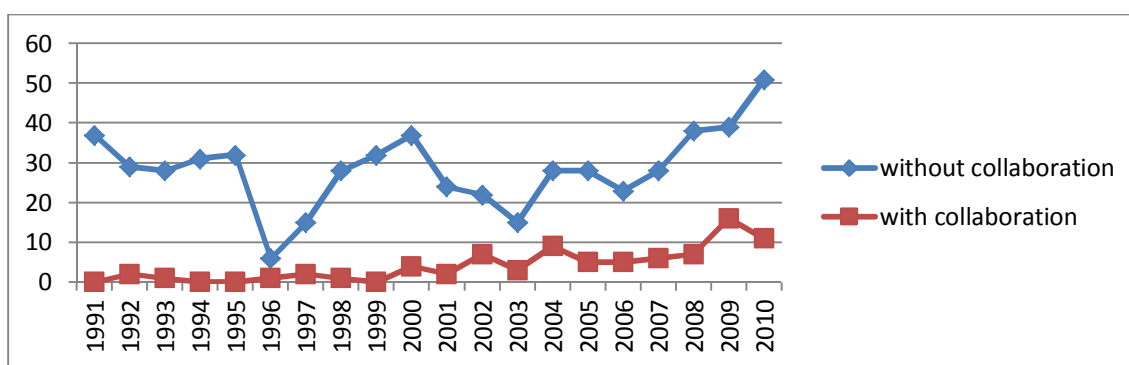


Figure 2.7. Evolution of the publication of articles related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide with and without international collaboration (1991-2010)

Figure 2.7 shows that in 1991 there was no international collaboration (in the sense used here) among articles published. This number increased to 29% of the total production recorded in 2009 which represented a peak in collaboration between countries. Meanwhile, the pattern of international scientific collaboration in the area

assessed shows a lesser volume than the global average. The NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2010) assessed the increase in scientific collaboration between authors from two or more countries. According to this study, the global index (of all scientific areas and fields) of collaboration between countries was 8% in 1998, increasing to 22% in 2007. When comparing these data with Figure 2.7, the pattern of international collaboration for articles related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide is less than the global average (3% in 1998 and 18% in 2007). On the other hand, the increase in international collaboration in the area seemed to experience increased growth just after 2007, which may indicate a reversal in this difference, possibly due to relatively recent intensification in international scientific collaboration.

2.4.2 Market

The market assessment by the Fund looks to identify the commercial potential of the technology. In accordance with the premises adopted for this study, if there are authors from many countries producing knowledge in one area and the patents are protected in different countries, the market potential is considered to be significant. Therefore, this analysis involves data on scientific production by country, on the countries designated (where the technology is protected) by the patents, and on the scientific and technological topics of interest.

By means of the analysis of scientific production by country of the co-authors, it is possible to choose whether to include the themes of the research agenda of the scientific communities, demonstrating the importance given to the area at national level and how this compares at international level.

Thus, the number of countries considered here as producers of articles related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide, identified in the WoS, for the period 1991 to 2010, was 55⁹. The evolution of the quantity of countries

⁹ It is important to underline the possible existence of other countries with researchers (or research communities) interested in scientific development in this area, but whose Scientific Production is not indexed in the database used for this analysis.

with co-authors who published articles related to the subject can be observed from a numbers perspective and is presented in the Figure 2.8 below.

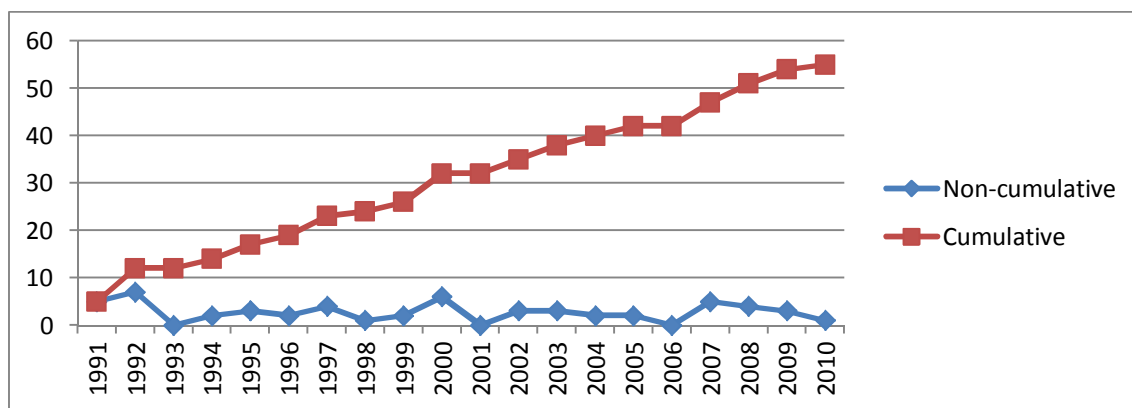


Figure 2.8. Evolution of the number of countries with co-authors who produced articles related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide ñ Cumulative and Non-cumulative (1990-2010)

The non-cumulative indicator reflects the number of countries that published articles in that specific year. The cumulative indicator is the number of countries with co-authors producing scientific articles in the area added to those from the previous year. Negative growth is observed from the non-cumulative perspective, which means that the number of new countries with co-authors publishing articles has diminished. This may be a sign of maturity and/or of a concentration in certain countries, which would seem normal in any area not considered to be new.

Certain countries show continuous production for the period, though many appear for only one or two years. The USA maintains constant production for the entire duration of the period. Meanwhile, Brazil's first publication appears in 2002, although, since then, no other country has shown such an increase in production. In the last four years alone, Brazil went from 21st position (2007) for production by country, in non-cumulative terms, to 1st position in 2010, with average growth of 151% in the last 3 years, as presented in the Table 2.2.

Order	Country	Number of Articles	Average Growth (1991 ñ 2010)	Average Growth (2008 ñ 2010)
1	USA	201	47%	10%
2	UK	68	31%	41%
3	China	34	61%	128%
4	Brazil	31	34%	151%
5	Australia	27	4%	0%
6	India	26	-10%	67%
7	Spain	23	-12%	50%
8	France	18	-48%	39%
9	Greece	17	5%	-56%
10	Japan	16	-1%	-3%

Table 2.2. Participation of countries with co-authors in scientific production related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide (1991-2010)

In Figure 2.9, Brazilian scientific production related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide is compared to the three most prolific countries in this area for the period studied here (USA, UK and China). Brazil's progress may be noted, showing a strong tendency toward taking the lead in the area in the coming years.

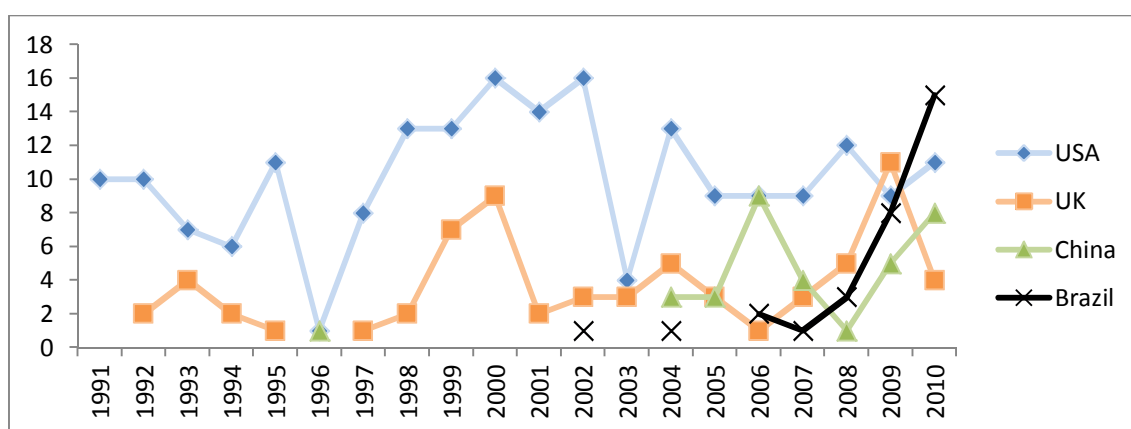


Figure 2.9. Position of Brazilian scientific production related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide compared to the three most prolific countries in this area ñ Non-Cumulative (1991-2010)

On the other hand, the number of countries where the patents related to the application of the fungus Pochonia chlamydosporia as nematocide, registered in DII by the period of 1991 to 2010 at the time of extraction for this study were protected (Designated Countries) is 120 . All of these are shown in Figure 2.10.

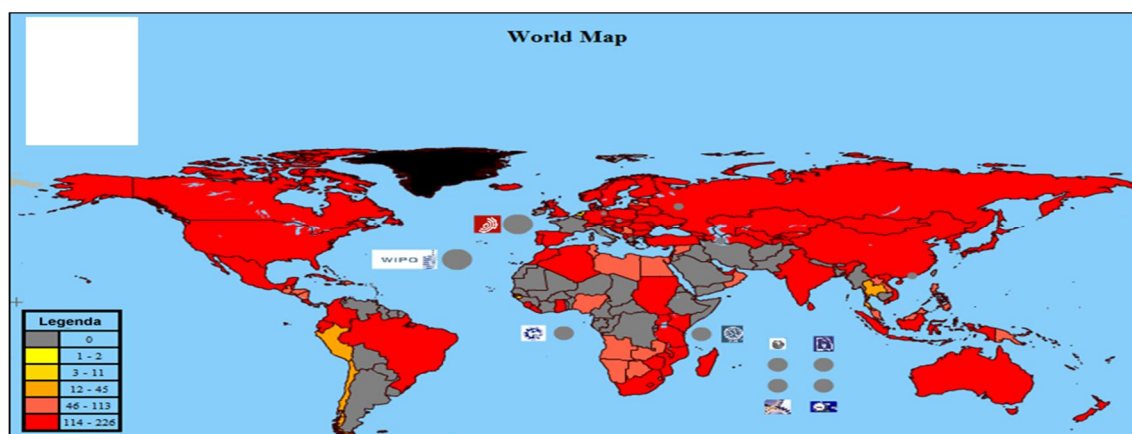


Figure 2.10. Countries designated by patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide (1990-2010)

The designated countries are those in which the patent holder declares an interest in protecting the technology developed, and assumes the costs related to its protection. In this way, the designated countries represent the commercial interests of the patent holder. It may be supposed, based on this premise, that the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide has global commercial potential. It is also possible to list the countries with a greater number of patents of this nature, as is presented in the Table 2.3 below.

Order	Designated Countries	No. of Patents
1	Canada	140
	Japan	140
2	Australia	139
	Brazil	139
3	Norway	138
4	China	137
	Hungary	137
	Poland	137
	Republic of Korea	137
	Romania	137

Table 2.3. Number of patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematicide, by designated country

It can be seen that Brazil and China are the only countries of the top four that appear for both production of articles and protection of patents. As mentioned before, the fact that there is a strong preoccupation with patenting among the holders of a given technology in a particular country, implies that, according to the premises assumed here, there is a market for the technology in that country. Therefore, even though a

technology may be developed in one country and marketed in another, the existence of a domestic market, as is the case in Brazil, associated with leading production of knowledge in the area, is an indicator of the supply and demand capacity of the product.

Figure 2.11 allows a global vision, in the form of a network, of the relationships between topics of interest contained in the production of articles and patents by authors from different countries. The red circles in the network represent countries, the black squares represent the topic of interest categories, and the blue squares represent the subject of the patents. The area of the nodes is proportional to the quantity of products (articles and patents) associated and the lines joining them show the relationships between countries and topics of interest according to the type of production.

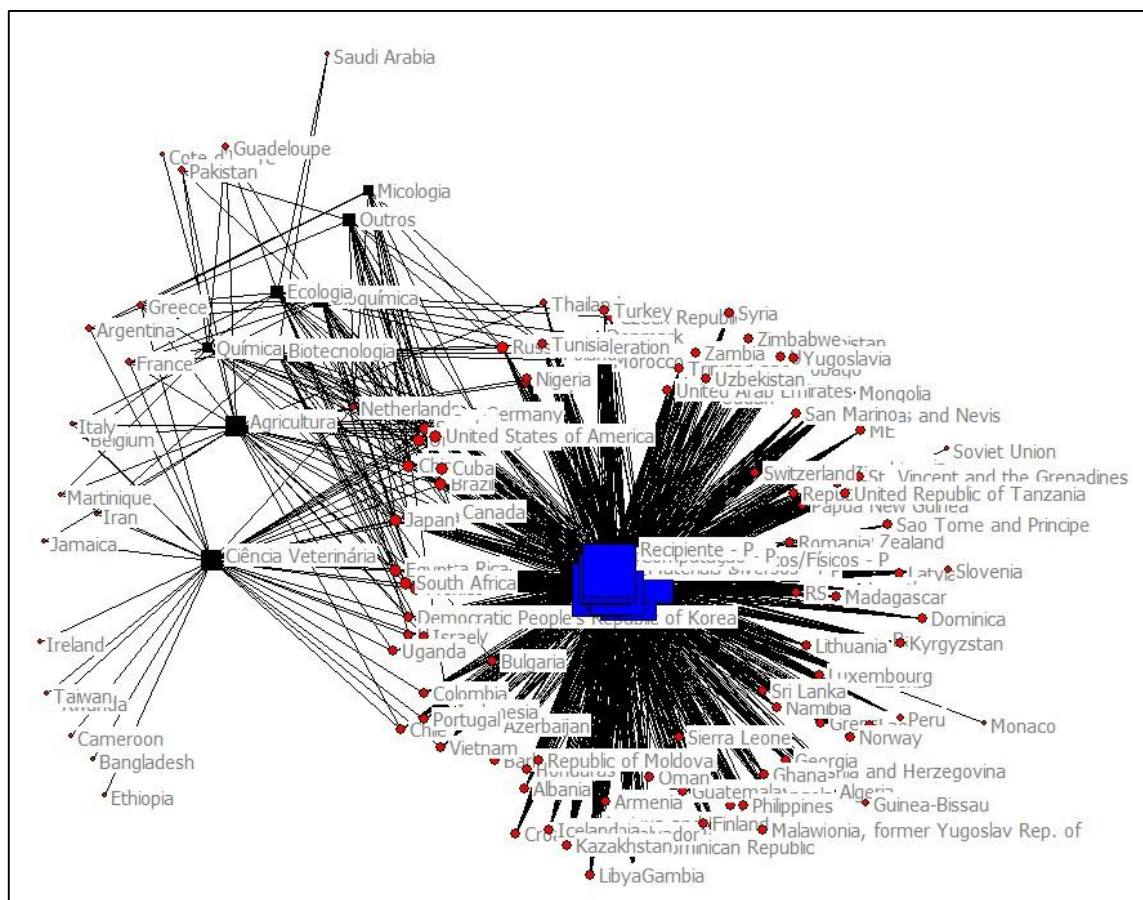


Figure 2.11. Topics of interest of articles and patents related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide, by country and relationships (1990-2010)

A much denser network can be seen in the Figure 2.11 in relation to topics of interest for patents, since the vast majority of patent holders analysed seek to protect the patents in the same country, independent of the corresponding topic of interest. An even greater concentration can be observed for countries that produce articles as much as they are the subject of technological protection, such as Brazil, as well as those countries (on the left of the graph) that, though not the focus of technological protection, contribute to the generation of knowledge in the area.

2.4.3 Divestment

The main focus of divestment is the withdrawal of seed capital funding from shares in technology based enterprises invested in by the fund. Therefore, this analysis seeks to identify potential organizations that may be interested in the technology studied here. In this way, by assessing the data on productivity, by organization, in articles and patents, the topics of interest and collaboration with other organizations, likely buyers of the technology may be identified.

The number of organizations whose collaborators were authors of articles covered by this study was 406 and the number that registered patents was 254. Figure 2.12 shows the evolution of the number of organizations with researchers who published articles related to the technology being assessed. Considering this proxy, the interest of organizations shows average annual growth of 42% for the period.

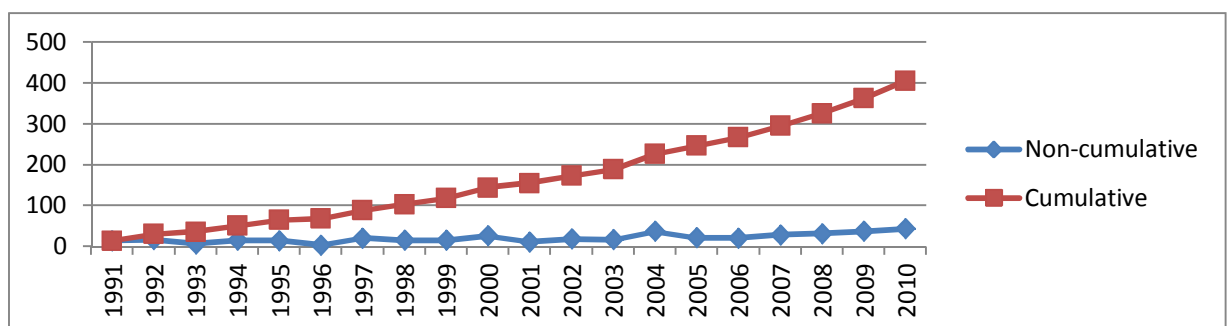


Figure 2.12. Evolution of organizations that published articles related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide – Cumulative and Non-cumulative (1991-2010)

In relation to patenting, the interest of organizations also shows greater average annual growth, with an approximate rate of 61% for the same period, as illustrated in Figure 2.13. This data shows the increasingly technological focus in the area.

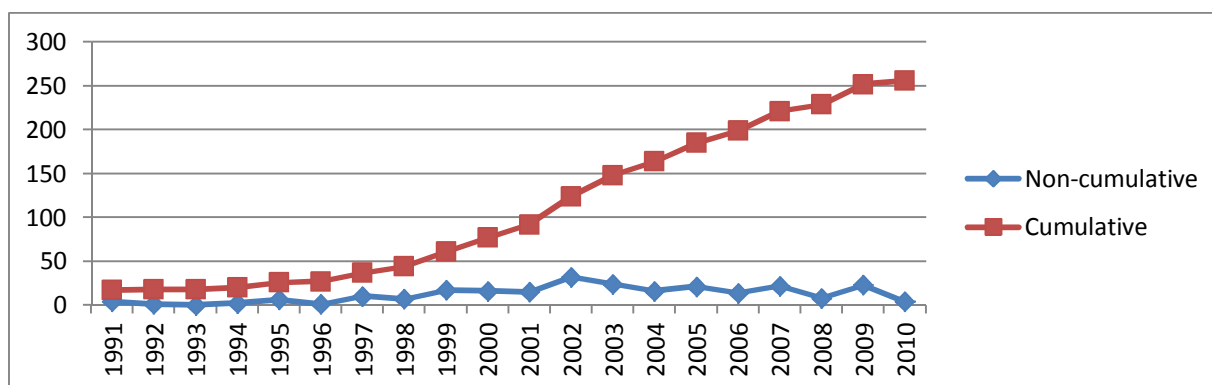


Figure 2.13. Evolution of organizations that deposited patents related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide ñ Cumulative and Non-cumulative (1991-2010)

A total of 16 co-active organizations (with as many authors of published articles as patents deposited) were observed and these are listed in Table 2.4, in descending order, according to the total quantity of documents (patents and articles).

Organization	Type	Article	Patent	Total
USDA	Go	44	6	50
Syngenta	Em	2	38	40
Bayer	Em	3	28	31
Univ Florida	Ac	27	1	28
Univ California	Ac	23	1	24
Auburn Univ	Ac	11	1	12
DuPont	Em	3	4	7
Ishihara Sangyo Kaisha Ltd	Em	1	5	6
Dow	Em	4	1	5
Univ Minnesota	Ac	3	2	5
Valent Biosci Corp	Em	4	1	5
Taisho Pharmaceut Co Ltd	Em	3	1	4
Haramaya Univ	Ac	1	1	2
Royal Vet & Agr Univ	Ac	1	1	2

Table 2.4. Co-active organizations (1991-2010)

The average number of articles published during the period by authors from co-active organizations, calculated in this way, is approximately 9.3, while for the organizations which only published articles it is approximately 2. That is, the co-active organizations

are 460% more productive in the publication of articles than those organizations that only produced articles.

The same is true when comparing the average number of patent registrations by co-active organizations (6.5) with those organizations that only have patents (1.3). In the latter case, the co-active organizations registered 495% more patents than the organizations which only produced patents. These phenomena will be discussed further in the next section.

Figure 2.14 below, shows the network of organizations which registered articles and patents related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematicide, which are represented as circles.

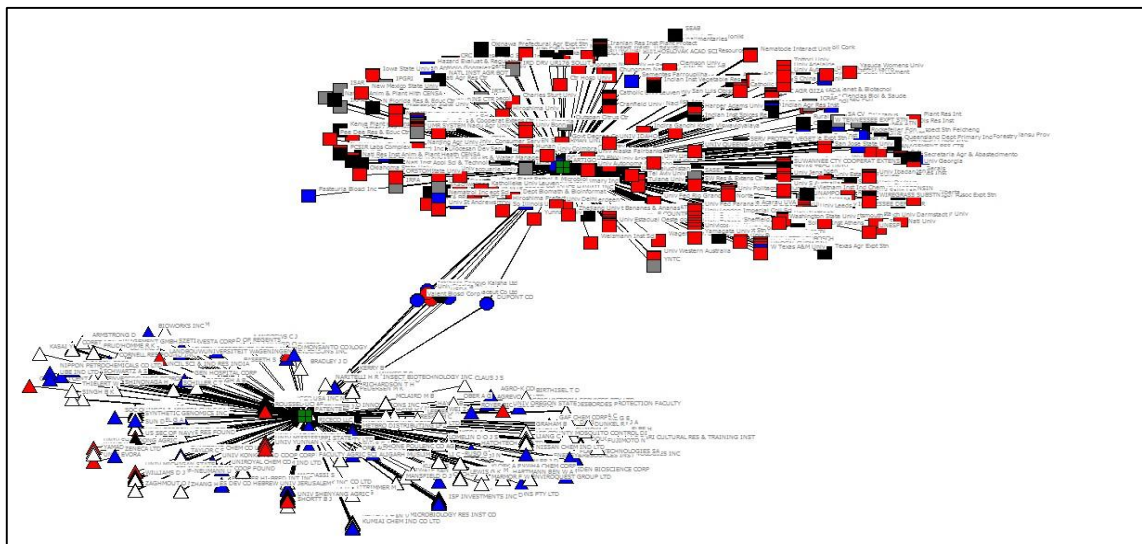


Figure 2.14. Network of organizations that published/registered articles and patents related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematicide and their relationships

As may be expected, given the nature of each type of organization, there is a predominance of academic organizations among those that only published articles, and of business organizations among those that only deposited patents. Among the co-active organizations there is more of a balance, with seven business organizations, six academic, as well as just one governmental organization.

With reference to the analysis of topics of interest in scientific production, those denominated Agriculture and Veterinary Science connect with almost all the co-active

organizations. Only the Royal University and the Taisho Pharmaceut Co Ltd do not have connections with these subjects, as they are linked exclusively with Biochemistry and Chemistry respectively, as represented in Figure 2.15.

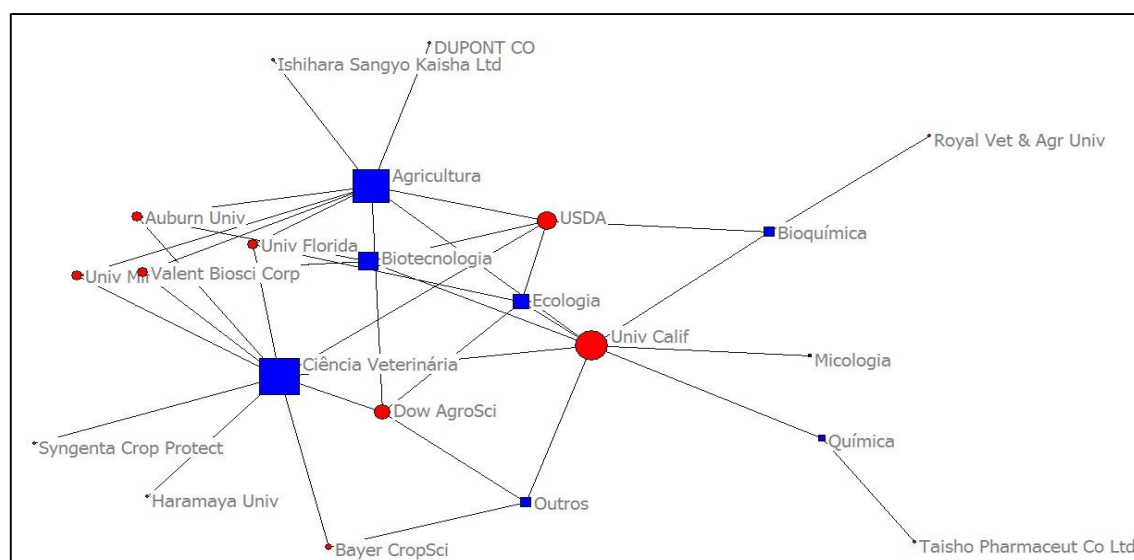


Figure 2.15. Topics of scientific interest related to the application of *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide, by co-active organization, and their relationships

In order to have a better understanding of the role of co-active organizations in scientific and technological production related to the technology in question, it was sought to verify the characteristics of the network formed between the co-active organizations and those that are not co-active in the production of articles and patents.

Figure 2.16 shows the network formed by the co-authorships in the publication of articles. It can be seen that the co-active organizations play a central role in the network, connecting with organizations that are not co-active.

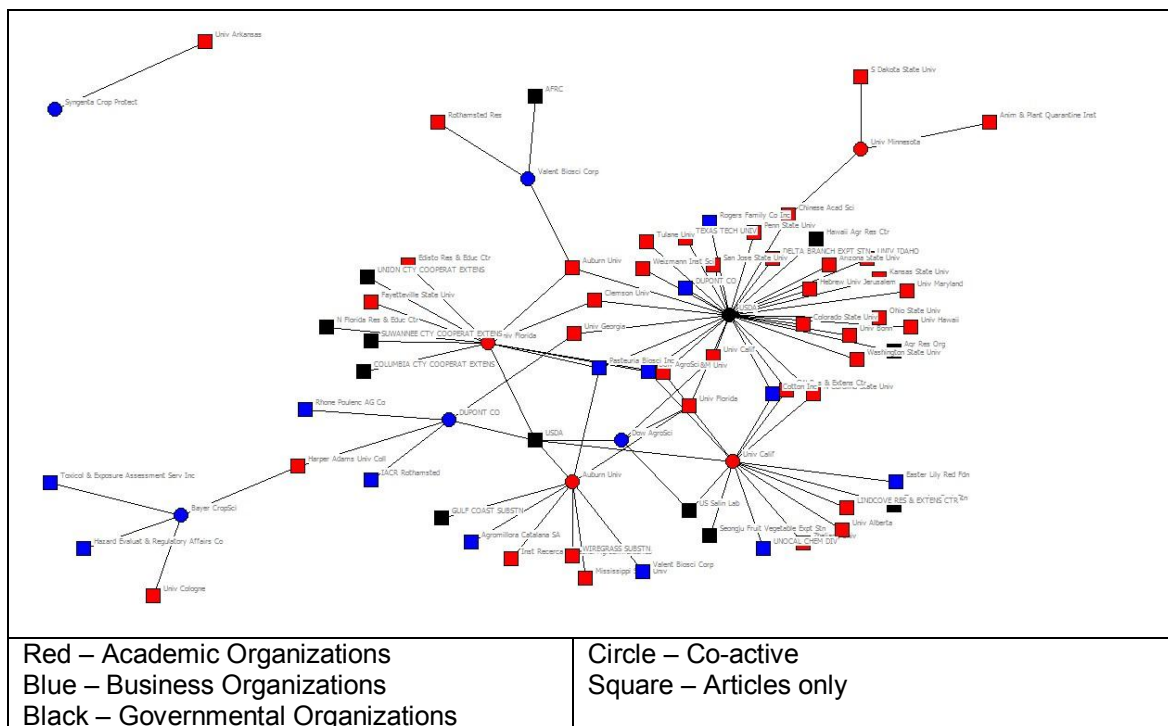


Figure 2.16. Network of co-active and non co-active organizations in the publication of articles related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide.

Figure 2.17 shows a network formed by the deposit of patents. A very different view can be seen. In this network, the collaborative activity is much more subdued. The majority of relationships are between two organizations, with the exception of one group, which involves five organizations in which the central one is also the co-active organization, USDA.

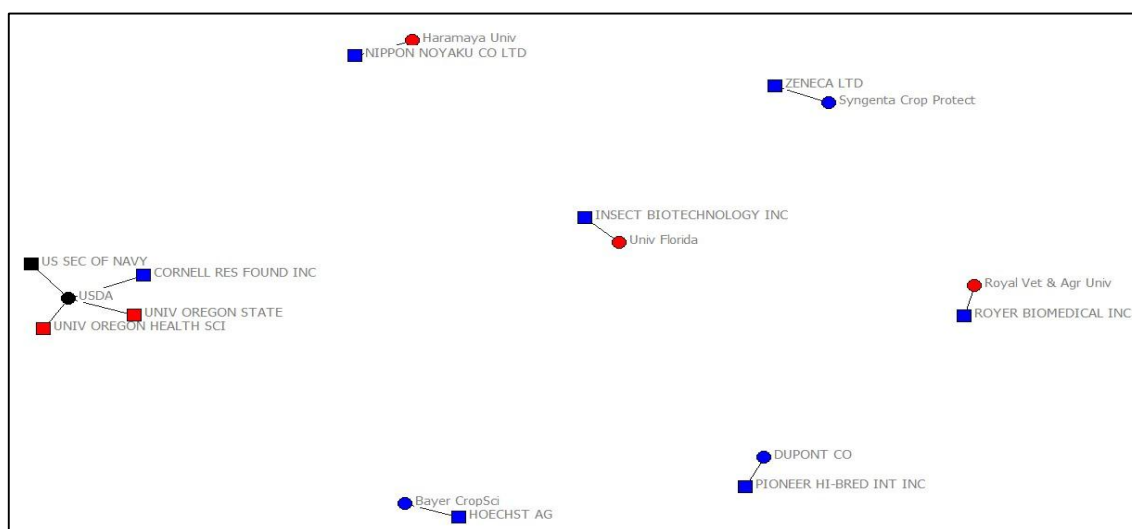


Figure 2.17. Network of co-active and non co-active organizations in the deposit of patents related to the application of Pochonia Chlamydosporia fungus as a nematocide.

2.4.4 Team

Finally, data related specifically to the enterprise analysed was sought, comparing it to more broadly assessed data on technology. Efforts were focused on assessing team production, both in scientific terms (articles) and technological terms (patents), their topics of interest and collaboration with other researchers, organizations and countries.

For the purposes of this analysis, the principal entrepreneur of the enterprise focused on in this study, identified as Freitas, L.G., was considered. As stated in his Curriculum Vitae, this researcher teaches at the Federal University of Viçosa (UFV), where he graduated in Agronomy and studied a Masters in Phytopathology. His doctorate was obtained at the University of Florida. This researcher founded an enterprise in 2008, where he is both shareholder and scientific coordinator.

In the database analysed, there are two of his articles which can be associated with the enterprise. These articles were co-written with other researchers shown in Figure 2.18 below, who are associated with UFV, Univiçosa and CNPq (National Council for Scientific and Technological Development), all Brazilian organizations. Thus, international collaborations were not identified in this case. There are also no patents deposited, either under the entrepreneur's name or under the enterprise's name. Neither does he appear as an inventor in any records.

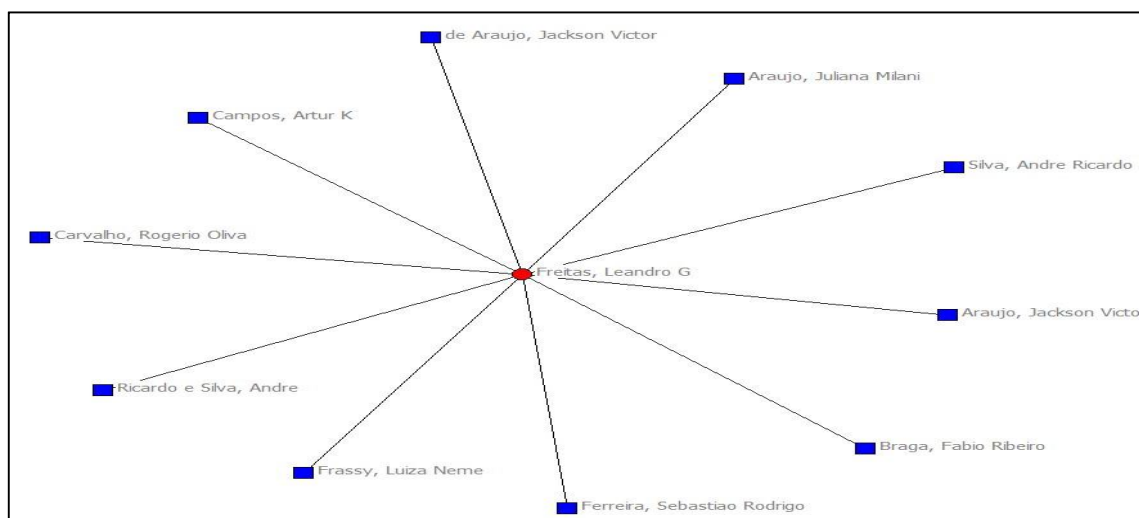


Figure 2.18. Network of co-authorship of the principal entrepreneur of the enterprise analysed.

It is worth noting, however, that the UFV is responsible for the majority of Brazilian scientific production in this area, with 58% of the national production, occupying fifth position among the most prolific organizations in the world.

It is important to observe that the topics of interest of the articles published by the entrepreneur of the enterprise are exclusively associated with Veterinary Science. In an interview, said entrepreneur confirmed that they are studies that deal with results of research on applications of the *Pochonia Chlamydosporia* fungus. The topic of Veterinary Science was second in global interest in terms of volume of articles and third in terms of patents. In relation to national production, this area contains the greatest volume of records (39% of the total).

Among the co-active enterprises, Syngetta and Bayer, the top two enterprises in terms of total volume of scientific and technological production in the area studied, show an interest in Veterinary Science, which, according to the premises of this study, could potentially lead to their selection as possible interested parties in the negotiation of shares in the enterprise when withdrawing funding from its capital structure.

2.5 Final Considerations

Based on the data presented, it can be seen that the application of the *Pochonia Chlamydosporia* fungus as a nematocide has generated an increasing number of patents, with a relationship of 0.346 patents per article, and a tendency to improve this rate (and consequently improve the indicator, in terms of technological focus), as the growth rate for patents is 9% higher than that for articles, for the period analysed. In terms of Science, the area is also expanding, with the rates above the global average, and with concentrated growth in relation to topics of interest, as well as showing high positive correlation with the subjects covered by the patents. These facts demonstrate the consistency of the scientific basis of the technology assessed. On the other hand, collaborative activity between authors from different countries, for this scientific production, is relatively low. Only 13% of the production was carried out

in collaboration with different countries, which is below the global average. Brazil has a slightly higher rate (16%), with researchers collaborating in co-authorship with colleagues in Cuba, Spain, France and India.

It may be estimated, based on the proxies adopted here, that there is a very extensive market for this technology, at least geographically. A significant number of countries (55) had researchers publishing articles in this area between 1991 and 2010, with Brazil's notable participation in recent years showing a tendency toward becoming the top country for scientific production, if dynamics in the area remain unchanged. In technological terms, with patents as proxy, the extent is even greater, once the areas of commercial interest, encompassing 120 different countries, are verified. Brazil is again quite central among these countries, showing high commercial interest in the technology being assessed, given its agricultural focus. This characteristic, associated with the high level of scientific production in the field, makes the country very interesting for the development of technology in the area. Initially, this interest comes from the existence of critical mass for the development of the technology, but also from the domestic market for the marketing of related products.

The high level of interest among organizations in the patenting of technologies related to this analysis (whose average annual growth was 61%) reaffirms the economic interest in the technology. A high relative rate of business organizations (11%) with researchers publishing articles in the area can be seen, as well as a predominance of enterprises (50%) among the types of co-active organizations. Of these, Syngenta (two articles and 38 patents) and Bayer (three articles and 28 patents) are notable.

Considering the fact that the aim of analysing the technology is to instrumentalize the assessment of a proposal of a given enterprise for investment by a Seed Capital Fund, and that, for this reason, the case of the first enterprise invested in by a specific fund was chosen, a comparative assessment was performed of the general data related to the enterprise's technology, to general production, to the topics of interest, and to collaboration of team members, in this context.

Thus, a more scientific approach of the team may be noted, though with high productivity and adherence to global production despite the apparent lack of international collaboration, based on the data analysed. There are no patents deposited by the enterprise, probably because *Pochonia Chlamydosporia* is a living thing and national legislation does not consider this type of patenting. Meanwhile, patents related to Measurement and Containers¹⁰ were identified, which could be an alternative for Rizoflora, as a way of protecting its technology and making it more attractive for future negotiations for shares in the fund. In accordance with the analysis performed, the focus on the topic of interest of Veterinary Science makes Syngenta and Bayer potential strategic partners.

2.6 Conclusion and limitations

Based on these analyses, it can be concluded that, in relation to the main objective of this study, the scientometric and patentometric indicators can indeed assist in the assessment of non-financial criteria, particularly in the case of the criteria dealt with in this study, that is: technology, market, divestment and team. Thus, the methodology employed here can be quite useful in instrumentalizing the selection process of projects for seed capital funding, in allowing a better understanding with respect to the dynamics of scientific and technological production related to the product of the enterprises under analysis, and, in a comparative analysis, may facilitate the process of choosing between various projects, through statistical assessment such as the Data Envelopment Analysis, for example.

The main limitation of this study is related to the extraction of data from the WoS and DII databases. There is an infinity of search strategies which would result in a different range of results. Moreover, the use of the same search strategy for different databases is not necessarily best, since the logic of article publication is different to the logic of patent deposition. Meanwhile, it must be observed that the theme used for this study was validated, by means of an interview, by the entrepreneur. The role

¹⁰ Involving packaging for the application of the fungus in various types of crop associated with the occurrence of nematodes or with the reproduction process of the Fungus, for example.

of construct indicators and of instruments used for the analysis may produce differences in the interpretation of data. This study, nonetheless, is not proposed as a definitive way of assessing subjective criteria by making it objective via the extraction of data related to articles and patents.

As a contribution to future studies, the use of statistical techniques for the identification of other indicators for the same analysis criteria (technology, market, divestment and team), as well as a comparison of data already gathered, such as information on other enterprises, is suggested.

2.7 References

- ACS, Z. J. and Audretsch, D. B. (1987) Innovation, Market Structure, and Firm Size. *Review of Economics and Statistics* 69(4): 567–74.
- ACS, Z. J. and Audretsch, D. B. (1990) *Innovation and Small Firms*. Cambridge, MA: MIT Press.
- ACS, Z. J. and Audretsch, D. B. (1991) R&D, Firm Size, and Innovative Activity, in Acs, Z. J. and Audretsch, D. B (eds). *Innovation and Technical Change: An International Comparison*, pp. 39–50. New York: Harvester Wheatsheaf.
- ADAMS, J; King, C. and Singh, V (2009). *Global research report: India: research and collaboration in the new geography of science*. Leeds, UK: Thomson Reuters.
- ALBUQUERQUE, E. M. (1997) Notas sobre os determinantes tecnológicos do catching up: uma introdução à discussão sobre o papel dos sistemas nacionais de inovação na periferia. *Estudos Econômicos*, v.27(2).
- ALBUQUERQUE, E. M. (1998). Produção científica e sistema nacional de inovação. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 19(1), p. 156-180.
- ALBUQUERQUE, E. M e Sicsú, J. (2000). Inovação institucional e estímulo ao investimento privado. *São Paulo em Perspectiva*, 14(3), p. 108-114
- ARMOND-DE-MELO, D. R. (2012). *Relação universidade-empresa no Brasil: o papel da academia em redes de co-invenção*. Tese de Doutorado, Escola de Administração, UFBA, Salvador, 2012.
- AUDRETSCH, D. B. (1995) *Innovation and Industry Evolution*. Cambridge, MA: MIT Press.

BIRCH, D. L. (1987) *Job Creation in America: How Our Smallest Companies put the Most People to Work*. New York: Free Press.

BUFREM, L.; Prates, Y (2005). O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 34(2), p. 9-25.

CALLON, M.; Courtial, J y Penan, H (1995). *Cienciometría, el estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometria a la vigilancia tecnológica*. Gijón, TREA.

CAMPOS, A. L. S (2006). Ciência, tecnologia e economia. In: Pelaez, V.; Szmrecsányi, T. (Orgs). *Economia da inovação tecnológica*. São Paulo: Hucitec.

CARVALHO, A. G., Ribeiro, L. L. e Furtado, C. V. (2006). *A indústria de Private Equity e venture capital: primeiro censo brasileiro*. São Paulo: Saraiva.

CGEE (2008) Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *Os novos instrumentos de apoio à inovação: uma avaliação inicial*. Brasília: ANPEI (Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento)

CORTES, H (2010). *Análise da demanda por venture capital no âmbito do FMIEE Criatec*. Dissertação (mestrado em Administração). Faculdade Boa Viagem - Recife.

FERREIRA, A. B (2007). *O Setor Brasileiro de Capital de Risco: Caracterização, Oportunidades e Perspectivas*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção), Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

GARCEZ M.P e Anselmo, J.L (2005). O panorama brasileiro do capital de risco: características, evolução e perspectiva. In: 11 ALTEC, 2005, Salvador. *Anais eletrônicos do XI Altec*. Salvador: ALTEC.

GREGOLIN, J. A. R. et al (2005). Análise da Produção Científica a partir de indicadores bibliométricos. In: Landi, F. R. (Coord.) *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004*. São Paulo: FAPESP, 2005.

GUZMÁN Sánchez, M. V (1999). *Patentometría: herramienta para el analisis de oportunidades tecnológicas*. 130 p. La Habana, 1999. Tesis (Gerencia de información tecnológica)- Facultad de Economía. Universidad de La Habana: La Habana.

GVCEPE (2008) Centro de Estudos em Private Equity e Venture Capital da FGV-EAESP. *Panorama da Indústria Brasileira de Private Equity e Venture Capital: Relatório de Pesquisa*.

HOOD, W. W.; Wilson, C. S (2001). The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. *Scientometrics*, 52 (5).

- JANNUZZI, G. M.; Gomes, A. F. e Andrade, H. G (2003). *Mapeamento de competências e infraestrutura para P&D: indicadores para auxílio à prospecção tecnológica na área de energia*. Campinas: International Energy Initiative Latin American Office.
- MARICATO, J. M (2010). *Dinâmica das relações entre Ciência e Tecnologia: estudo Bibliométrico e Cientométrico de múltiplos indicadores de artigos e patentes em biodiesel*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Artes, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, São Paulo.
- MACIAS-CHAPULA, C. A (1998). O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago.
- MARTIN, A.R, Faria. L. I. L., Hoffmann, W. A. M. e Gregolin, J. A. R. (2002). Monitoramento de patentes sobre plásticos biodegradáveis. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA E GESTÃO DO CONHECIMENTO, 3., 2002, São Paulo; CONGRESSO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO, 1., 2002, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2002.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2010). Division of Science Resources Statistics. *Science and engineering indicators 2010*. Arlington.
- OKUBO, Y (1997). Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples, *OCDE Science, Technology and Industry Working Papers*. OCDE Publishing.
- OLDHAM, P (2007). Biodiversity and the patent system: towards international indicators. *Global Status and Trends in Intellectual Property Claims*, United Kingdom, n. 3.
- PAVITT, K., Robson, M. and Townsend, J. (1987) 'The Size Distribution of Innovating Firms in the UK: 1945–1983', *Journal of Industrial Economics* 35(3): 297–316.
- PHILLIPS, B. D. and Kirchhoff, B. A. (1989) 'Formation, Growth and Survival: Small Firm Dynamics in the US Economy', *Small Business Economics* 1(1): 65–74.
- REYNOLDS, P. D. (1997) 'New and Small Firms in Expanding Markets', *Small Business Economics* 9(1): 79–84.
- RICKNE, A. and Jacobsson, S. (1999) New Technology-based Firms in Sweden: A Study of their Direct Impact on Industrial Renewal, *Economics of Innovation and New Technology* 8(3): 197–223.

- SCHERER, F. M. (1965) Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions, *American Economic Review* 55(1): 1097–125.
- SCHUMPETER, J. A (1982). *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo, Abril (Os pensadores).
- SENGUPTA, I. N (1992). Bibliometrics, informetrics, scientometrics and librametrics: an overview. *Libri*, v. 42, n. 2, p. 99-135.
- SHEARMAN, C. and Burrell, G. (1988) New Technology-based Firms and the Emergence of New Industries, *New Technology, Work and Employment* 3(2): 87–99.
- SOUZA, S (2008). *Capital Empreendedor*. Curitiba: Juruá.
- SPINAK, E (1998). Indicadores cienciométricos. *Ciência da Informação*, Brasília, v.27, n.2, p.141-148, maio/ago.
- STOREY, D. J. and Johnson, S. (1987) *Job Generation and Labour Market Change*. Basingstoke: Macmillan.
- UNESCO (2010). *UNESCO SCIENCE REPORT 2010*. Paris: UNESCO Publishing.
- VELHO, L (1997). Estratégias para um sistema de indicadores de CT&I no Brasil. In: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA. *Indicadores de CT&I no Brasil: antecedentes, estratégia, situação atual, necessidades e perspectivas*. Brasília.

Capítulo 3 ã Indicadores Cientométricos e Patentométricos para Seleção de Projetos por Fundos de Investimento¹¹

3.1 Introdução

Estudos sobre empresas emergentes de base tecnológica têm-se demonstrado foco recorrente das pesquisas sobre inovação, há mais de 30 anos. Esses estudos abordam características dessas empresas, como: o estímulo à atividade econômica de países e regiões (SCHUMPETER, 1982; AUDRETSCH, 1995; REYNOLDS, 1997), a criação de novas indústrias (ACS e AUDRETSCH, 1987; SHEARMAN e BURRELL, 1988) e a contribuição para criação de emprego e renda (BIRCH, 1987; STOREY e JOHNSON, 1987; PHILLIPS e KIRCHHOFF, 1989; RICKNE e JACOBSSON, 1999).

Além dessas características, alguns autores (SCHERER, 1965; PAVITT, ROBSON e TOWNSEND, 1987; ACS e AUDRETSCH, 1990, 1991) ainda afirmam que essas empresas tendem a investir, relativamente, mais em inovação do que grandes empresas e que, de uma maneira geral, a produtividade em pesquisa e desenvolvimento (P&D) tende a ser inversamente proporcional ao tamanho da empresa. Este comportamento organizacional é, justamente, aquele que atrai o interesse dos fundos de investimento, mais especificamente os fundos de capital semente, cujo modelo de negócios baseia-se na aquisição de ações de empresas nascentes, com o objetivo de obtenção de ganhos de capital por meio da valorização da empresa e a consequente venda de sua participação acionária no longo prazo (GARCEZ e ANSELMO, 2005). O GVCEPE (2008) e Cortes (2010) demonstram o crescimento recente deste tipo de negócio em todo mundo, mas destacam que, no Brasil, este crescimento tem ocorrido, em função do momento econômico pelo que passa o País, de algumas de suas políticas públicas e de ações governamentais de apoio à inovação.

¹¹ Artigo aprovado em avaliação preliminar pela Revista de Administração de Empresas (RAE), em 13 de agosto de 2012

Entretanto, Carvalho, Ribeiro e Furtado (2006) identificaram que o índice de aprovação de projetos pelos investidores de risco é de apenas 1%, o que evidencia a importância do processo de seleção de projetos. Neste processo, os investidores analisam planos de negócios com a intenção de escolher os empreendimentos mais promissores e, para tanto, adotam variados critérios de seleção (FERREIRA, 2007; SOUZA, 2008). Esses critérios foram classificados por Motta e Quintella (2012) de acordo com sua natureza, como: financeiros e não financeiros. Os critérios financeiros são aqueles que contam com instrumentos de avaliação econômica, universalmente aceitos para seu processo de avaliação, tais como análise de risco, análise do ponto de equilíbrio, estrutura de custos, retorno sobre o capital investido, etc. Já os critérios não financeiros são aqueles que, em sua essência, têm a necessidade de objetivar um processo naturalmente subjetivo de julgamento, ficando à mercê da avaliação pessoal de um gestor (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Diante de tal contexto que contrasta a importância – tanto em nível empresarial, quanto em nível social mais amplo – do investimento em empresas de base tecnológica, com a dificuldade para avaliação daqueles que têm maior potencial para receber o investimento de capital semente, Motta e Quintella (2012) avaliaram o potencial de uso de indicadores cientométricos e patentométricos como uma forma de instrumentalizar o processo de seleção de projetos pelos fundos de capital semente. Como resultado da metodologia empregada pelos autores, aqui definida como Metodologia M&Q, a objetivação do processo de seleção de projetos permitiu um maior conhecimento a respeito da dinâmica da produção em ciência e tecnologia relacionada ao produto da empresa analisada.

Desta forma, o presente artigo replica a metodologia M&Q (Motta e Quintella, 2012), com dados de outra empresa, com o objetivo de avaliar a aplicabilidade da proposta metodológica em um caso diferente. Para tanto, nesta pesquisa, serão utilizados dados públicos relativos a uma empresa investida pelo Criatec, que segundo Cortes (2010) é o maior fundo de capital semente brasileiro.

Este artigo está estruturado em cinco partes, além dessa introdução. Na primeira parte foi realizada uma revisão bibliográfica, que se ocupou da definição de cientometria e patentometria e a apresentação dos indicadores científicos e

tecnológicos utilizados na metodologia M&Q. Na sequência, são apresentados os procedimentos metodológicos, os dados coletados na pesquisa para, finalmente, os dados serem analisados e se apresentar as conclusões e as limitações deste estudo.

3.2 Cientometria e Patentometria

Callon, Courtial e Penan (1995), definem a Cientometria como um campo disciplinar que oferece métodos, baseados na bibliometria, para o estudo de CT&I. Gregolin (2005) aparentemente concorda com esta definição, entretanto explora mais o conceito, afirmando que seu objetivo é compreender a estrutura, evolução e conexões da ciência, de modo a estabelecer relações desta com o desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

Por outro lado, a Patentometria, que também é uma técnica pertencente ao grupo de métodos analíticos da bibliometria, diferencia-se por ser o estudo métrico das características e usos dos documentos de patentes (GUZMÁN SÁNCHEZ, 1999). Okubo (1997, p. 9) complementa, considerando a Bibliometria como uma área de estudo multidisciplinar e aplicável a uma grande variedade de campos.

Tanto a cientometria quanto a patentometria têm sido utilizadas: (1) para a tomada de decisões políticas nos sistemas de Ciência e Tecnologia (VELHO, 1997); (2) nas decisões empresariais relativas à gestão de P&D (JANNUZZI, GOMES e ANDRADE, 2003); e (3) nas decisões acadêmicas de pesquisadores (MARICATO, 2010). Em todos esses casos, artigos e patentes são utilizados para a construção dos indicadores cientométricos e patentométricos (SPINAK, 1998), como documentos representativos da produção científica e tecnológica, respectivamente.

Motta e Quintella (2012) construíram, então, um leque de indicadores cientométricos e patentométricos ou simplesmente patento-cientométricos, originalmente aplicados para a análise da dinâmica da produção científica e tecnológica, na análise de critérios, classificados pelos autores como *não financeiros*, utilizados por fundos de capital de risco no momento da avaliação para seleção de projetos de investimento.

Os critérios não financeiros, que compõem a metodologia M&Q são: (1) tecnologia; (2) mercado; (3) desinvestimento; e (4) equipe.

O critério tecnologia analisa as bases científicas do projeto proposto com o objetivo de identificar a capacidade de desenvolvimento de diversos produtos e utiliza os seguintes indicadores patento-cientométricos: quantidade de artigos; taxa de crescimento de artigos publicados; quantidade de patentes; taxa de crescimento de patentes depositadas; correlação entre os temas de interesse de artigos e patentes; colaboração científica internacional; e indicador de aproveitamento de oportunidades (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

O critério mercado analisa a capacidade mercadológica da empresa avaliada, em termos de oferta e demanda e utiliza os seguintes indicadores patento-cientométricos: quantidade de países na produção científica mundial; crescimento do interesse internacional no desenvolvimento científico; quantidade de países designados; crescimento do interesse comercial; participação brasileira na produção científica mundial; abrangência das patentes nos países designados; participação brasileira como país designado para proteção por patentes (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Para o critério desinvestimento, como o objetivo do fundo de investimento é obter ganho de capital com a venda da participação acionária na empresa, é preciso identificar potenciais compradores. Desta forma, empregam-se os seguintes indicadores patento-cientométricos: quantidade de empresas na publicação científica; crescimento do interesse científico empresarial; quantidade de empresas com patentes depositadas; taxa de crescimento do interesse tecnológico empresarial; volume relativo da produção científica de empresas, frente à produção científica geral; volume relativo da produção tecnológica de empresas, frente à produção tecnológica geral (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Finalmente, o critério equipe analisa o desenvolvimento científico e tecnológico da equipe associada ao projeto, utilizando os seguintes indicadores patento-cientométricos: quantidade de artigos de autoria da equipe; colaboração internacional da equipe; colaboração da equipe com outras organizações;

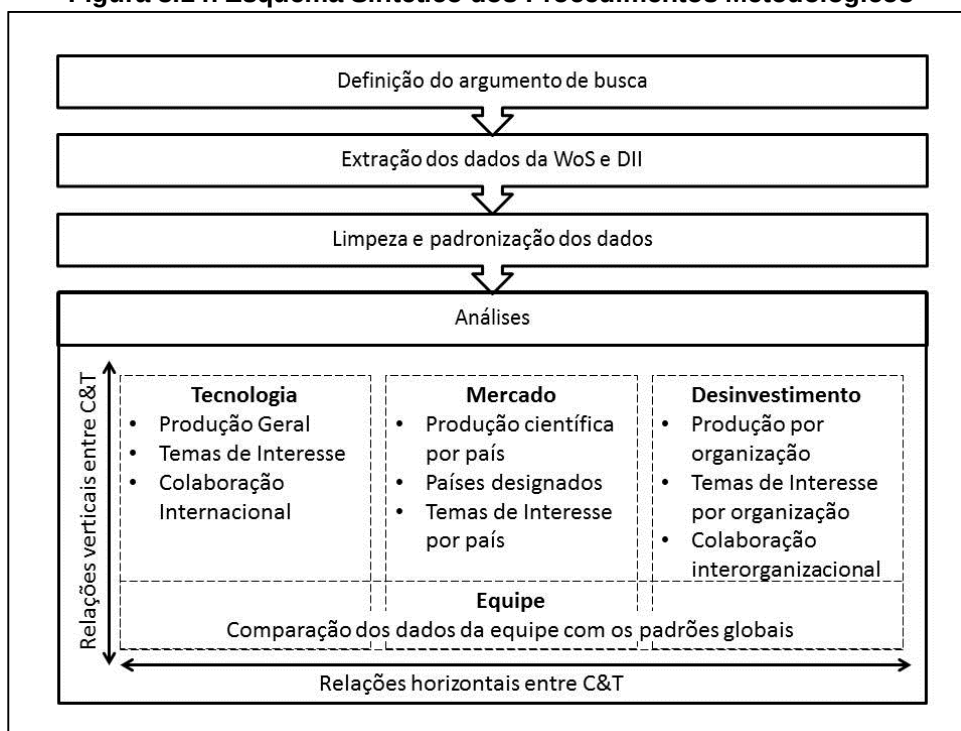
participação da equipe na produção científica mundial; quantidade de patentes da equipe; articulação da equipe na produção tecnológica com organizações de outros países; nível de articulação dos membros da equipe com outras organizações na produção tecnológica; nível de produção tecnológica da equipe, frente a produção tecnológica mundial (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

3.3 Procedimentos Metodológicos

Seguindo a proposta da metodologia M&Q (MOTTA e QUINTELLA, 2012), foram utilizados, nesta pesquisa, dados de artigos e patentes relacionados à tecnologia da empresa escolhida para análise. A Empresa (que será identificada neste texto simplesmente assim, para proteger sua identidade) tem como foco de negócio a marcação a laser. Seu principal produto é uma impressora para gravar polímeros e metais a laser. Seus clientes são grandes indústrias de diferentes setores, que recorrem a essas máquinas para imprimir em suas embalagens selos contra falsificações, já que tais marcas funcionam como um código de barras que pode ser lido por sensores que confirmam a autenticidade do produto (MIGUEL, 2010). Assim, considera-se a tecnologia pesquisada como sendo: o processo de marcação a laser em polímeros e metais.

A partir da classificação da tecnologia a ser estudada, partiu-se para a definição do argumento de busca utilizado para a extração dos artigos e patentes relacionados a ela, conforme a metodologia M&Q, apresentada na Figura 3.1 e que será descrita ao longo desta seção. O conjunto de dados extraído, de acordo com o argumento de busca escolhido definiu o que é denominado de “Área” (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Figura 3.1 ã Esquema Sintético dos Procedimentos Metodológicos



O argumento foi construído com os termos "laser" e "mark*" (que engloba todas as variações possíveis para o termo marcação, em inglês: "mark", "marks", "marker", "marking"). Desta forma, é possível identificar artigos e patentes relacionados ao processo de marcação a laser. Entretanto, como a aplicação deste processo pela empresa estudada neste artigo é restrito a peças de polímero e metais, restringiu-se a busca excluindo as áreas médicas (que tem larga utilização do laser em processos cirúrgicos, por exemplo), biológicas, químicas, dentre outras que poderiam interferir no processo de análise dos dados.

A extração de artigos, foi realizada por meio da base Web of Science (WoS) e a extração de patentes, por meio da Derwent Innovation Index (DII). Em ambos os casos, a extração foi realizada em 15 de maio de 2012. Essas bases foram definidas por Motta e Quintella (2012) por pertencerem, ambas, à Thomson Reuters, facilitando a padronização dos dados relativos aos diferentes documentos (artigos e patentes) e por serem as bases disponíveis de forma gratuita às Universidade Públicas Brasileiras por meio da CAPES com o maior volume de dados.

Procedeu-se, em seguida, a limpeza e padronização dos dados extraídos, com o objetivo de eliminar dados inconsistentes ou redundantes, com o software VantagePoint v.7. As informações analisadas das patentes e artigos extraídos de acordo com a metodologia M&Q são: Organizações, Países, Data e Temas de Interesse. Assim, na Área, que representa o conjunto de dados das produções científica e tecnológica relativas à tecnologia analisada, há temas mais específicos, chamados de Temas de Interesse (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

As Organizações são identificadas, nos artigos, por meio do campo Author Affiliations e nas patentes, pelo campo Patent Assignee. Nos casos em que mais de uma organização ou país são associados a um documento, deve-se computar um registro para cada um deles (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

A identificação dos Países é feita, nos artigos, por meio do campo Country e nas patentes, pelo campo Designated States National. Desta forma, considera-se o país onde está localizada a organização de afiliação do autor (e não a sua nacionalidade), no caso dos artigos, e o(s) país(es) onde a patente foi protegida. Com essa última informação, de acordo com a premissa assumida pela metodologia M&Q, é possível identificar os países (mercados) de interesse na proteção da tecnologia (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

A Data considerada para as análises, representação gráfica, elaboração de tabelas e as respectivas análises de organizações e países foi a ano de prioridade (Priority Year), no caso das patentes, e de publicação (Publication Year), no caso dos artigos (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Para a classificação em Temas de Interesse, utiliza-se o *International Patent Classification* (IPC) das patentes. Como não existe uma classificação internacional para artigos, nos moldes do IPC, a metodologia M&Q utiliza o campo Subject Category da WoS. As análises conjuntas dos Temas de Interesse entre os documentos de patentes e artigos demandam a integração e adaptação das classificações, que foi realizada de acordo com os campos tecnológicos propostos pela Tabela de Concordância IPC-Tecnologia da OMPI (Organização Mundial da Propriedade Intelectual). Para a classificação dos artigos, então, o procedimento é o

seguinte: (1) identificação da categoria de tema de interesse, de acordo com a WoSErro! **Fonte de referência não encontrada.**; (2) padronização dos Temas de Interesse, de acordo com o campo tecnológico, objetivando a realização de posteriores aproximações entre a produção científica e tecnológica na área (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Por fim, a análise da dinâmica das redes de colaboração científica e tecnológica é realizada por meio de técnicas de ocorrência e coocorrência de países e organizações – organização de afiliação dos autores, no caso de artigos, e organizações detentoras dos direitos, no caso de patentes (MOTTA e QUINTELLA, 2012). Para esta etapa, utilizou-se os softwares UCINet v.6 e NETDRAW v.2.

3.4 Apresentação dos Dados Segundo as Dimensões de Análises Não Financeiras do Fundo

Seguindo a proposta, a seguir são analisados os critérios não financeiros adotados pela metodologia M&Q: Tecnologia, Mercado, Desinvestimento e Equipe. Para cada um deles será construído o leque de indicadores com o objetivo de avaliar a tecnologia e a empresas sob a ótica de um investidor.

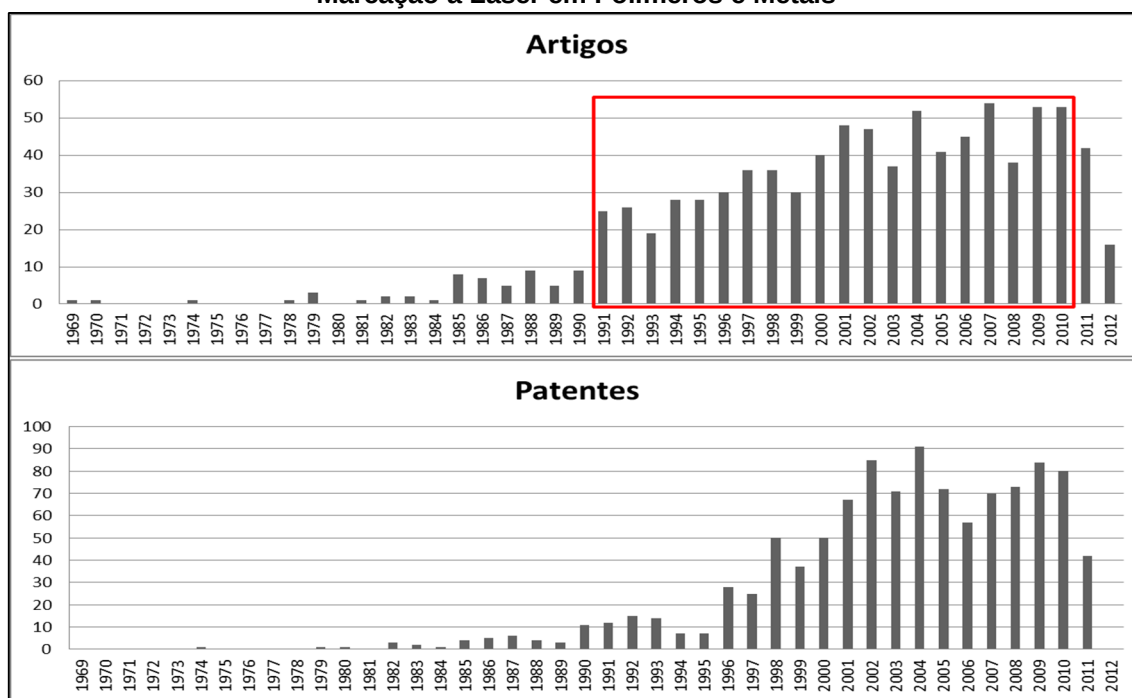
3.4.1 Critério Tecnologia

Para a avaliação da tecnologia associada ao produto da empresa buscar-se-á dados relativos à produção geral dos artigos e patentes, seus temas de interesse e a dinâmica da colaboração internacional para produção de artigos.

A análise do volume de publicação de artigos e sua evolução ao longo do tempo constituem a etapa mais básica do processo analítico (MOTTA e QUINTELLA, 2012). Apesar de simples, este indicador subsidiará praticamente todos os demais indicadores e análises mais específicas. A Produção Científica identificada a partir destes termos de busca foi de 880 artigos, desde 1945 (universo temporal da WoS). A produção tecnológica relacionada ao processo de marcação a laser em polímeros e metais, na base de dados Dewent Innovation Index (DII), apresentou 1013

patentes depositadas, cujo registro do ano de prioridade corresponde ao período entre 1974 e 2011. A evolução anual dos artigos e patentes está representada na Figura 3.2 3.2 que se segue.

Figura 3.2 ã Evolução da Produção Global de Artigos e Patentes Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais



Constata-se um crescimento na produção relacionada ao processo de marcação a laser em polímeros e metais tanto em termos científicos quanto tecnológicos (ver Figura 3.2), tendo o primeiro artigo sido publicado em 1969 e a primeira patente em 1974. Tomando por base a evolução na publicação de artigos, percebe-se um período de maior destaque (realçado na Figura 3.2). Como a extração dos dados foi realizada no início de 2012, acredita-se na possibilidade de que artigos, cujo ano de publicação seja 2011, ainda não estivessem disponíveis quando da realização dessa busca na WoS. Assim, para evitar desvios desta natureza, optou-se por excluir os anos de 2011 e 2012 da análise, considerando-se apenas o período de 1991 a 2010.

Martin et al. (2002) observam que publicação de patentes segue uma dinâmica diferente da publicação de artigos científicos, além de se ter procedimentos de publicação específicos de acordo com os diferentes países. Segundo os autores, na maior parte dos países, as patentes são publicadas 18 meses após a sua data de

prioridade, que é a data do depósito da patente no primeiro país em que ela foi depositada (País de Origem), de acordo com o princípio da prioridade unionista da Convenção de Paris. Motta e Quintella (2012) destacam que este período de sigilo independe da patente ser concedida, indeferida ou ainda estar em julgamento. Assim, é provável que os dados de patentes referentes aos anos de 2010, 2011 e 2012 estejam incompletos, considerando a extração em maio de 2012.

Com o recorte temporal estabelecido, o volume total da produção científica sobre o processo de marcação a laser em polímeros e metais passou de 880 para 766 artigos (87% do total) e a tecnológica de 1013 para 936 patentes (92% do total). Com base nessa informação, Motta e Quintella (2012) sugerem a construção de um indicador equivalente ao IAO (Indicador de Aproveitamento de Oportunidades) (ALBUQUERQUE, 1997, 1998; ALBUQUERQUE e SICSÚ, 2000) para a área. Originalmente, o IAO foi construído para avaliar os Sistemas Nacionais de Inovação (SNI). Segundo Albuquerque e Sicsú (2000), dada a complexidade da relação entre ciência e tecnologia, a comparação entre as duas participações relativas oferece indícios sobre a qualidade das interações entre elas. Quanto maior este indicador, mais maduro é o SNI, ou seja, menor é a distância entre as quantidades da produção científica e da tecnológica. Já em sistemas imaturos, a produção científica é superior à industrial-tecnológica, implicando em um IAO baixo, o que deriva para o diagnóstico da existência de desperdício de oportunidade.

De forma análoga, Motta e Quintella (2012) propõem a avaliação da relação entre os volumes da produção científica e da produção tecnológica na área estudada com o objetivo de identificar a maturidade desta área em relação ao aproveitamento de oportunidades. Desta forma, entre o período 1991 a 2010, houve uma relação aproximada de 1,222 patente por artigo, o que classificaria a área, de acordo com Albuquerque (1998) como altamente desenvolvida tecnologicamente, já que está muito acima da média dos países com SNIs maduros (0,418) e similar aos Estados Unidos, que apresenta o mais elevado aproveitamento de oportunidades (IAO = 1,5), segundo Albuquerque e Sicsú (2000). Adicionalmente, ao verificar a taxa média anual de crescimento (entre 1991 e 2010), que é de 22% para patentes e 15% para artigos, nota-se uma tendência de ainda maior aproveitamento de oportunidades na

área. Assim, pode-se considerar que esta é uma tecnologia em fase madura e que o aproveitamento de oportunidades, além de elevado ainda tende a crescer.

O número médio anual de artigos científicos publicados entre 1991 e 2010 foi de 38,3 artigos. Analisando o volume dos anos de 2002 (47) e de 2008 (38), verifica-se um decréscimo no volume de publicações científicas na área, enquanto a média de crescimento mundial de publicações científicas em geral foi de 34,5% para o mesmo período, segundo a UNESCO (2010). Como pode ser verificado na Figura 3.2, a partir de 2001, até 2010, a quantidade de artigos publicados ano a ano, se estabiliza. Assim, aparentemente o que se observa é a maturação científica da área, associada ao elevado interesse científico, demonstrado pelo número absoluto de artigos publicados.

Já em relação à produção tecnológica, foram depositadas, em média, 49,8 patentes por ano, no período de 1991 a 2010. Quando se compara o total de patentes registradas em 1991 com aquelas registradas em 2010, constata-se um aumento de 567% no período. Esses dados demonstram um elevado crescimento da produção tecnológica na área, realçando seu enfoque mais tecnológico nesse período.

Os artigos e patentes relacionadas ao processo de marcação a laser em polímeros e metais foram agrupados em sete temas de interesse, conforme Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Temas de Interesse dos Artigos e Patentes Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais

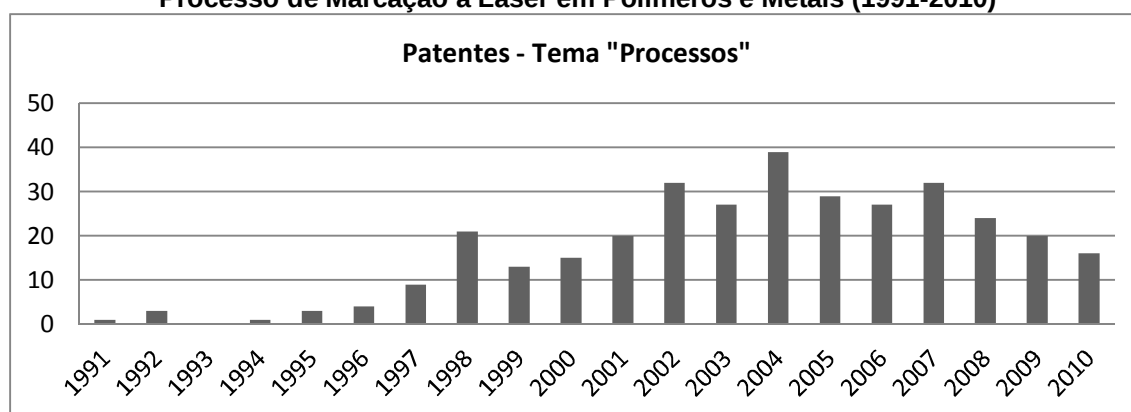
Categoria de Temas de Interesse	Artigos	Patentes
Máquinas	458	539
Ótica	227	212
Materiais	187	219
Processos	57	321
Outros	50	29
Computação	17	16
Engenharia Civil	1	19

A correlação dos temas de interesse das patentes e artigos, calculada a partir de seus quantitativos associados a cada um dos temas de interesse (Tabela 3.1), é positiva e alta, com coeficiente de correlação igual a 0,857. Assim, considera-se possível estabelecer algumas relações entre a Produção Científica e a Produção

Tecnológica, demonstrando relações horizontais entre ciência e tecnologia nos temas de interesse aqui estudados. Observa-se, ainda um destaque para os temas “Máquinas”, “Materiais” e “Ótica”, tanto em quantidade de artigos, quanto de patentes. O tema “Processos” é o segundo em quantidade de patentes, mas tem, relativamente, poucos artigos associados.

Em uma análise mais específica sobre a evolução de cada uma dessas quatro principais temáticas (“Máquinas”, “Materiais”, “Ótica” e “Processos”), observou-se certa estabilização recente nas quantidades de artigos e patentes com leve tendência de crescimento para todos, exceto “Processos”. Este tema, além de um baixo quantitativo de artigos, apresenta-se em declínio, em relação à produção tecnológica (observada pelo depósito de patentes), como retratado na Figura 3.3.

Figura 3.3 Evolução do Tema de Interesse ÓProcessos das Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais (1991-2010)

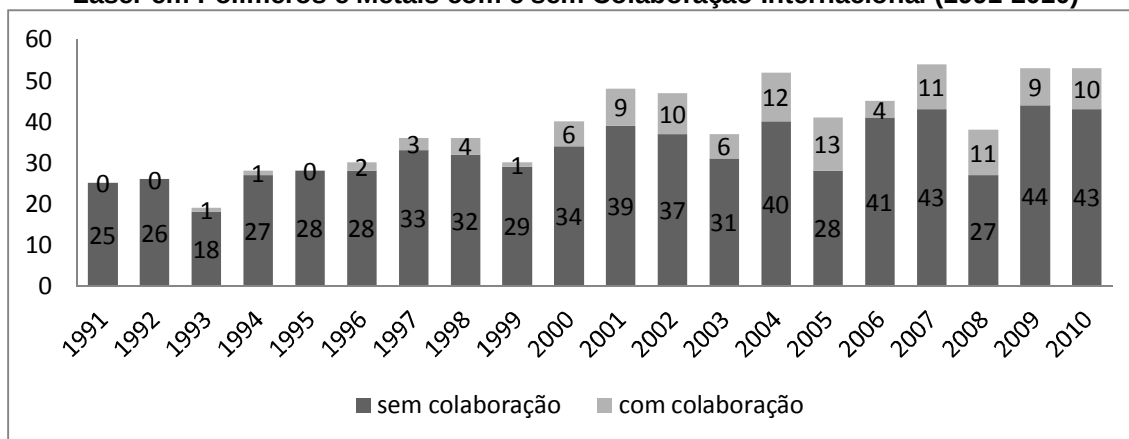


Em relação à atividade colaborativa entre pesquisadores de diferentes países, dos 766 artigos analisados (publicados entre os anos de 1991 e 2010), 113 (15%) foram publicados em colaboração internacional, ou seja, têm autores de mais de um país, envolvidos na coautoria.

Motta e Quintella (2012) destacam que a existência de colaboração científica internacional em uma dada área é vista por vários pesquisadores (Adams, King & Singh, 2009; Maricato, 2010; NSF, 2010) como um sinal de maturidade, pois a tendência é que áreas mais recentes sejam estudadas inicialmente por pesquisadores de um mesmo país, para, somente após uma determinada maturação

alcançarem níveis de colaboração com outros países. Analisando a Figura 3.4, percebe-se o crescimento da colaboração entre países nos últimos anos.

Figura 3.4 ã Evolução da Publicação de Artigos Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais com e sem Colaboração Internacional (1991-2010)



A Figura 4 mostra que em 1991 não houve colaboração internacional (na forma mensurada pela metodologia M&Q), passando, os artigos em colaboração, a representar 29% de toda a produção registrada em 2008 – pico da colaboração entre países. Observa-se ainda que a área avaliada segue o padrão global de colaboração científica internacional. A NSF (2010) avaliou o aumento da colaboração científica entre autores de dois ou mais países. Segundo este estudo, o índice global (de todas as áreas e campos científicos) de colaboração entre países era de 8% em 1998, subindo para 22% em 2007. Ao comparar esses dados com a Figura 3.4, nota-se que o padrão de colaboração internacional dos artigos relacionados ao processo de marcação a laser em polímeros e metais é similar à média (11% em 1998 e 20% em 2007).

3.4.2 Critério Mercado

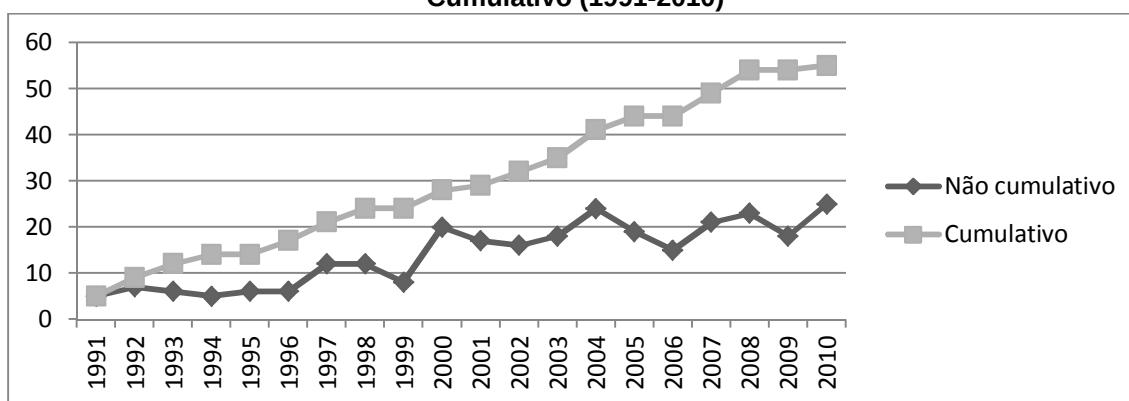
Para Motta e Quintella (2012), a avaliação de mercado por parte do Fundo busca identificar o potencial comercial da tecnologia. De acordo com as premissas já mencionadas, adotadas pela metodologia M&Q, se há autores de muitos países produzindo conhecimento em uma área e as patentes estão protegidas em diferentes nações, considera-se que o potencial mercadológico é grande. Assim, esta análise envolve dados sobre: a produção científica por país; os países

designados (onde a tecnologia está protegida) pelas patentes; e os temas de interesse científico e tecnológico (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Através da análise da produção científica por países dos coautores, é possível captar a inclusão espontânea ou não da temática nas agendas de pesquisa de suas comunidades científicas, demonstrando a importância dada à área em nível nacional e comparando-a internacionalmente (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Assim, o número de países considerados como produtores de artigos relacionados ao processo de marcação a laser em polímeros e metais, identificados na WoS, no período de 1991 a 2010, foi de 55. A evolução da quantidade de países com coautores que publicam artigos relacionados à temática pode ser observada a partir de uma perspectiva de contagem, conforme apresentado na Figura 3.5.

Figura 3.5 - Evolução do Número de Países com Coautores que Produziram Artigos Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais - Não Cumulativo e Não Cumulativo (1991-2010)



O indicador não cumulativo reflete a quantidade de países que publicaram artigos naquele ano específico. Já o indicador cumulativo é a quantidade de países que passam a ter coautores produzindo artigos científicos na área, somado àqueles que já o tinham até o ano anterior (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

Observa-se, do ponto de vista não cumulativo uma taxa de crescimento médio anual de 16%, o que demonstra um aumento no interesse de diferentes países em relação à área analisada. Isso pode ser um indicador de mercado muito positivo, porque aponta para uma expansão científica global da área.

Os EUA e o Japão, além de figurarem no topo da lista dos países com maior volume de publicações científicas relativas ao processo de marcação a laser de polímeros e metais, ainda mantêm sua produção constante ao longo de todo o período estudado. O Brasil aparece na 20ª colocação com apenas 0,006% da produção científica mundial na área.

Sob a ótica da produção tecnológica, a quantidade de países onde as patentes relacionadas ao processo de marcação a laser em polímeros e metais, registradas no período de 1991 a 2010 e cadastradas na DII no momento da extração para este estudo, foram protegidas (Países Designados) é igual a 116. Os países designados são aqueles nos quais o titular da patente declara o interesse de proteção da tecnologia desenvolvida, e assume os custos relacionados a esta proteção. Desta forma, os países designados representam interesses comerciais do titular da patente (MOTTA e QUINTELLA, 2012). Pode-se supor, com base nessa premissa, que o processo de marcação a laser de polímeros e metais tem um potencial global de comercialização. Entretanto cabe destacar que, apesar do grande quantitativo de patentes depositadas, relacionadas ao processo de marcação a laser de polímeros e metais, há uma baixa cobertura, sendo que os principais países designados respondem por entre 6,0% a 6,4% do total de patentes depositadas (936) no período analisado, como pode ser constatado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 ã Volume de Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais, por Países Designados

Ordem	Países Designados	Qtde de Patentes	Volume Relativo
1	Singapura	60	6,4%
	EUA	60	6,4%
2	Canadá	59	6,3%
3	Austrália	57	6,1%
4	China	57	6,1%
	68 países (inclusive o Brasil)	56	6,0%

Se fosse constatada uma forte preocupação de patenteamento entre os detentores de uma dada tecnologia em certo país, poder-se-ia afirmar, segundo as premissas adotadas na metodologia M&Q, a existência de mercado para a tecnologia naquele país específico. Neste caso analisado, observa-se grande expansão geográfica,

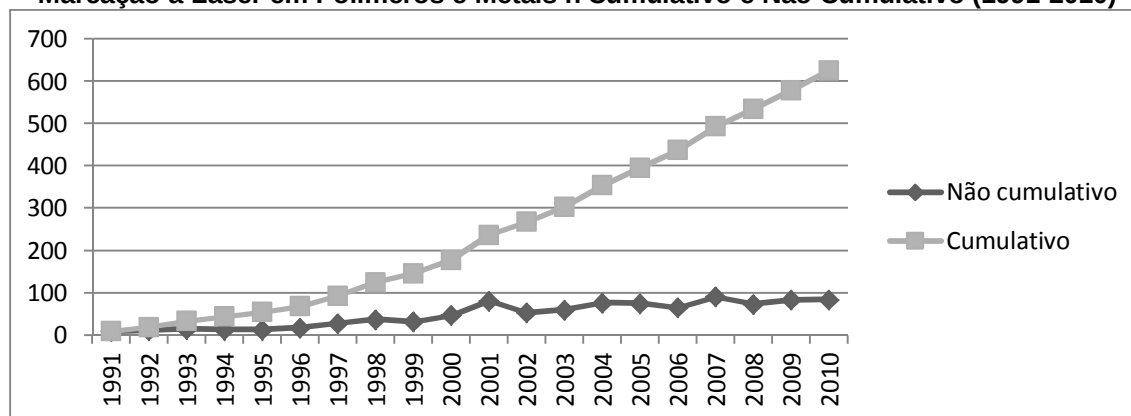
entretanto baixa cobertura por país. Assim, não é possível afirmar, com base no indicador, que esta tecnologia tenha amplo mercado. Cabe destacar, entretanto, que o inverso, também não pode ser afirmado. A única afirmação capaz de ser feita é que a tecnologia tem potencial global de mercado.

3.4.3 Critério Desinvestimento

O foco principal do desinvestimento é a saída do fundo de capital semente da participação acionária das empresas de base tecnológica por ele investidas. Assim, busca-se, com essa análise, identificar organizações que tenham interesse potencial na tecnologia aqui estudada. Desta forma, avaliar os dados sobre a produtividade por organização em artigos e patentes, seus temas de interesse e a colaboração com outras organizações permitiria identificar potenciais compradores da tecnologia (MOTTA e QUINTELLA, 2012).

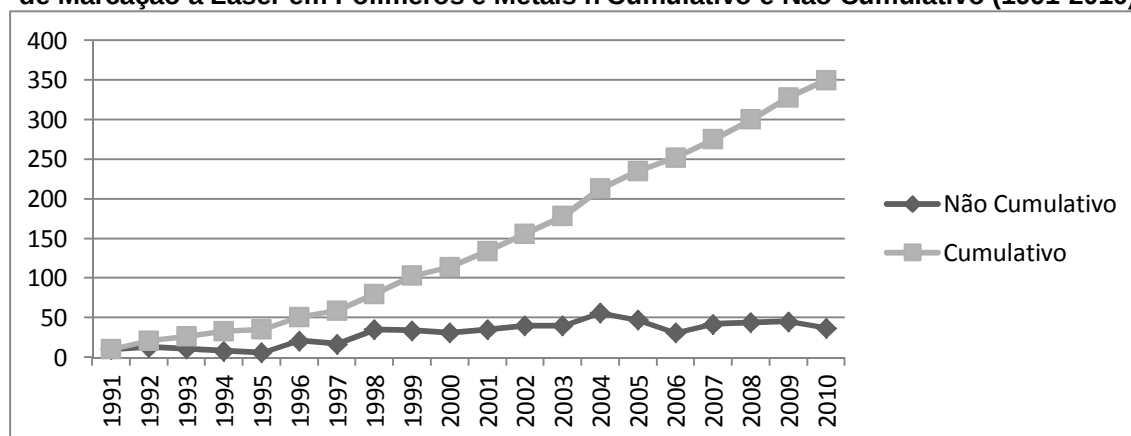
A quantidade de organizações cujos colaboradores foram autores de artigos cobertos por esta pesquisa foi de 626 e as que registraram patentes foram 350. A Figura 3.6 demonstra a evolução da quantidade de organizações com pesquisadores que publicaram artigos relacionados à tecnologia avaliada. Considerando-se essa *proxy*, o interesse das organizações apresenta um crescimento médio anual, no período, de 16%.

Figura 3.6 Evolução das Organizações que Publicaram Artigos Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais – Cumulativo e Não Cumulativo (1991-2010)



Em relação ao patenteamento, o interesse das organizações apresenta, de forma similar, um crescimento médio anual, com taxa aproximada de 17%, no mesmo período, como ilustrado na Figura 3.7.

Figura 3.7 ã Evolução das Organizações que Depositaram Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais ã Cumulativo e Não Cumulativo (1991-2010)



Já em termos de organizações coativas (que têm tanto autores de artigos publicados quanto patentes depositadas) observa-se um total de 28, as quais são listadas na Tabela 3.3, em ordem decrescente, de acordo com a quantidade total de documentos (patentes e artigos).

Tabela 3.3 ã Organizações Coativas

ORGANIZAÇÃO	TIPO	ARTIGOS	PATENTES	TOTAL
HITACHI LTD	Em	9	54	63
MATSUSHITA ELECTRONICS CORP	Em	4	47	51
SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD	Em	4	19	23
KOMATSU	Em	3	9	12
SUMITOMO ELECTRIC IND LTD	Em	2	9	11
SANYO ELECTRIC CO LTD	Em	1	8	9
TOYO INK MFG CO LTD	Em	1	8	9
COHERENT INC	Em	3	5	8
LG	Em	2	6	8
SONY CORP	Em	3	5	8
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	Em	3	4	7
TOSHIBA	Em	2	5	7
SEIKO EPSON CORP	Em	1	5	6
SHARP CO LTD	Em	5	1	6
IND TECHNOLOGY RES INST	Go	4	1	5
UNIV ZHEJIANG	Ac	2	3	5
ECOLE POLYTECH	Ac	3	1	4

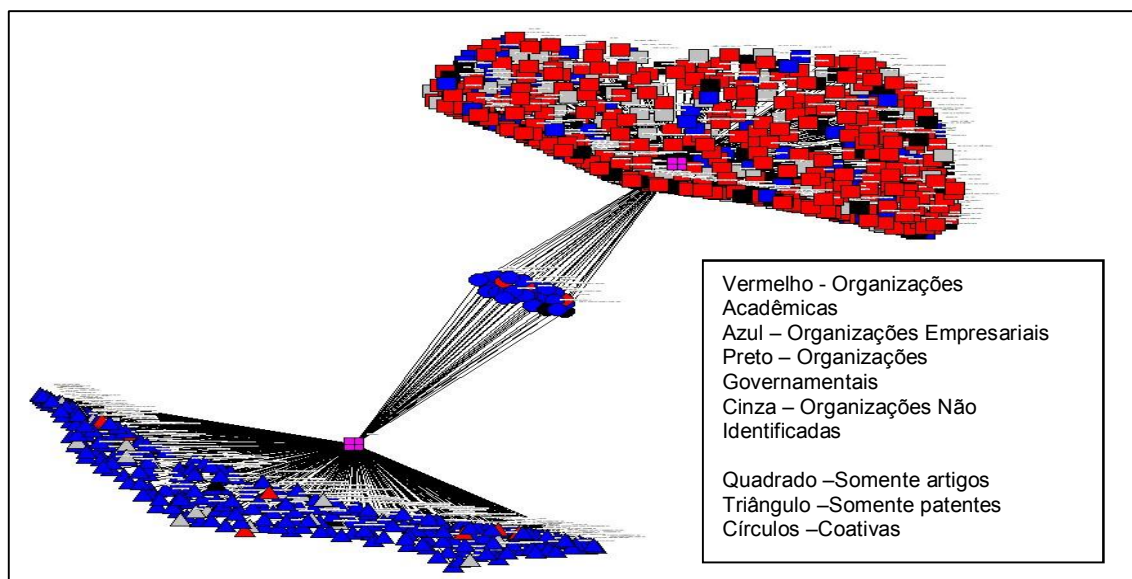
RIKEN	Em	3	1	4
EASTMAN KODAK CO	Em	2	1	3
PANASONIC ELECTRIC LTD	Em	2	1	3
TDK CORP	Em	2	1	3
TOYOTA MOTOR CO LTD	Em	2	1	3
COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE	Go	1	1	2
INTEL CORP	Em	1	1	2
OLYMPUS OPTICAL CO LTD	Em	1	1	2
OSRAM-MELCO LTD	Em	1	1	2
SIEMENS	Em	1	1	2
UNIV SAGA	Ac	1	1	2

A média de artigos publicados no período por autores das organizações coativas, desta forma calculada, é de, aproximadamente, 2,5, enquanto que entre as organizações que publicaram apenas artigos é de, aproximadamente, 1,7. Ou seja, as organizações coativas são 47% mais produtivas na publicação de artigos do que aquelas que só produziram artigos.

O mesmo acontece quando se compara a quantidade média de registro de patentes das organizações coativas (7,2), com as que têm apenas patentes (2,2). Neste último caso, as organizações coativas registraram 227% mais patentes que as organizações que produziram apenas patentes. Esses fenômenos serão novamente discutidos na próxima seção.

A Figura 3.8, que se segue, apresenta a rede das organizações que publicaram/registraram artigos e patentes relacionadas ao processo de marcação a laser em polímeros e metais, representando-as pelos círculos.

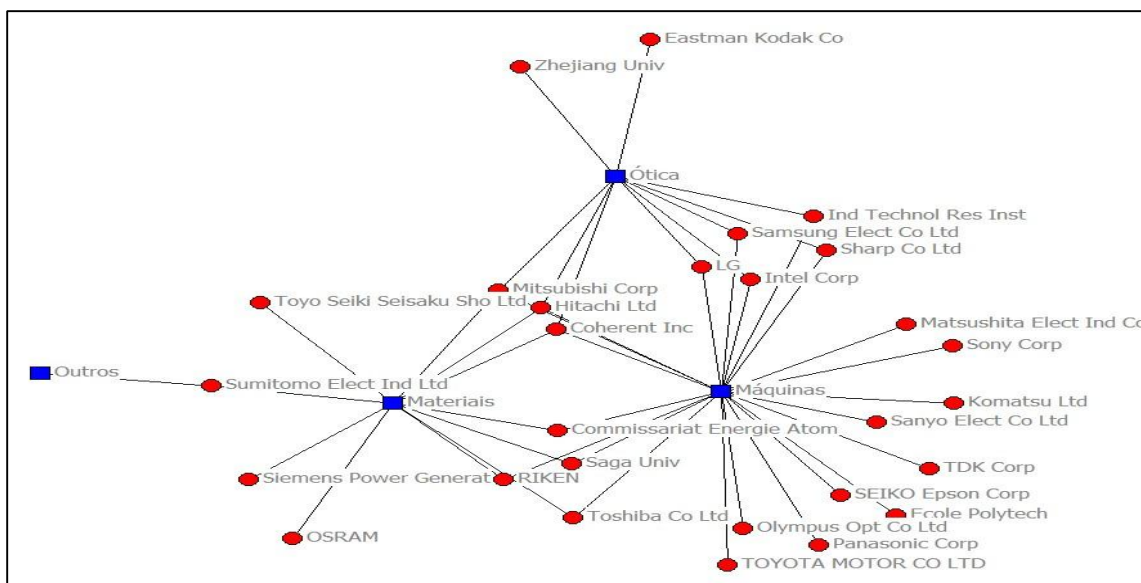
Figura 3.8 ã Rede das Organizações que Publicaram/Registraram Artigos e Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais e suas Relações



Como poderia ser esperado, dada a natureza de cada tipo de organização, há uma predominância de organizações acadêmicas entre as que só publicaram artigos e de organizações empresariais, entre as que só depositaram patentes. Entre as coativas, as organizações empresariais também predominam. Das 28 coativas, apenas 3 são acadêmicas e 2 governamentais.

Passando à análise dos temas de interesse na produção científica, aquele denominado “Máquinas”, que abrange 60% dos artigos extraídos para este estudo, é o que envolve o maior número de empresas coativas. Além deste tema, outros dois (“Ótica” e “Materiais”) envolvem as demais organizações coativas. Apenas a Sumitomo Elect. Ind. Ltd. tem artigo classificado no tema “Outros”. Os demais temas (“Processos”, “Computação” e “Engenharia Civil”) não são abordados pelos artigos publicados pelos pesquisadores associados às organizações coativas. Esses aspectos podem ser observados na Figura 3.9.

Figura 3.9 ñ Temas de Interesse Científico Relacionado ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais, por Organização Coativa e suas Relações

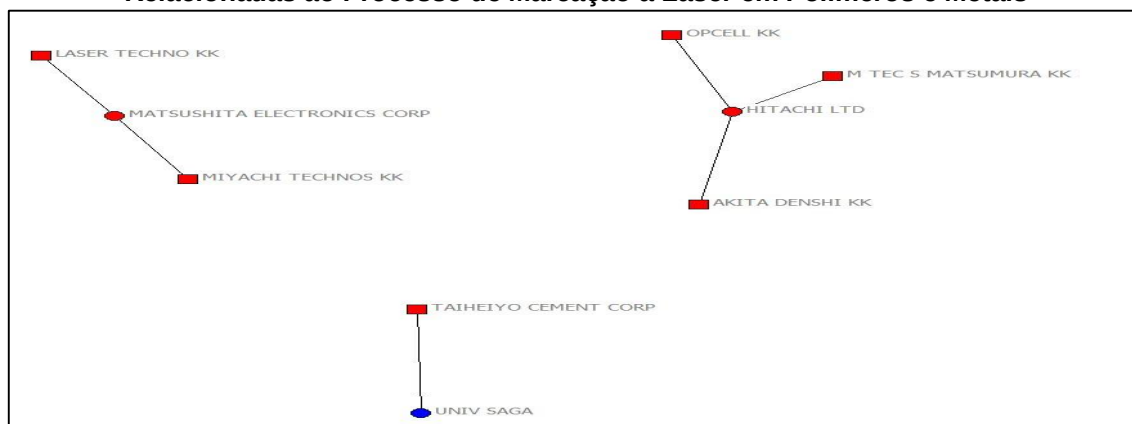


Para se ter uma maior compreensão sobre o papel das organizações coativas nas produções científica e tecnológica relacionadas à tecnologia em tela, buscou-se verificar as características da rede formada entre as organizações coativas com as não coativas, na produção de artigos e patentes.

A Figura 3.10 mostra a rede formada pelas coautorias na publicação de artigos. Observa-se que as organizações coativas exercem papel central na rede, ligando organizações não coativas.

Figura 3.10 ã Rede de Organizações Coativas e Não Coativas, na Produção de Artigos Relacionados ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais

Figura 3.11 ã Rede de Organizações Coativas e Não Coativas, no Depósito de Patentes Relacionadas ao Processo de Marcação a Laser em Polímeros e Metais



3.4.4 Critério Equipe

Finalmente, buscou-se dados relacionados especificamente à empresa analisada, comparando-os àqueles avaliados de forma mais ampla sobre a tecnologia. Assim empreenderam-se esforços para a avaliação da produção da sua equipe tanto em termos científicos (artigos) quanto tecnológicos (patentes), seus temas de interesse e a colaboração com outros pesquisadores, organizações e países, conforme proposto por Motta e Quintella (2012).

Para efeitos desta análise, foram considerados os principais empreendedores da empresa objeto desta pesquisa. Conforme consta no Currículo Lattes, estes empreendedores têm relações com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (mais especificamente o Prof. Walter Weingaertner) e com o Instituto Fraunhofer, da Alemanha.

Consta, na base analisada, um artigo de autoria de dois pesquisadores do Instituto Fraunhofer (Morgenthal, L. e Lenk, A.). Entretanto nenhum registro foi encontrado de autoria dos empreendedores, nem do Prof. Walter Weingaertner ou sequer de algum autor afiliado à UFSC. Também não há patentes depositadas sob a titularidade das pessoas (os empreendedores, o Prof. Walter Weingaertner, Morgenthal, L. e Lenk, A.), nem das organizações (UFSC e Instituto Fraunhofer) vinculadas à empresa e os mesmos também não constam como inventores em nenhum registro.

Ainda, não foram identificadas colaborações internacionais nem com outras organizações, na produção científica associada ao Instituto Fraunhofer. Importante observar que o tema de interesse do artigo associado à equipe é “Materiais”. Observa-se que este tema é o terceiro em quantidade de artigos, mas o segundo em quantidade de patentes, envolvendo as principais empresas coativas estudadas, como a Hitachi Ltd. Desta forma, suspeita-se que as bases científicas construídas pelo Instituto Fraunhofer (que tem parceria com a empresa estudada) são do interesse de grandes organizações empresariais da área.

Dentre as empresas coativas, além da Hitachi, a Sumitomo e a Coherent são empresas, dentre as melhor posicionadas em relação ao volume total de produção científica e tecnológica na área estudada, que demonstram interesse científico no tema “Materiais”, o que, segundo as premissas desta pesquisa, poderia levar à sua seleção como uma organização potencialmente interessada na negociação das ações da empresa quando da saída do fundo de sua estrutura de capital.

3.5 Considerações Finais

A partir dos dados apresentados, pode-se perceber que o processo de marcação a laser em polímeros e metais tem gerado muitas patentes, com uma relação de 1,222 patente por artigo. Como este é um indicador similar aos IAO (Indicador de Aproveitamento de Oportunidades) de países com SNI (Sistemas Nacionais de Inovação) maduros, considera-se que esta tecnologia está em uma fase madura, apesar de, provavelmente crescente, já que a taxa de crescimento médio anual de patentes é superior a de artigos em 7%, no período analisado.

Outros aspectos que demonstram a maturidade da área são: (1) em termos de Ciência, o crescimento da área apresenta padrões inferiores ao crescimento médio do conjunto de todas as áreas científicas; (2) a existência de colaboração científica internacional com uma taxa de 15% de toda produção da área. Esses fatos constituem-se em indícios de que a tecnologia apresenta baixo risco tecnológico, o

que é interessante do ponto de vista da segurança do investimento, por parte do Fundo de Capital Semente.

Ainda, o coeficiente de correlação entre as quantidades de artigos e patentes por tema de interesse é alto e positivo (0,857). Esse fato demonstra consistência das bases científicas da tecnologia avaliada.

Em relação ao mercado, pode-se estimar, com base na metodologia adotada, que o mercado potencial para marcação a laser é global. Por meio das patentes, as zonas de interesse comercial verificadas envolvem 116 países, por todos os continentes, inclusive o Brasil. Há também uma quantidade expressiva de países (55), que teve pesquisadores publicando artigos nesta área entre os anos de 1991-2010. Entretanto, não é possível afirmar que esta tecnologia tenha amplo mercado, mesmo sendo ele global.

No nível organizacional, o interesse de diferentes organizações, predominantemente empresariais, no patenteamento de tecnologias relacionadas a esta análise pode confirmar o interesse econômico na tecnologia. Percebe-se, também, um elevado índice relativo de organizações empresariais (20%) que tem pesquisadores publicando artigos na área, além de uma predominância de empresas (82%) entre os tipos de organizações coativas. Dentre essas, destacam-se a Hitachi (9 artigos e 54 patentes), Matsushita (4 artigos e 47 patentes) e Samsung (4 artigos e 19 patentes).

Considerando o fato de que a análise da tecnologia tem o objetivo de instrumentalizar a avaliação de uma proposta de investimento em uma determinada empresa por um Fundo de Capital Semente e que, para tanto, foi escolhido o caso de uma empresa investida por um fundo específico, passou-se à avaliação comparativa dos dados gerais relacionados à tecnologia da empresa à produção geral, aos temas de interesse e à colaboração dos membros da equipe neste cenário.

A equipe da empresa analisada não tem participação no desenvolvimento científico mundial. Entretanto, como há uma relação com um importante instituto tecnológico

internacional (Fraunhofer), que contribui para o desenvolvimento científico na área, pode-se assumir por um enfoque mais empreendedor da equipe, realizando o desenvolvimento de produtos baseados na pesquisa científica e tecnológica de organizações pioneiras no campo. Cabe, mais uma vez, destacar que, também não há patentes depositadas pela empresa analisada. Este fato, pode ser visto como um indicador de dois riscos no investimento nesta empresa: (1) o eventual infringimento de patentes depositadas por outras organizações; (2) a eventual cópia da tecnologia por terceiros. Esses aspectos, principalmente o segundo, podem reduzir a atratividade para negociações futuras da participação acionária do fundo, no seu processo de saída da estrutura de capital da empresa investida, ou seja, no desinvestimento.

3.6 Conclusão e Limitações

A partir da replicação da metodologia M&Q (Motta e Quintella, 2012) e com base na análise dos resultados encontrados na atual pesquisa, pode-se concluir, atendendo ao objetivo principal desta pesquisa, que a proposta metodológica é aplicável a casos diferentes daquele estudados pelos autores da metodologia. Os indicadores patente-cientométricos elencados por Motta e Quintella (2012) ofereceram indicações para a análise de critérios não financeiros – tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe – de projetos submetidos à avaliação por parte de fundos de investimento.

O leque de indicadores da metodologia M&Q reafirmam os resultados encontrados por Motta e Quintella (2012) ao oferecer evidências: (1) das bases científicas, que são capazes de suportar o desenvolvimento tecnológico; (2) e do aproveitamento do conhecimento produzido pelos pesquisadores de todo o mundo, por meio da transformação deste em tecnologia, mais especificamente, pelo processo de patenteamento, demonstrando o nível de desenvolvimento tecnológico de determinada área. Desta forma, é possível, ao gestor do fundo de investimento, ter informações que o suportem a análise do critério tecnologia do projeto avaliado.

Oferecem, também, evidências: (3) da capacidade de oferta de conhecimentos para a produção da tecnologia; e (4) da demanda de mercado para a tecnologia avaliada. Assim, o fundo de investimento passa a ter informações que auxiliam seus gestores a analisar o critério mercado do projeto em avaliação.

Para a análise do critério desinvestimento, os indicadores utilizados explicitam informações acerca: (5) do interesse científico de grandes grupos empresariais na área tecnológica do projeto avaliado; e (6) da demonstração de interesse na apropriação tecnológica, também por parte de grandes empresas.

Por fim, a metodologia M&Q ainda aponta indícios: (7) da base científica da equipe envolvida no projeto avaliado; e (8) da apropriabilidade da tecnologia desenvolvida, também pela equipe do projeto. Desta forma, têm-se informações que suportam a análise do critério equipe durante a avaliação do projeto de investimento.

Como essas conclusões iniciais são similares às encontradas por Motta e Quintella (2012), torna-se possível avançar no conhecimento científico nesta área, afirmando que os indicadores patento-cientométricos têm potencial de contribuição na avaliação dos critérios não financeiros (tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe). Conclui-se ainda que a metodologia M&Q (que envolve a extração de artigos e patentes a partir da identificação da área tecnológica das empresas avaliadas e da construção de indicadores patento-cientométricos) mostrou-se útil à instrumentalização do processo de seleção de projetos por fundos de investimento, permitindo um maior conhecimento a respeito da dinâmica da produção em ciência e tecnologia relacionada aos produtos/tecnologias da empresa sob análise.

Cabe destacar que a delimitação a fundos de investimento decorre do fato desta pesquisa ter utilizado, exclusivamente, caso de empresa investida pelo Criatec. Entretanto, aparentemente, não há motivos para que a esta conclusão não possa ser derivada para outros tipos de processo de seleção de projetos/empreendimentos de base tecnológica, tais como incubadoras de empresas, parques tecnológicos, editais de subvenção econômica, dentre outros.

Como destacado por Motta e Quintella (2012), a principal limitação deste estudo está relacionada à extração dos dados das bases WoS e DII. Há uma infinidade de estratégias de busca que resultariam em diferentes leques de dados. Ainda, não necessariamente a utilização da mesma estratégia de busca é a melhor para as distintas bases, dado que a lógica da publicação de artigos difere da lógica do depósito de patentes. Também o rol de indicadores construídos e os instrumentos utilizados para a análise podem gerar diferenças de interpretação dos dados. A metodologia, portanto, não se propõe como uma forma definitiva para avaliação de projetos inovadores emergentes, mas sim como uma alternativa para avaliação de critérios subjetivos, por meio da sua objetivação via a extração de dados relativos a artigos e patentes.

Como contribuição para futuros estudos, sugere-se a identificação de outros indicadores para os mesmos critérios de análise (tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe), além da comparação dos dados já levantados com os de outras empresas, através de técnicas estatísticas. Sugere-se, também, replicar este estudo com foco em outros processos de seleção de projetos/empreendimentos, tais como incubadoras de empresas, parques tecnológicos, editais de subvenção econômica, dentre outros.

3.7 Referências

ACS, Z. J.; AUDRETSCH, D. B. Innovation, Market Structure, and Firm Size. *Review of Economics and Statistics* 69(4): 567–74, 1987.

ACS, Z. J.; AUDRETSCH, D. B. *Innovation and Small Firms*. Cambridge, MA: MIT Press, 1990.

ACS, Z. J.; AUDRETSCH, D. B. R&D, Firm Size, and Innovative Activity, in Acs, Z. J. and Audretsch, D. B. *Innovation and Technical Change: An International Comparison*, pp. 39–50. New York: Harvester Wheatsheaf, 1991.

ADAMS, J; KING, C.; SINGH, V. *Global research report: India: research and collaboration in the new geography of science*. Leeds, UK: Thomson Reuters, 2009.

ALBUQUERQUE, E. M. Notas sobre os determinantes tecnológicos do catching up: uma introdução à discussão sobre o papel dos sistemas nacionais de inovação na periferia. *Estudos Econômicos*, v.27(2), 1997.

ALBUQUERQUE, E. M. Produção científica e sistema nacional de inovação. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 19(1), p. 156-180, 1998.

ALBUQUERQUE, E. M; SICSÚ, J. Inovação institucional e estímulo ao investimento privado. *São Paulo em Perspectiva*, 14(3), p. 108-114, 2000.

AUDRETSCH, D. B. *Innovation and Industry Evolution*. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.

BIRCH, D. L. *Job Creation in America: How Our Smallest Companies put the Most People to Work*. New York: Free Press, 1987.

CALLON, M.; COURTIAL, J; PENAN, H. *Cienciometría, el estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometria a la vigilancia tecnológica*. Gijón, TREA, 1995.

CARVALHO, A. G., RIBEIRO, L. L.; FURTADO, C. V. *A indústria de Private Equity e venture capital: primeiro censo brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2006.

CORTES, H. *Análise da demanda por venture capital no âmbito do FMIEE Criatec*. Dissertação (mestrado em Administração). Faculdade Boa Viagem – Recife, 2010.

FERREIRA, A. B. *O Setor Brasileiro de Capital de Risco: Caracterização, Oportunidades e Perspectivas*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção), Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2007.

GARCEZ M. P.; ANSELMO, J. L. O panorama brasileiro do capital de risco: características, evolução e perspectiva. In: 11 ALTEC, 2005, Salvador. *Anais eletrônicos do XI Altec*. Salvador: ALTEC, 2005.

GREGOLIN, J. A. R. Análise da Produção Científica a partir de indicadores bibliométricos. In: Landi, F. R. *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo* 2004. São Paulo: FAPESP, 2005.

GUZMÁN SÁNCHEZ, M. V. *Patentometría: herramienta para el analisis de oportunidades tecnológicas*. 130 p. La Habana, 1999. Tesis (Gerencia de información tecnológica)- Facultad de Economía. Universidad de La Habana: La Habana, 1999.

GVCEPE Centro de Estudos em Private Equity e Venture Capital da FGV-EAESP. *Panorama da Indústria Brasileira de Private Equity e Venture Capital: Relatório de Pesquisa*, 2008.

JANNUZZI, G. M.; GOMES, A. F.; ANDRADE, H. G. *Mapeamento de competências e infraestrutura para P&D: indicadores para auxílio à prospecção tecnológica na área de energia*. Campinas: International Energy Initiative Latin American Office, 2003.

MARICATO, J. M. *Dinâmica das relações entre Ciência e Tecnologia: estudo Bibliométrico e Cientométrico de múltiplos indicadores de artigos e patentes em biodiesel*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Artes, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, São Paulo, 2010.

MARTIN, A.R; FARIA. L. I. L.; HOFFMANN, W. A. M.; GREGOLIN, J. A. R. Monitoramento de patentes sobre plásticos biodegradáveis. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA E GESTÃO DO CONHECIMENTO, 3., 2002, São Paulo; CONGRESSO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO, 1., 2002, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2002.

MIGUEL, C. Eles atacam os piratas. *Exame PME*. São Paulo, nov., p. 98, 2010.

MOTTA, G. S.; QUINTELLA, R. H. Assessment of Non-Financial Criteria in the Selection of Investment Projects for Seed Capital Funding: the Contribution of Scientometrics and Patentometrics. *Journal of Technology Management & Innovation*, 7(3): 172-193, 2012.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. Division of Science Resources Statistics. *Science and engineering indicators 2010*. Arlington, 2010.

OKUBO, Y. Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples, *OCDE Science, Technology and Industry Working Papers*. OCDE Publishing, 1997.

PAVITT, K., ROBSON, M.; TOWNSEND, J. The Size Distribution of Innovating Firms in the UK: 1945–1983, *Journal of Industrial Economics* 35(3): 297–316, 1987.

PHILLIPS, B. D.; KIRCHHOFF, B. A. Formation, Growth and Survival: Small Firm Dynamics in the US Economy, *Small Business Economics* 1(1): 65–74, 1989.

REYNOLDS, P. D. New and Small Firms in Expanding Markets, *Small Business Economics* 9(1): 79–84, 1997.

RICKNE, A.; JACOBSSON, S. New Technology-based Firms in Sweden: A Study of their Direct Impact on Industrial Renewal, *Economics of Innovation and New Technology* 8(3): 197–223, 1999.

SCHERER, F. M. Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions, *American Economic Review* 55(1): 1097–125, 1965.

SCHUMPETER, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo, Abril (Os pensadores), 1982.

SHEARMAN, C.; BURRELL, G. New Technology-based Firms and the Emergence of New Industries, *New Technology, Work and Employment* 3(2): 87–99, 1988.

SOUZA, S. *Capital Empreendedor*. Curitiba: Juruá, 2008.

SPINAK, E. Indicadores cienciométricos. *Ciência da Informação*, Brasília, v.27, n.2, p.141-148, 1998.

STOREY, D. J.; JOHNSON, S. *Job Generation and Labour Market Change*. Basingstoke: Macmillan, 1987.

UNESCO. *Unesco Science Report 2010*. Paris: UNESCO Publishing, 2010.

VELHO, L. Estratégias para um sistema de indicadores de CT&I no Brasil. In: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA. *Indicadores de CT&I no Brasil: antecedentes, estratégia, situação atual, necessidades e perspectivas*. Brasília, 1997.

Capítulo 4 ã A Patent-Scientometric Approach for Venture Capital Investment Prioritization¹²

4.1 Introduction

In knowledge-based economies, economic growth is increasingly dependent on innovation (Wonglimpiyarat, 2010). Meanwhile, the innovation process faces access to sources of finance as a critical factor, (Bygrave & Timmons, 1992; Freeman & Soete, 1997, Pissarides, 1999; Hyytinen & Toivanen, 2005). However, even a brief review of the literature shows venture capital (VC) to be the most common and important source of financial support for the development of technology-based companies, when the main focus is investment in innovation (Barry et al. , 1990; Bygrave & Timmons, 1992; Fredricksen et al. 1997; Gompers & Lerner, 2001, MacMillan et al. 1989; Schefczyk & Gerpott, 2001; Wonglimpiyarat, 2010).

There are many studies that show VC investments in emerging technologies, both from public and private sources, as a source of significant competitive advantage for the U.S. economy, for example; Florida & Kenney (1988), European Commission (1998); Edwards (1999).

Currently, the VC activity in the U.S. represents annual investments on the order of billions of dollars (Denis, 2004). It is an activity of great importance to all of society, because the investments generate a continuum of innovations (Gompers et al., 2005) with high potential for the development of firms, sectors and segments, as well as the economy as a whole. (Dimov & Murray, 2008).

Despite its importance in more developed economies, such as that of the USA, the first organized movements around VC are still in the embryonic stages in some newly industrializing economies. In Brazil, for example, these investments only began in the

¹² Artigo submetido à Scientometrics em 13 de setembro de 2012.

1980s (Santos & Dutra, 2005) and only since the 2000s have they, in fact, been increasing in value (Garcez & Anselmo, 2005).

The growth of the VC segment in Brazil is associated with the improvement in the competitive landscape of the companies in the country, which have since started to develop sought after technologies for the global marketplace more often (Cortes, 2010).

Yet, as noted by some studies (Bank of England, 1996; Storey and Tether, 1998; European Commission, 1998; Dimov & Murray, 2008) the early-stage technology firms are still very vulnerable to the scarcity of capital, even when it comes to VC. This is because such investments, known as seed investments, are those that present the greatest risks, precisely because of the uncertainty regarding the technical, market, and organizational viability (Day et al, 2000) related to them.

This reality is particularly important where the uncertainties are particularly large, such as in the Brazilian case, due to: (1) an unclear regulatory environment (IETS, 2002), (2) a still immature National System of Innovation (Albuquerque, 2003; Rapini et al., 2009), (3) the lack of a corporate culture of investment in Research and Development (Dagnino, 2010), (4) and among other factors, its history of high interest rates (Sicsu & Oliveira, 2003). All of these factors make investors more risk averse.

Confirming these observations, the work of Carvalho et al. (2006) shows that, in Brazil, the approval rate of projects by VC investors is only 1%. So, naturally, these investors need to evaluate many business plans with the intention of selecting a few of the more promising ventures at the front the local class. The basis of such assessments, as to the potential of the innovative design, considers multiple criteria, which in this study are classified into two major groups: exclusively financial criteria and non-financial criteria.

The financial criteria include instruments widely accepted for its evaluation process. For example, there are; risk analysis, breakeven analysis, cost structure, return on invested capital, cash flow of the project, among others. The non-financial criteria, in

turn, bring the need to objectify a process of a naturally subjective judgments, which is, as a rule, at the mercy of the personal evaluation of managers. This is especially evident when they need to evaluate projects from different areas of technology.

This research aims to propose an approach for analyzing and prioritizing investments based on this context (which contrasts the importance of venture capital in newly industrializing economies, particularly in Brazil, with the difficulties that businesses face in obtaining financing from VC investors) as well as due to the difficulty that managers of venture capital funds have to objectify the evaluation of investment proposals. The research that underlies the approach presented in this paper considers the scientometric and patentometric indicators of five companies that have received investments from the largest VC fund in Brazil within the last five years.

This article is divided into six parts, with this introduction being the first one. The second part presents a review of the literature used for the definition of venture capital and criteria used by VC investors for the investment proposal evaluation. Following this, we present a brief case description; the procedures, the data collected in the survey and, finally, the conclusions and limitations of this research.

4.2 Venture Capital

VC came to prominence in the U.S. in the 1950s and is acknowledged as having an important role in the development of Silicon Valley and numerous technology-based firms. This role accounts for significant impacts on innovations developed within the companies, job creation and economic growth in the region and the country (Birch, 1979; Dushnitsky & Lenox, 2005; Global Insight, 2007; Kortum & Lerner, 2000).

Gompers & Lerner (2001) define the investment of venture capital as an activity of financial mediation between entrepreneurs and investors for the development of technology-based companies which are typically small, emerging, and uncertain. Investors assume high risk, acquiring a stake in the venture, while, on the other hand, ensuring a potential of high return. So, we emphasize, from this definition, some characteristics involving VC: (1) the presence of two agents (investor and invested),

(2) investment in enterprises perceived to have a potential of high return, due to the development of innovative technology, and (3) high risks.

In a venture capital transaction there is, on the one hand, the entrepreneur looking for funds to create or expand his/her business, and on the other, the investor seeking the opportunity to make an investment in a productive enterprise (Gompers & Lerner, 2001). In this article, we chose to focus the research on the investor, by aiming to generate input for the process of selecting investment opportunities.

Thus, considering the view of the investor, when analyzing the second characteristic of VC (high return), it can be stated that he/she will only risk their capital in projects that demonstrate potential for above average return on investment. Oakey (1984) justifies this potential by noting that it is technology-based¹³ companies that have the greatest likelihood of return, primarily because they operate in markets with few competitors and their products can only be copied by researchers who dominate that specific technological area.

On the other hand, the third component of the definition of Gompers and Lerner (2001) implies that technology-based companies, the target of VC investors, bring inherent uncertainty and risk to those who invest in them. So, by joining a company by purchasing its shares, the VC investor lacks the safeguards common in other types of financial transactions, such as loans or financing (guarantors, sureties, mortgages, liens, etc.). That is, if the business invested in does not perform as projected, the venture capitalist can suffer a loss, eventually amounting to the total invested. Therefore, before making the investment, an investor should carefully consider their options and opportunities (Battini, 1985), focusing on reducing the risks inherent in innovation, especially: market risk, technology risk and organizational risk (Day, Schoemaker & Gunther, 2000).

In this context, MacMillan, Siegel & Narasimha (1989) identified the main focuses of the criteria used by venture capitalists to evaluate investment proposals: (1) the

13 Those who operate with processes or products in which the technology is an innovation.

entrepreneur and the project team, (2) the product (or technology); (3) the market, and (4) financial results.

Thus, for these authors, the analysis of the entrepreneur and his team should consider its track record and its competence to realize the potential of the technology and the business. The analysis of the product (or technology), in view of MacMillan, Siegel and Narasimha (1989), should strongly consider the possibility of intellectual property protection, while the market assessment should find a high growth rate. Finally, these authors consider the fundamental aspects of financial analysis: the high growth potential of the business and the high liquidity of the investment.

Cumming (2008) adds to the four criteria established by MacMillan, Siegel & Narasimha (1989), the fifth criteria to be considered in this research: the divestment¹⁴.

Possibly due to the frequency with which they are adopted in studies and in organizations as well as the support found in the literature, these five criteria are widely used for the evaluation of technology-based enterprises: (1) Team, (2) Technology, (3) Market; (4) Financial Projection, and (5) Divestment. As previously mentioned, only the criteria that are not purely financial do not rely on objective evaluation tools, usually being subject to processes of subjective evaluation by the investor.

4.3 Case Description

In this study, we chose to use the process of project selection of a VC fund, whose focus is on seed investment, as the case, because investing in emerging companies carries greater risks. The fund was chosen because it is the largest seed capital investor in Brazil (Cortes, 2010).

¹⁴ According to Cumming & MacIntosh, 2003, there are 5 possible ways the VC investor can divest an enterprise: the acquisition (or merger), in which the investor and the entrepreneur sell their shares to a large company that has an interest in the technology / business. The other most common ways for divestment are: (1) the initial public offering (IPO), (2) the sale of the shareholding of the investor to other investors, (3) the sale of the shareholding of the investor back to the entrepreneur; (4) or the liquidation of the investment (write-off).

Criatec was established on the initiative of the National Development Bank (BNDES). It went into operation in November 2007, with a net worth of R\$100 million and whose shares were underwritten by BNDESpar and Banco do Nordeste do Brasil (BNB) (CGEE, 2008).

According to Cortes (2010), Criatec considers several factors in their selection process of companies, such as the size and evaluation of the project. Regarding the size of the projects analyzed for investment, Criatec divides the projects under consideration into two types of opportunities: (a) businesses with revenue of up to R\$ 6 million/year, with a high projected return, and (b) research entrepreneurs who have technologies with high market potential in the Research Completed or Prototype/Pilot Plant phases and intend to create companies to put them on the market. Regarding the evaluation of the projects, criteria similar to those raised in the literature review (MacMillan, Siegel & Narasimha, 1989; Cumming & MacIntosh, 2003; Cumming, 2008) are considered, namely: (1) Team, (2) Technology, (3) Market, (4) Financial Projection, (5) Need for Capital, (6) Divestment. The only criteria that differs between the literature and Criatec is the criteria of the Need for Capital, since, to receive an investment from this fund, the company must have a need for up to 1.5 million Brazilian reais. As this is an exclusively financial criteria, this difference does not interfere with this study, since its focus is on non-financial criteria.

The selection processes analyzed were those of five companies that received funds from Criatec, between the years 2007 and 2010. To protect their identities, the real names of the companies are concealed and these will be identified throughout this article, as Pochoniatech, LaserMark, Antioxi, Probivet and SiCeramics.

PochoniaTech produces and applies *Pochonia Chlamydosporia*, a fungus that grows on the surface of plant roots and colonizes accumulations of nematode eggs (a plague that affects many different types of crops) eliminating them or controlling their multiplication. Thus, the technology of this company is defined as being: the application of the fungus *Pochonia Chlamydosporia* as nematocidal to diverse cultures.

LaserMark manufactures printers for marking polymers and metals using lasers. Its clients are major industries from different sectors, who use these machines to print anti-counterfeit labels on their packaging. Thus, its technology is considered as being: the process of laser marking metals and polymers.

Antioxi operates in chemical technology and specializes in extracting antioxidants from Amazonian fruits, in order to market them as raw material for the industries of food, cosmetics and pharmaceuticals. Its technology was then defined as being: polyphenols and antioxidants extracted from plants.

ProbiVet develops veterinary drugs that have probiotics in their formulation. Thus, the technology of this company is defined as being: probiotics for veterinary applications.

Finally, SiCeramics is specialized in the manufacturing of advanced ceramic products that use Silicon Carbide (SiC) to be utilized in various sectors of industry. Thus, the technology researched is defined as being: the use of different ceramic materials developed based on Silicon Carbide (SiC).

For the construction of scientometric and patentometric indicators, we used data related to the technologies of each company found in articles published in journals, indexed in the Web of Science (WoS), as well as patents filed worldwide, available in Derwent Innovation Index (DII). These sources were chosen because they both belong to the same company¹⁵, hence, facilitating the standardization of data relating to different documents (articles and patents), and also for being available free of charge to researchers from Brazilian public universities.

4.4 Methodology

In this section, divided into three subsections, we present the methodology used in this study. The first shows the search strategies we used to find the information about

15 Thomson Reuters

the technologies of each company. Next, in sequence, the procedures are presented; first the building of the scientometric and patentometric indicators related to each company in the case study, and second, the comparative analysis of each of these companies considering the indicators grouped by non-financial criteria for analyzing investment proposals.

4.4.1 Search Methodology

The search terms used to extract data from the sources, relating to PochoniaTech, were built with the terms: "Pochonia Chlamydosporia" - the name of the fungus produced by the company, "Verticillium Chlamydosporium" - its old name, and "nematicide" - its function . For LaserMark we used the terms: "laser" and "mark*" (which encompasses all possible variations for the word mark "mark", "marks", "marker", "marking"), excluded medical (lasers are widely used in surgical procedures, for example), biological, chemical, and other areas that do not match the technological application of LaserMark. For Antioxi, the terms were: "polyphenols" AND "antioxidant" AND ("plant" OR "Amazonian Plant"). The search term for Probiivet was basically "probiotic", restricted to the area of veterinary science. Finally the search built for SiCeramics considered the terms "silicon carbide" and the term "ceramic" associated with the term "material *" through the proximity operator "NEAR". The data sets extracted defined what will be called, during the process of analysis in this article, as Company Area, both in terms of science (articles), and in terms of technology (patents).

After extraction of data from the articles and patents related to the technologies of the five companies evaluated in this study, we cleaned up and standardized them, with the aim to eliminate redundant or inconsistent data. The completion of this step, which was carried out using VantagePoint software v.7, identified:

- Amount of articles by year of publication;
- Number of patents by year of priority;
- Countries of the organizations to which the authors of the articles are affiliated;
- Countries where technologies are protected by patents (Designated Country);

- Organization affiliation of the authors of the articles and their types (business, academic or government);
- Organization that holds the patent rights and their types (business, academic or government);
- Specifics of the companies;
- Topics of interest of the articles from the Subject Category WoS;
- Topics of interest of the patents from the International Patent Classification (IPC).

To analyze the correlation between the Topics of Interest of patent documents and papers required the integration and adaptation of the classifications, which was done through the technological fields proposed by Concordance Table IPC-Technology of the WIPO (World Intellectual Property Organization). With this information identified, we constructed the scientometric and patentometric indicators that could assist the selection process of investment proposals.

4.4.2 Construction of the Scientometric and Patentometric Indicators

The constructed indicators for benchmarking the companies will be presented in this section, divided by the evaluation criteria they meet.

4.4.2.1 ñ Technology Criteria

The Technology Criteria was subdivided into dimensions: (1) Scientific Publication and (2) Utilization of Opportunities. Thus, the first dimension seeks to find the level of scientific publication related to the technologies evaluated, considering this as evidence of a scientific basis, that allows for technological development (Humman & Guimarães, 1995; Leite, Leta & Mugnaini, 2011). The second dimension searches for evidence of the use of the knowledge produced, by looking for its transformation into technology, more specifically, through the process of patenting (Albuquerque, 1997, 1998; Sicsú & Albuquerque, 2000).

So, as can be seen in the Figure 4.1, the Scientific Publication dimensions have indicators defined as:

- Number of papers, which measures the total quantity of papers in a given area (Okubo, 1997; Macias-Chapula, 1998; Guimarães & Humman, 1995; Leite, Mugnaini & Leta, 2011);
- Scientific growth, which helps identify whether the area is in a phase of scientific; growth, maturity or decline (Okubo, 1997; Macias-Chapula, 1998; Guimarães & Humman, 1995; Leite, Mugnaini & Leta, 2011);
- Topics of interest correlation, which shows the degree of interaction between science and technology (Bhattacharya, Kretschmer & Meyer, 2003; Bassecoulard & Zitt, 2004; Maricato, 2010);
- International scientific collaboration, whose existence is seen by many researchers (Adams, King & Singh, 2009; Maricato, 2010; NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2010) as a sign of maturity, because the trend is that newer areas are initially studied by researchers in the same country. It takes a certain amount of maturity before degrees of collaboration with other countries are seen.

As for the Utilization of Opportunities dimension, which measures the level of transformation of the production of knowledge in technology, the indicators were defined:

- Number of patents, which measures the total quantity of patents in a determined area (Macias-Chapula, 1998; Guzmán Sánchez, 1999);
- Utilization of Opportunities Indicator (UOI), which gives indications about the quality of the interactions between science and technology through the ratio of the number of patents to the number of articles in a given area (Albuquerque, 1997, 1998; Albuquerque & Sicsú, 2000);
- Technological growth, which helps identify whether the area is in a phase of technological: growth, maturity, or decline (Macias-Chapula, 1998; Guzmán Sánchez, 1999).

Criteria	Dimension	Indicator
Technology	Scientific Publication	Number of papers
		Scientific growth
		Topics of interest correlation
		International scientific collaboration
	Utilization of Opportunities	Number of patents
		Utilization of Opportunities Indicator (UOI)
		Technological growth

Figure 4.1 ñ Indicators and Dimensions of Technology Criteria

4.4.2.2 ñ Market Criteria

The evaluation of the second criteria aims to include the commercial potential of the technology in the analysis (MacMillan, Zemann, SubbaNarisimha & P, 1989). In this article, the number of originating countries of scientific papers will be used as an indicator of Pool of Knowledge, while the number of countries covered by the patents will be considered as an indicator of Demand. Thus, the Criterion Market dimensions are: (1) Pool of Knowledge and (2) Demand.

The Figure 4.2 presents selected indicators for these two dimensions. In the Pool of Knowledge dimension, which assesses the ability to supply knowledge to the production of technology, we used the following indicators:

- Number of countries in scientific production, which measures the inclusion of certain thematic research agendas of different countries, demonstrating a supply of knowledge in them (Okubo, 1997; Macias-Chapula, 1998; Guimarães & Humman, 1995; Leite, Mugnaini & Leta, 2011);
- Growth of international scientific interest, which measures the rate of growth of international scientific interest (Okubo, 1997; Macias-Chapula, 1998; Guimarães & Humman, 1995; Leite, Mugnaini & Leta, 2011);
- Brazilian participation in scientific production, which indicates the importance given to the subject at national level, allowing for international comparisons (Albuquerque, 2003; Maricato, 2010).

For the Demand dimension, the indicators were defined as:

- Number of designated countries, which represents the countries where the owner of the patent demonstrates commercial interest (Griliches, 1990; Alcacer & Gittelman, 2004; Maricato, 2010);

- Growth of international trade interest, which measures the rate of growth of the international technological interest (Griliches, 1990; Maricato, 2010);
- Scope of patents in designated countries, indicating the extent of the patents in the designated countries (Griliches, 1990; Alcacer & Gittelman, 2004);
- Brazilian participation in world trade interest, which indicates the level of national patenting, allowing for international comparisons (Albuquerque, 2003; Maricato, 2010).

Criteria	Dimension	Indicator
Market	Pool of Knowledge	Number of countries in scientific production
		Growth of international scientific interest
		Brazilian participation in scientific production
	Demand	Number of designated countries
		Growth of international trade interest
		Scope of patents in designated countries
		Brazilian participation in world trade interest

Figure 4.2 ñ Indicators and Dimensions of Market Criteria

4.4.2.3 ñ Divestment Criteria

The main focus of the evaluation of the Divestment criteria is the withdrawal from the seed capital fund of the stakes in the companies by the investors. This research sought to identify potential organizations that have an interest in the technologies of companies evaluated, which allows one, in light of the proxy assumed here, to identify likely buyers of technology. As academic and government organizations do not acquire stakes in private companies except in cases involving its constitution (which is not the case for disinvestment). To evaluate this criterion we considered business organizations with published articles or patents related to the Areas / Companies evaluated, divided into the following two dimensions: (1) Scientific Production, (2) Technological Production.

The Figure 4.3 below presents indicators which are selected for the two dimensions of criteria divestment. For the Scientific Production dimension, the following indicators were used:

- Number of firms in scientific production, which indicates the business interest in scientific development in the area (Okubo, 1997; Macias-Chapula, 1998; Guimarães & Humman, 1995; Leite, Mugnaini & Leta, 2011);

- Growth of scientific interest from firms, which measures the growth rate of scientific interest in business (Okubo, 1997; Macias-Chapula, 1998; Guimarães & Humman, 1995; Leite, Mugnaini & Leta, 2011);
- Mean of papers from firms, which demonstrates the volume of scientific production of companies (Okubo, 1997; Macias-Chapula, 1998; Guimarães & Humman, 1995; Leite, Mugnaini & Leta, 2011).

As for the size Technological Production, we considered the following indicators:

- Number of firms in technological production, which measures the business interest in technological development in the area (Griliches, 1990; Macias-Chapula, 1998; Guzmán Sánchez, 1999; Alcacer & Gittelman, 2004);
- Growth of technological interest from firms, which measures the growth rate of technological interest in business (Griliches, 1990; Macias-Chapula, 1998; Guzmán Sánchez, 1999; Alcacer & Gittelman, 2004);
- Mean of patents from firms, which demonstrates the volume of technological production of companies (Griliches, 1990; Macias-Chapula, 1998; Guzmán Sánchez, 1999; Alcacer & Gittelman, 2004).

Criteria	Dimension	Indicator
Divestment	Scientific Production	Number of firms in scientific production
		Growth of scientific interest from firms
		Mean of papers from firms
	Technological Production	Number of firms in technological production
		Growth of technological interest from firms
		Mean of patents from firms

Figure 4.3 ñ Indicators and Dimensions of Divestment Criteria

Every one the first three criteria (Technology, Market and Divestment) used indicators for Areas of Enterprise, with the goal of gaining a broader understanding of the potential of each company being considered for investment in by the Fund under these aspects. Meanwhile, one must also consider data related specifically to the company being evaluated by comparing them to those being evaluated more broadly.

4.4.2.4 ñ Team Criteria

The Criterion Team was subdivided into two dimensions: (1) Scientific Basis, (2) Technological Protection. The analysis of the scientific basis allows consideration of indicators of the competence of teams in the development of each technology / product under consideration and also the ability to use that basis by developing new products. This way you it is possible to build a portfolio with the intention of reducing the risks of such investments (MacMillan, Zemmann & SubbaNarisimha, 1989, Day, Schoemaker & Gunther, 2000).

The technological protection indicator can also be used to reduce the risk of investment by seed capital funds. It indicates that the technology would not be easily copied and that its exploitation could only be performed by other companies with the consent of the copyright holder (Guzman Sanchez, 1999).

As can be seen in the Figure 4.4, the indicators defined for the Scientific Basis dimension, are:

- Number of papers from team, which measures the total number of articles authored by members of the staff in that area (Okubo, 1997; Macias-Chapula, 1998; Guimarães & Humman, 1995; Leite, Mugnaini & Leta, 2011);
- Team international scientific collaboration, which demonstrates that the integration and maturity of the team in international scientific production (Adams, King & Singh, 2009; Maricato, 2010; NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2010);
- Team scientific collaboration with other organizations, which identifies the relationship of team members with researchers from other organizations in scientific production (Maricato, 2010);
- Team participation in global scientific production, which indicates the level of scientific production by the team, allowing for international comparisons (Albuquerque, 2003; Maricato, 2010).

In terms of Technological Protection, we considered:

- Number of patents from team, which measures the total number of patents owned or co-owned by the team members / company in the area (Macias-Chapula, 1998; Guzmán Sánchez, 1999);
- Team international technological collaboration, which measures the cooperation of the team in technological production with organizations in other countries (Macias-Chapula, 1998; Guzmán Sánchez, 1999; Maricato, 2010);
- Team technological collaboration with other organizations, which demonstrates that the cooperation of the team members with other organizations in technological production (Maricato, 2010);
- Team participation in global technological production, which indicates the level of technological production of the team, allowing for international comparisons (Macias-Chapula, 1998; Guzmán Sánchez, 1999; Maricato, 2010).

Criteria	Dimension	Indicator
Team	Scientific Basis	Number of papers from team
		Team international scientific collaboration
		Team scientific collaboration with other organizations
		Team participation in global scientific production
	Technological Protection	Number of patents from team
		Team international technological collaboration
		Team technological collaboration with other organizations
		Team participation in global technological production

Figure 4.4 ñ Indicators and Dimensions of Team Criteria

4.4.3 Comparative Analysis

For the consideration of multiple criteria, which is part of the purpose of this paper, there are several different approaches available for prioritizing options. Among the different methods to prioritize alternative investments, in this study we will consider an approach based on Data Envelopment Analysis (DEA), since it is a globally widespread and consolidated method. Therefore, the next subsection provides a discussion of DEA and its main models to address the problem at hand.

4.4.3.1 Data Envelopment Analysis

DEA is a method of analysis based on linear programming, where different decision-making units (DMU) are compared. Therefore, it is important that the same criteria, both input and output, are considered, varying only in their respective levels (Charnes et al, 1994; Cooper et al, 2007; Zhu, 2009).

The most popular DEA models are the CCR (Charnes, Cooper & Rhodes) (Charnes et al, 1978) and the BCC (Banker, Charnes & Cooper) (Banker et al, 1984). The CCR model assumes the premise of constant return to scale (Constant Return to Scale - CRS), while BCC variable returns (Variable Return to Scale - VRS). This means that, in the first case, increases in input factors will cause proportional increases in output factors. In the second case, the increments in output will not necessarily be proportionate to increases in input factors. For the present work, we considered only the DEA CCR model, modeled by Charnes et al. (1978), because it will be used for a multifaceted analysis.

Since the goal of this research was to develop an approach to the selection of projects starting from establishing an order of priority between possible investments for the VC investor, it is important to note that the best values will be considered the highest in each criterion discussed. Thus, all of these criteria will be considered as *output* in the analysis. The *input* will be considered as a unit value. The next section discusses this approach.

4.4.3.2 DEA Model with Unit Input

In this paper, the variables are considered to be secondary, that is, either rates or combinations of primary variables. In this type of case, it can not be considered a classical relationship involving inputs and outputs. In situations like these, DEA models should be used only considering *outputs*, which causes certain mathematical problems, as discussed by Lovell & Shepherd (1999). To overcome these difficulties, the consideration of an input unit is critical. According Caporaletti et al. (1999) the resulting model emulates a multifaceted approach.

For Soares de Mello et al. (2008), the formulation presented by Caporaletti et al. (1999) is similar to the CCR model with guidance for the *inputs*, with the advantage of not producing a reduction in them. Furthermore, Soares de Mello et al (2008) also show that the BCC approach for unit inputs would be meaningless in these conditions. For this reason, we chose to use only the CCR model.

Even considering the approach with unit inputs, the traditional problems related to the discriminatory ability of DEA remain. In order to minimize this deficiency, we use the cross-evaluation model (Sexton, Silkman and Logan, 1986; Lins and Meza, 2000). In this approach, the model evaluates each DMU under the scheme of optimal weights of other DMUs, which were obtained by the conventional DEA model.

4.5 Analysis of the Data

The Table 4.1 shows the scientometric and patentometric indicators for each company, separated by dimension and non-financial evaluation criteria, as well as the results of DEA and the value of the difference in the results from the average of the five companies evaluated. This difference was used to plot graphs of criteria that will be analyzed in this section.

To define the time frame of this study, we based the study outcome of UNESCO (2010), who conducted a survey and found global growth of scientific publications in general of 34.5% between 2002 and 2008. Thus, this period was considered for the construction of scientometric indicators as well as the patentometric indicators.

The growth of scientific production registered in the technologies of all of the firms surveyed is much higher than the global average, as can be seen in Table 4.1.

Categoria	Sub-Categoria	Indicador (2002-2008)	Casos				
			Rizoflora	Welle	Amazon Dreams	Imeve	Deprocer
Tecnologia	Publicação Científica	Qtde Artigos	224	314	690	182	230
		Taxa de Crescimento de Artigos ((Artigos em 2008 – Artigos em 2002)/Artigos 2002)	6,724	5,681	14,682	17,200	7,846
		Correlação dos Temas de Interesse (ArtigoXPatente)	0,782	0,587	0,255	0,812	0,464
		Taxa de Colaboração Científica Internacional (2007) (Artigo em Colaboração/Total de Artigos)	0,176	0,204	0,201	0,137	0,167
		Análise de Eficiência Comparativa	99,65	96,25	89,02	100	80,51
	Aproveitamento de Oportunidades	Diferença em Relação à Média	6,564	3,164	-4,066	6,914	-12,576
		Qtde Patentes	127	495	74	64	526
		IAO (Patentes/Artigos)	0,567	1,576	0,107	0,352	2,287
		Taxa de Crescimento de Patentes((Patentes em 2008 – Patentes em 2002)/Patentes 2002)	6,471	4,824	17,500	9,667	8,228
		Análise de Eficiência Comparativa	44,080	73,000	82,870	51,340	100,000
Mercado	Capacidade de Oferta	Diferença em Relação à Média	-26,178	2,742	12,612	-18,918	29,742
		Qtde de Países na Produção Científica	45	51	77	41	36
		Taxa de Crescimento do Interesse Científico Internacional ((Total de Países – Países em 2002)/Países em 2002)	2,462	2,188	2,667	4,857	1,571
		Taxa de Participação Brasileira na Produção Científica	0,036	0,006	0,045	0,071	0,022
		Análise de Eficiência Comparativa	70,24	66,5	100	100	50,52
	Capacidade de Demanda	Diferença em Relação à Média	-7,212	-10,952	22,548	22,548	-26,932
		Qtde de Países Designados	115	114	114	113	112
		Taxa de Crescimento do Interesse Comercial Internacional ((Total de Países – Países em 2002)/Países em 2002)	0,198	0,226	0,226	0,27	0,155
		Abrangência das Patentes nos Países Designados (Qtde de patentes por país/Qtde	78,8	35,7	31,9	16,6	149,5

		de países)					
		Taxa de Participação Brasileira no Interesse Comercial Mundial (Designados) (Registros no Brasil/Total de Registros)	0,693	0,081	0,473	0,297	0,317
Desinvestimento	Produção Científica	Análise de Eficiência Comparativa	99,75	72,19	88,28	87,89	86,17
		Diferença em Relação à Média	12,894	-14,666	1,424	1,034	-0,686
		Qtde de Organizações na Produção Científica	21	47	41	16	26
		Taxa de Crescimento do Interesse Científico das Organizações ((Total de Organizações – Organizações em 2002)/Organizações em 2002)	6	5,714	40	15	12
		Média de Artigos por Organização	1,143	1,319	1,317	1,062	1,115
		Análise de Eficiência Comparativa	100	84,38	67,87	58,75	61,89
	Produção Tecnológica	Diferença em Relação à Média	25,422	9,802	-6,708	-15,828	-12,688
		Qtde de Organizações na Produção Tecnológica (Exceto Pessoas)	43	180	49	29	240
		Taxa de Crescimento do Interesse Tecnológico das Organizações ((Total de Organizações – Organizações em 2002)/Organizações em 2002)	2,909	3,865	8,8	4,8	3,246
		Média de Patentes por Organização	2,442	2,489	1,143	1,517	1,768
		Análise de Eficiência Comparativa	86,8	68,29	96,1	70,96	56,93
		Diferença em Relação à Média	10,984	-7,526	20,284	-4,856	-18,886
Equipe	Base Científica	Qtde de Artigos dos Membros da Equipe	2	0	2	2	0
		Qtde de Países que têm Colaboração com a Equipe em Artigos	0	0	1	0	0
		Qtde de Organizações que têm Colaboração com a Equipe em Artigos	6	0	2	1	0
		Participação Relativa da Rede Equipe na Produção Científica Mundial	0,08	0,003	0,003	0,01	0
		Análise de Eficiência Comparativa	100	3,11	82,75	28,59	1,08
		Diferença em Relação à Média	56,894	-39,996	39,644	-14,516	-42,026

Proteção Tecnológica	Qtde de Patentes dos Membros da Equipe	0	0	0	0	1
	Qtde de Países que têm Colaboração com a Equipe em Patentes	0	0	0	0	0
	Qtde de Organizações que têm Colaboração com a Equipe em Patentes	0	0	0	0	1
	Participação Relativa da Rede Equipe na Produção Tecnológica Mundial	0	0	0	0	0,002
	Análise de Eficiência Comparativa	46,62	46,62	46,62	46,62	100
	Diferença em Relação à Média	-10,676	-10,676	-10,676	-10,676	42,704

Table 4.1 Comparison from indicators by dimensions and criteria of assessment of investment opportunities

As can be seen in the Table 4.1, in the global comparison, which considered all partial results, the order of preference of the analyzed companies is: Pochoniatech and Antioxi (100), LaserMark (83.57), SiCeramics (82.75) and Probivet (72.5). This prioritization considered the criteria evaluated (Technology, Market, and Divestment Team) equally important. Therefore, the criteria will now be considered separately.

In evaluating the Technological criteria, from the two dimensions of analysis proposals (Scientific Publication and Utilization of Opportunities) there are, basically, two groups among the Areas/Companies evaluated, presented in the Figure 4.5

First there are Antioxi and SiCeramics, which have low rates of Scientific Publication, but high rates of Utilization of Opportunities. In the second grouping, the companies Pochoniatech and Probivet show results opposite to those of the first grouping, being well into quadrant 3. LaserMark, in turn, despite being displayed in the 2nd quadrant in the Figure 4.5, can be regarded as part of the second grouping, as its index of Utilization of Opportunities is very close to zero.

This finding highlights that the dimensions assessed, for this case study, are inversely proportional. That is, among the companies evaluated, the larger the index of Scientific Publication, the smaller the the index of Utilization of Opportunities. Thus, we can conclude that, in the areas where there is greater interest in the Utilization of Opportunities, there is also low interest in Scientific Publication. Probably this fact occurs because when there is great technological potential in a given area, researchers/organizations focus more on the protection of the technology through patents and not by scientific publication. However, an exception resides in the cases of Scientific and Technological Institutions (STIs), which, by their goals, would strive to stimulate scientific publication. Another explanation may lie in the fact that this is emerging technology and therefore a recent development. Thus, there must be scientific maturity to eventually have a more effective technological development.

Thus, companies that have high rates of Scientific Publication and low rates of Utilization of Opportunities, can operate in newer technological fields and, therefore, with low technological development. In terms of implications for opportunity

evaluation, it can be inferred from this analysis that companies Pochoniatech, LaserMark and Probivet, which have high rates of Scientific Publication, are associated with low rates of Utilization of Opportunities and stand as higher risk investments, while companies Antioxi and SiCeramics carry more moderate risks. The decision of the VC investor is then linked to their degree of risk acceptance.

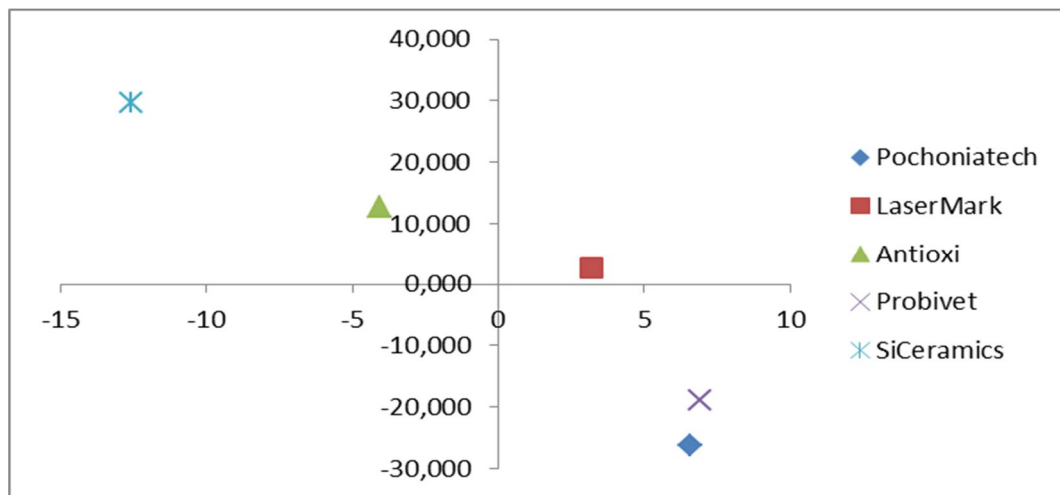


Figure 4.5 ñ Comparative position of the five firms in Technology Criteria

The evaluation of the Market criteria under the dimensions of Pool of Knowledge and of Demand, seen in Figure 4.6, identifies three clusters. In the first, which involves only PochoniaTech, there is a high Pool of Knowledge and low Demand. The second grouping involves the companies Antioxi and Probivet, with high rates in both of the dimensions. Finally, there is the third grouping, involving the companies LaserMark and SiCeramics that, contrary to the second grouping, present both low Pool of Knowledge and low Demand.

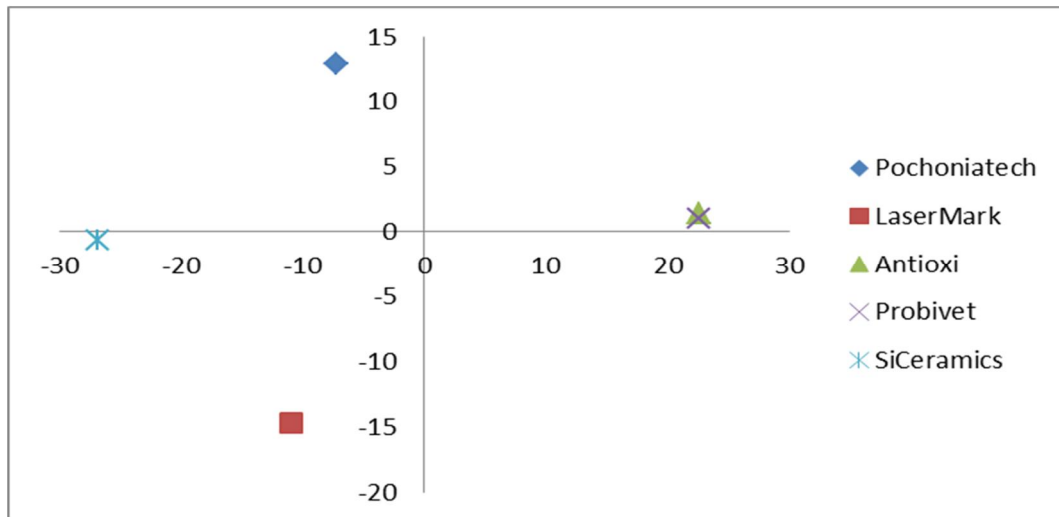


Figure 4.6 ñ Comparative position of the five firms in Market Criteria

There is, among companies LaserMark, Antioxi and Probivet correlation that would indicate a direct relationship between Pool of Knowledge and Demand. This means that the larger one is, the larger the other will be. Thus, one can expect that in countries where demand is high, there is a trend for the development of the supply of knowledge, in order to meet the demand. Despite this fact be apparently obvious when dealing with goods, for example, it should not necessarily be given in terms of science and technology.

In terms of implications for the opportunity evaluation process by VC investors, when assessing the market criteria, the larger the the indicators of both Pool of Knowledge and Demand are, the better the investment would be. Thus, in this regard, Antioxi and Probivet stand as the best options.

The Figure 4.7 illustrates the evaluation of the divestment criteria, under the dimensions of Scientific Production and Technological Production. It is noticed that the Areas/Companies evaluated are distributed in four groups. Antioxi has high Technological Production and low Scientific Production. PochoniaTech shows high levels in both of the analysis dimensions. LaserMark, unlike the other three, has low Technological Production and elevated levels of Scientific Production. Finally, the last grouping, are the firms Probivet and SiCeramics with lower rates in both dimensions.

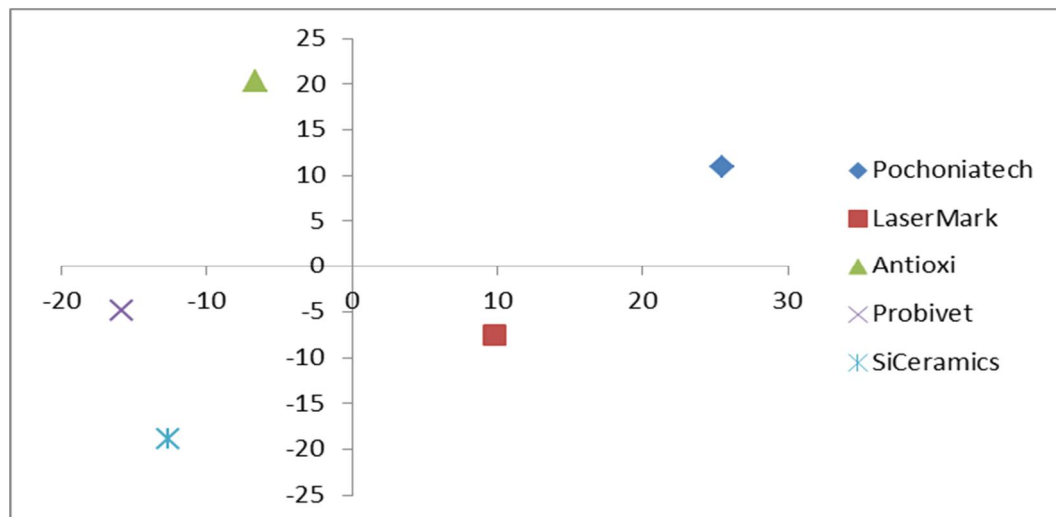


Figure 4.7 ñ Comparative position of the five firms in Divestment Criteria

There is a correlation between Pochoniatech, LaserMark and SiCeramics that establishes a directly proportional relationship between the dimensions used to evaluate the divestment criteria (Scientific Production and Technological Production). Thus, the higher the focus of business organizations in terms of scientific production, the greater its technological production.

In this way, when considering the Divestment Criteria from the opportunity evaluation process, VC investors should prioritize the firms that obtain the highest rates in the two dimensions. In the analyzed case, PochoniaTech is the one that presents the best indicators for divestment.

Finally, the Figure 4.8 shows the distribution of the five companies under the dimensions of Scientific Basis and Technological Protection that comprise the Team criteria evaluation. In this analysis, there is a clear distinction that separates SiCeramics, with high Technological Protection, from the others, with low rates in this dimension. In the Scientific Basis dimension, Pochoniatech and Antioxi have high rates while LaserMark, Probivet and SiCeramics have low rates. It should be noted that the indicators that comprised the evaluation of this criterion have very low values.

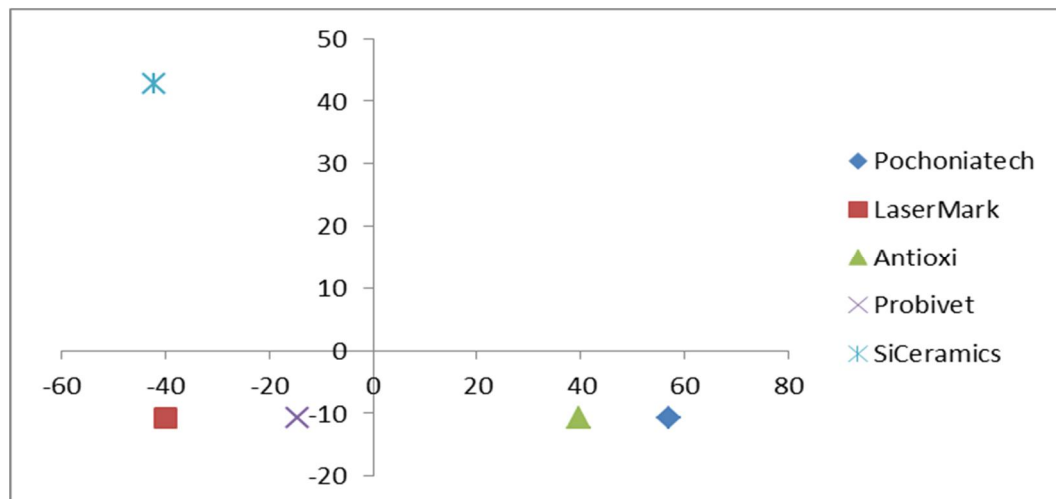


Figure 4.8 ñ Comparative position of the five firms in Team Criteria

It may be noted that most of the companies evaluated in this study do not focus on technological protection by patent, which is a characteristic of Brazilian companies (Dagnino, 2010), and that only the teams of Antioxi and Pochoniatech have high rates of participation in worldwide scientific production. In terms of implications for the Team criteria evaluation, VC investors more accustomed to the risk should select the companies Pochoniatech and Antioxi, for its high scientific capacity. The more conservative VC investor should opt for SiCeramics, since it has already patented its technology.

4.6 Conclusions

Based on these analyzes, we can conclude, given the main objective of this research, that scientometric and patentometric indicators, not only help in understanding the issues addressed in this study related to non-financial criteria (technology, market, divestment and team), but also contribute to the construction of a method for prioritizing VC investment.

Statistical analysis for prioritization of investment proposals of VC, while not considering different weights for the different evaluation criteria, reveals, when considering all the partial results, the following order of priority of the companies evaluated: Pochoniatech and Antioxi tied for first place, LaserMark in third, SiCeramics in fourth, and lastly, Probivet.

By analyzing the evaluation criteria separately, Pochoniatech and Anatoxi appear to have strengths in Divestment and Market criteria and in Team and Staff criteria, respectively, corroborating the combined analysis, which also prioritizes them. These results also support the post-investment assessment by the fund investor that mainly recognizes the high scientific level of both teams. Despite being in last place in the combined analysis, Provibet proved to be strong in the Market criteria. This result also supports the post-investment assessment conducted by the fund investor, pointing to a good market development of this company. LaserMark, which got third place in the combined analysis, showed no strength in any dimension analyzed. And finally, SiCeramics, which garnered the fourth position among the five companies evaluated in this study, scores very low in almost all dimensions analyzed, except in those related to technological protection by patents.

Thus, the methodology employed here may prove to be a useful tool for the project selection process by VC investors, incorporating a greater knowledge about the production dynamics in science and technology as related to the product of the companies under analysis. Similarly, in a comparative analysis, it can facilitate the process of choosing between several projects, through statistical evaluations such as the Data Envelopment analysis used in this research.

The main limitation of this study is related to the data extraction from the WoS and IBD bases. There are a myriad of search strategies that result in different sets of data. Still, using the same search strategy is not necessarily better for the different bases, since the logic of publishing articles differs from the logic of patent applications.

Also the list of indicators constructed and the instruments used for the analysis can generate differences in the interpretation of the data. This study, therefore, is not intended as a definitive way to evaluate innovative emerging projects, but as an alternative to subjective evaluation criteria, through its objectification via the extraction of data from articles and patents.

As a contribution to future studies, we suggest the identification of other indicators for the same analysis criteria (technology, market, divestment and team) beyond the

definition of different weights for different non-financial evaluation criteria. This can be done through analysis of individual contributions to company performance. Also, by increasing the base of companies analyzed, one can reach more general conclusions.

4.7 References

Adams, J; King, C. and Singh, V (2009). *Global research report: India: research and collaboration in the new geography of science*. Leeds, UK: Thomson Reuters.

Albuquerque, E. M. (1997) Notas sobre os determinantes tecnológicos do catching up: uma introdução à discussão sobre o papel dos sistemas nacionais de inovação na periferia. *Estudos Econômicos*, v.27(2).

_____. (1998). Produção científica e sistema nacional de inovação. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 19(1), p. 156-180.

_____. (2003). Immature Systems of Innovation: Introductory Notes about a Comparison Between South Africa, India, Mexico and Brazil Based on Science and Technology Statistics. In: *I Globelics Conference*. Rio de Janeiro: Globelics.

Albuquerque, E. M e Sicsú, J. (2000). Inovação institucional e estímulo ao investimento privado. *São Paulo em Perspectiva*, 14(3), p. 108-114.

Alcacer, J. & Gittelman, M. (2004). How do I Know what you Know? Patent Examiners and the Generation of Patent Citations. *SSRN*. doi:10.2139/ssrn.548003

Bank of England (1996). *The Financing of Technology-Based Small Firms*. London: Bank of England.

Banker, R.D.; Charnes, A. & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092.

Barry, C. B., Muscarella, C. J., Peavy, J. W., III, & Vetsuypens, M. R. (1990). The role of venture capital in the creation of public firms. *Journal of Financial Economics*, 27, 447–471. doi:10.1016/0304-405X(90)90064-7.

Bassecoulard, E.; Zitt, M. (2004) Patents and publications: the lexical connection. In: Moed, H. F.; Glänzel, W.; Schmoch, U. (Eds.). *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*. Netherlands: Kluwer Academic Press. p. 665-714.

Battini, P. (1985). *Capital et risque*. Paris, France: Editions des Organizations.

Bhattacharya, S., Kretschmer, H. & Meyer, M. (2003) Characterizing intellectual spaces between science and technology. *Scientometrics*, 58(2): 369-390, doi: 10.1023/A:1026244828759.

Bygrave, W. D., & Timmons, J. A. (1992). *Venture capital at the crossroads*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

Caporaletti L. E., Dulá J. H. & Womer N. K. (1999). Performance evaluation based on multiple attributes with nonparametric frontiers. *Omega*, 27(6): 637–645.

Carvalho, A. G., Ribeiro, L. L.; Furtado, C. V. (2006). *A indústria de Private Equity e venture capital: primeiro censo brasileiro*. São Paulo: Saraiva.

CGEE (2008) Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *Os novos instrumentos de apoio à inovação: uma avaliação inicial*. Brasília: ANPEI (Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento).

Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.

Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. & Seiford, L. M. (1994). *Data envelopment analysis: theory, methodology and applications*. Massachusetts: KAP.

Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. New York: Springer.

Cortes, H (2010). *Análise da demanda por venture capital no âmbito do FMIEE Criatec*. Dissertação (mestrado em Administração). Faculdade Boa Viagem - Recife.

Cumming, D. J. & MacIntosh, J. G. (2003). A cross-country comparison of full and partial venture capital exits. *Journal of Banking & Finance*, 27(3), 511-548.

Cumming, D. J. (2008). Contracts and exits in venture capital finance. *The Review of Financial Studies*, 21 (5): 1947-1982. doi: 10.1093/rfs/hhn072

Dagnino, R. (2010). Por que os "nossos " empresários não inovam? In: Dagnino, R. *Estudos sociais da ciência e tecnologia & política de ciência e tecnologia: alternativas para uma nova América Latina*. Campina Grande: EDUEPB. p. 47-68.

Day, G. S., Schoemaker, P. J. H. & Gunther, R. E. (2000). *Wharton on managing emerging technology*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Denis, D.J. (2004). Entrepreneurial Finance: An Overview of the Issues and Evidence, *Journal of Corporate Finance* 10(2), 301–326.

Dimov, D. & Murray, G. (2008). Determinants of the Incidence and Scale of Seed Capital Investments. *Small Business Economics* 30:127–152. doi 10.1007/s11187-006-9008-z

Edwards, C. (1999). *Entrepreneurial Dynamism and the Success of US High Tech*, *Joint Economic Committee Staff Report*, Office of the Chairman, U.S. Senator Connie Mack, Washington, DC: US Senate.

European Commission. (1998). *Risk Capital: A key to Job Creation in the European Union*, Luxembourg: Commission of the European Communities.

Florida R. & Kenney, M. (1988). Venture Capital Financed Innovation and Technological Change in The U.S.A. *Research Policy*, 119–137.

Fredricksen, O., Olofsson, C., & Wahlbin, C. (1997). Are venture capitalists firefighters? A study of the influence and impact of venture capital firms. *Technovation*, 17(9), 503–511. doi:10.1016/S0166-4972(97)00030-8.

Freeman, C., & Soete, L. (1997). *The economics of industrial innovation*. London: Pinter Publishers.

Garcez M.P. & Anselmo, J. L. (2005). O panorama brasileiro do capital de risco: características, evolução e perspectiva. In: *11 ALTEC*. Salvador: ALTEC.

Gompers, P. A. & Lerner, J. (2001). The venture capital revolution. *The Journal of Economic Perspectives*, 15(2), 145–168.

Gompers, P. A., Lerner, J. & Sharfstein, D. (2005) Entrepreneurial Spawning: Public Corporations and the Genesis of New Ventures 1986 to 1999. *Journal of Finance* 60(2), 577–614.

Griliches, Z. (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28(4), 1661-1707.

Guimarães, J.A. & Humman, M.C. (1995) Training of human resources in science and technology in Brazil: the importance of vigorous post-graduate program and its impact on the development of the country. *Scientometrics*. 34(1), 101-119. doi: 10.1007/BF02019176.

Guzmán Sánchez, M. V. (1999) *Patentometría: herramienta para el análisis de oportunidades tecnológicas*. 130 p. La Habana,. Tesis (Gerencia de información tecnológica)- Facultad de Economía. Universidad de La Habana: La Habana.

Hyytinen, A., & Toivanen, O. (2005). Do financial constraints hold back innovation and growth? Evidence on the role of public policy. *Research Policy*, 34, 1385–1403. doi:10.1016/j.respol.2005.06.004.

IETS (2002). *Criação de um ambiente favorável aos micro e pequenos negócios e desenvolvimento*. Rio de Janeiro.

Leite, P., Mugnaini, R. & Leta, J. (2011). A new indicator for international visibility: exploring Brazilian scientific community. *Scientometrics* 88:311–319. doi 10.1007/s11192-011-0379-9.

Lins, M. P. E. e Meza, L. A, *Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente de Apoio à Decisão*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

Lovell C. & Pastor J. T. (1999). Radial DEA models without inputs or without outputs. *European Journal of Operational Research*, 118(1): 46–51.

MacMillan, I. C., Zemann, L., & SubbaNarisimha, P. N. (1989). Criteria used by venture capitalists to evaluate new venture proposals. *Journal of Business Venturing*, 1, 119–128. doi:10.1016/0883-9026(85)90011-4.

Macias-Chapula, C. A (1998). O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ciência da Informação*, 27(2): 134-140,

Maricato, J. M (2010). *Dinâmica das relações entre Ciência e Tecnologia: estudo Bibliométrico e Cientométrico de múltiplos indicadores de artigos e patentes em biodiesel*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Artes, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, São Paulo.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2010). Division of Science Resources Statistics. *Science and engineering indicators 2010*. Arlington.

Oakey, R. (1984). *High technology small firms: innovation and regional development in Britain and the United States*. London: Frances Prints Publishers.

Okubo, Y (1997). Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples, *OCDE Science, Technology and Industry Working Papers*. OCDE Publishing.

Pissarides, F. (1999). Is lack of funds the main obstacle to growth? EBRD's experience with small- and medium-sized businesses in central and eastern Europe. *Journal of Business Venturing*, 14(5–6), 519–539. doi:10.1016/S0883-9026(98)00027-5.

Rapini, M.; Albuquerque, E.; Chaves, C.; Silva, L.; Souza, S.; Righi, H.; Cruz, W. (2009). University–industry interactions in an immature system of innovation: evidence from Minas Gerais, Brazil *Science and Public Policy*, 36(5), pages 373–386.

Santos, S. A. & Dutra, I. (2005). Capital de risco e as empresas de alta tecnologia. In: Santos, S. A. *Empreendedorismo de base tecnológica: evolução e trajetória*. Maringá/PR: Unicorpore.

Schefczyk, M., & Gerpott, T. J. (2001). Management support for portfolio companies of venture capital firms: An empirical study of German venture capital investments. *British Journal of Management*, 12, 201–216. doi:10.1111/1467-8551.00194.

Sexton, T. R., Silkman, R. H. & Logan, A. J. (1986). Data envelopment Analysis: Critique and extensions, In Silkman, H. *Measuring efficiency: An assessment of data envelopment analysis* San Francisco: Jossey-Bass Editor.

Sicsu, J. & Oliveira, S. C. (2003). Taxa de juros e controle da inflação no Brasil. In: Sicsu, J.; Oreiro, J. L.; Paula, L. F. *Agenda Brasil: políticas econômicas para o crescimento com estabilidade de preços*. São Paulo: Monole.

Soares de Mello, J. C. C. B; Meza, L. A. & da Silva, B. B. (2008). Some rankings for the Athens Olympic Games using DEA model with a constant input. *Investigação Operacional*, 28, pp. 77-89.

Storey, D. J. & Tether, B. (1998). New Technology-based Firms in the European Union: an Introduction. *Research Policy* 26, 933–946.

UNESCO (2010). *UNESCO SCIENCE REPORT 2010*. Paris: UNESCO Publishing.

Wonglimpiyarat, J. (2010). Commercialization strategies of technology: Lessons from silicon valley. *Journal of Technology Transfer*, 35(2), 225-236. doi: 10.1007/s10961-009-9117-3

Zhu, J.(2009). *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets*. New York: Springer.

Capítulo 5 ã Meta-Conclusões

Neste capítulo serão apresentadas as meta-conclusões derivadas da análise conjunta dos capítulos anteriores e da consolidação das conclusões específicas de cada um deles. Além da obtenção de importantes meta-conclusões este capítulo contribui com o trabalho explicitando a unidade deste conjunto de artigos enquanto um projeto de pesquisa. Para tanto será realizado um detalhamento da vinculação das meta-conclusões com os objetivos específicos de pesquisa, elencados na página 23.

As etapas da pesquisa traduzidas no primeiro artigo que constitui o Capítulo 2 levaram ao desenvolvimento de um quadro teórico-conceitual sobre cientometria e patentometria, o que atende ao Objetivo Específico 1 (**OE1**). Esse capítulo também permitiu identificar, por meio de uma revisão de literatura, os indicadores utilizados por diversos autores para análises da dinâmica da produção científica e tecnológica. Desta forma, foi possível identificar indicadores cientométricos e patentométricos com potencial para uso em avaliação dos critérios não financeiros – tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe (o que atende ao **OE2**), relacionados à área tecnológica identificada da empresa utilizada como caso de estudo (o que atende ao **OE3**).

Assim, a análise do processo de seleção de propostas de empresas pelo Criatec (que atendeu ao **OE4**) permitiu relacionar, dentre os indicadores cientométricos e patentométricos identificados na pesquisa, os que têm potencial para responder aos critérios não financeiros utilizados pelo Criatec (atendendo ao **OE5**). Com a extração dos artigos e patentes, das bases Web of Science (WoS) e Derwent Innovation Index (DII), relativos à empresa investida, analisada no Capítulo 2 (**OE6**) foi possível construir tais indicadores cientométricos e patentométricos específicos para aquela empresa (o que atende ao **OE7**).

Para simplificar o texto na análise das distintas conclusões obtidas nos três capítulos anteriores, os mesmos serão identificados por siglas iniciadas com a letra C, seguidas de dois algarismos arábicos relativos à ordem em que essas conclusões aparecem. Assim, por exemplo, a primeira conclusão será mencionada apenas como “C01”. Já as meta-conclusões, ou seja, aquelas assumidas da articulação entre as conclusões das diferentes etapas dessa pesquisa, serão identificadas por siglas iniciadas com as letras MC, seguidas de um algarismo arábico relativo à ordem em que essas meta-conclusões aparecem.

Pôde-se, então, a partir do estudo apresentado no Capítulo 2, concluir::

C01: Os seguintes indicadores oferecem evidências das bases científicas, que são capazes de suportar o desenvolvimento tecnológico: (1) a quantidade absoluta de artigos disponível na WoS; (2) a taxa de crescimento anual de artigos publicados; (3) o nível de correlação entre os tópicos de interesse de artigos e patentes; (4) e o nível de colaboração internacional na publicação científica

C02: Os seguintes indicadores oferecem evidências do aproveitamento do conhecimento produzido pelos pesquisadores de todo o mundo, por meio da transformação deste em tecnologia, mais especificamente, pelo processo de patenteamento, demonstrando o nível de desenvolvimento tecnológico de determinada área: (1) A quantidade absoluta de patentes disponível na DII; (2) o nível do Indicador de Aproveitamento de Oportunidades (IAO), ou seja, a razão entre o número de patentes e o número de artigos, em determinada área; (3) a taxa de crescimento anual de patentes depositadas.

C03: As evidências a respeito das bases científicas em determinadas áreas tecnológicas (C01), associadas ao nível de desenvolvimento tecnológico destas áreas (C02) permitem amplo conhecimento a respeito do **Critério Tecnologia**, utilizado por gestores de fundos para avaliação de propostas de investimento.

C04: Os seguintes indicadores permitem a avaliação da capacidade de oferta de conhecimentos para a produção da tecnologia: (1) a quantidade de países que participam da produção científica mundial; (2) a taxa de crescimento anual do

interesse internacional no desenvolvimento científico; (3) a participação brasileira na produção científica mundial.

C05: Os seguintes indicadores oferecem evidências da demanda de mercado para a tecnologia avaliada: (1) quantidade de países designados pelas patentes; (2) taxa de crescimento do interesse comercial; (3) abrangência das patentes nos países designados; (4) nível de participação brasileira como país designado para proteção por patentes.

C06: A capacidade de oferta de conhecimentos para a produção da tecnologia (C04), associada às evidências da demanda de mercado para a tecnologia avaliada (C05) permite amplo conhecimento a respeito do **Critério Mercado**, utilizado para avaliação de propostas de investimento.

C07: Os seguintes indicadores demonstram o interesse científico de empresas na área tecnológica avaliada: (1) número de empresas, cujos pesquisadores publicaram artigos científicos na área; (2) taxa de crescimento do interesse científico empresarial; (3) volume relativo da produção científica de empresas, frente à produção científica geral.

C08: Os seguintes indicadores demonstram o interesse de empresas no desenvolvimento tecnológica na área: (1) número de empresas com patentes depositadas; (2) taxa de crescimento do interesse tecnológico empresarial; (3) volume relativo da produção tecnológica de empresas, frente à produção tecnológica geral.

C09: A demonstração do interesse científico de empresas na área da tecnologia avaliada (C07), associado à demonstração do interesse tecnológico, também por empresas (C08), permite amplo conhecimento a respeito do **Critério Desinvestimento**, utilizado para avaliação de propostas de investimento.

C10: Os seguintes indicadores demonstram as bases científicas da equipe envolvida no projeto avaliado: (1) quantidade absoluta de artigos de autoria de membros da equipe, na área; (2) nível de colaboração internacional dos membros da equipe do

projeto; (3) nível de colaboração da equipe com outras organizações; (4) e o nível de participação da equipe na produção científica mundial.

C11: Os seguintes indicadores demonstram a apropriabilidade da tecnologia desenvolvida pela equipe do projeto avaliado: (1) quantidade absoluta de patentes depositadas por membros da equipe, na área; (2) nível de articulação da equipe na produção tecnológica com organizações de outros países; (3) nível de articulação dos membros da equipe com outras organizações na produção tecnológica; (4) e o nível de produção tecnológica da equipe, frente a produção tecnológica mundial.

C12: A demonstração das bases científicas da equipe do projeto (C10), associada à demonstração de proteção tecnológica (C11), permite amplo conhecimento a respeito do **Critério Equipe**, utilizado para avaliação de propostas de investimento.

O Capítulo 3 (Indicadores Cientométricos e Patentométricos para Seleção de Projetos por Fundos de Investimento) seguiu a mesma abordagem utilizada no Capítulo 2 (Assessment of Non-Financial Criteria in the Selection of Investment Projects for Seed Capital Funding: the Contribution of Scientometrics and Patentometrics), desenvolvendo a análise de outra empresa como caso. Este segundo estudo foi importante para consolidar as discussões acerca dos indicadores cientométricos e patentométricos de acordo com o Objetivo Específico 1 (**OE1**), robustecendo a tipificação dos indicadores que têm capacidade de elucidar questões importantes sobre empresas/tecnologias inovadoras, tais como: nível de maturidade da tecnologia avaliada; capacidade de desenvolvimento tecnológico; nível de conhecimento disponível para o desenvolvimento de produtos; potencial de demanda de mercado para a tecnologia/produto avaliados; a existência de empresas com potencial interesse na tecnologia/empresa; e o desempenho científico e tecnológico dos membros da equipe do projeto avaliado. Esses resultados atendem ao Objetivo Estratégico 5 (**OE5**)

Este novo estudo seguiu a mesma abordagem metodológica, aplicada a um novo caso, de outra empresa investida pelo Criatec, obtendo conclusões similares às aquelas elencadas entre C01 e C12.

Desta forma, a análise conjunta dos Capítulos 2 e 3 desta tese leva às seguintes meta-conclusões:

MC1: os indicadores cientométricos e patentométricos podem, sim, auxiliar na avaliação dos critérios considerados pelo fundo de investimento selecionado como caso, identificados como critérios não financeiros (tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe).

MC2: a metodologia empregada (que envolve a extração de artigos e patentes extraídos a partir da identificação da área tecnológica das empresas avaliadas e da construção de indicadores cientométricos e patentométricos) mostrou-se útil à instrumentalização do processo de seleção de projetos por fundos de investimento, permitindo um maior conhecimento a respeito da dinâmica da produção em ciência e tecnologia relacionada aos produtos/tecnologias das empresas sob análise.

Cabe destacar que a delimitação a fundos de investimento decorre do fato desta pesquisa ter utilizado, exclusivamente, casos de empresas investidas por um fundo, o Criatec. Entretanto, aparentemente, não há motivos para que a meta-conclusão MC2 não possa ser derivada para outros tipos de processo de seleção de projetos/empreendimentos de base tecnológica, tais como incubadoras de empresas, parques tecnológicos, editais de subvenção econômica, dentre outros.

Avançando na análise das conclusões e meta-conclusões, o Capítulo 4 (Capítulo 4 – A Patent-Scientometric Approach for Venture Capital Investment Prioritization) apresenta uma discussão acerca de empresas inovadoras e de fundos de investimento, que serviu para destacar, dentre outros, o papel fundamental desses atores no desenvolvimento dos Sistemas Nacionais de Inovação e, consequentemente, a sua crescente importância para o desenvolvimento econômico de regiões e países. A capacidade de identificação de empresas com potencial para o desenvolvimento de inovações tecnológicas (**OE2**) exige, dos investidores de risco, habilidades para o monitoramento do desenvolvimento científico e tecnológico em diversas áreas diferentes, já que novos paradigmas tecnológicos estão cada vez mais baseados em ciência.

O Capítulo 3 analisou os resultados encontrados por meio dos indicadores construídos à luz do quadro teórico-conceitual elaborado nos Capítulos 1 e 2 (OE8) e realiza uma avaliação comparativa de cinco empresas que receberam recursos do Criatec (OE9), inclusive as duas analisadas nos capítulos anteriores.

Assim, pôde-se concluir que:

C13: os indicadores cientométricos e patentométricos, além de auxiliar na compreensão dos aspectos relacionados aos critérios não-financeiros abordados neste estudo (tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe), contribuem para a construção de um método de priorização de investimento de capital de risco.

C14: uma análise comparativa pode facilitar o processo de escolha entre diversos projetos, por meio de técnicas multicritério de decisão, como a Análise Envoltória de Dados (DEA), empregada nesta pesquisa.

Finalmente, a partir do relacionamento, ilustrado na Figure 5.1, entre as conclusões de cada Capítulo, pode-se definir a meta-conclusão MC3 que, em última instância, retrata a tese (em seu sentido Hegeliano) que esta pesquisa de doutoramento permite defender:

MC3: Os indicadores cientométricos e patentométricos têm elevado potencial para contribuir na ampla compreensão de aspectos ligados aos critérios tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe, quando da avaliação de projetos de base tecnológica por fundos de investimento.

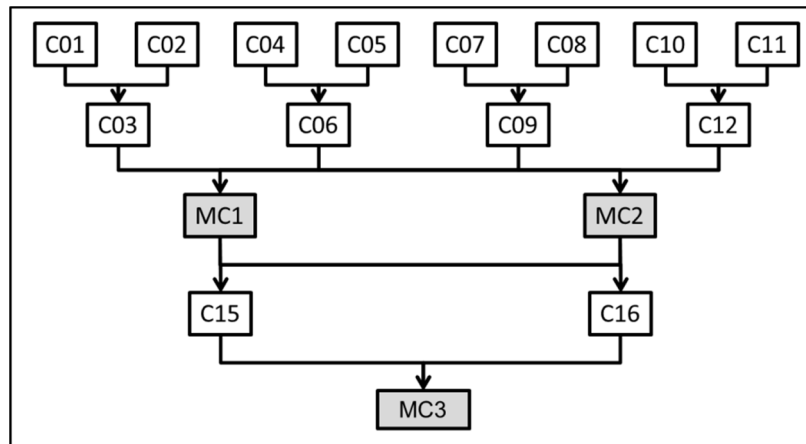


Figure 5.1 ñ Relacionamento entre as conclusões e tese.

Limitações da presente pesquisa

A principal limitação deste estudo está relacionada à extração dos dados das bases Web of Science e Derwent Innovation Index. Há um enorme conjunto de estratégias de busca que resultariam em diferentes leques de dados. Ainda, não necessariamente a utilização da mesma estratégia de busca é a melhor para as distintas bases, dado que a lógica da publicação de artigos difere da lógica do depósito de patentes.

Também o rol de indicadores construídos e os instrumentos utilizados para a análise podem, eventualmente, gerar diferenças de interpretação dos dados. Este estudo, portanto, não se propõe como uma forma definitiva para avaliação de projetos inovadores emergentes, mas sim como uma alternativa para a objetivação de critérios usualmente avaliados de forma subjetiva, por meio da sua objetivação via a extração de dados relativos a artigos e patentes.

Recomendações e implicações para futuras pesquisas

Como contribuição para futuros estudos, sugere-se a identificação de outros indicadores para os mesmos critérios de análise (tecnologia, mercado, desinvestimento e equipe), além da definição de diferentes pesos para os diferentes critérios de avaliação não financeira, o que pode ser feito por meio da análise das

contribuições individuais para o desempenho das empresas. Ainda, aumentando-se a base de empresas analisadas, pode-se chegar a conclusões mais generalistas.

Sugere-se, também, replicar este estudo com foco em outros processos de seleção de projetos/empreendimentos, tais como incubadoras de empresas, parques tecnológicos, editais de subvenção econômica, dentre outros.

Finalmente, outras técnicas multicritério para tomada de decisão podem ser analisadas e ter seus resultados confrontados com os encontrados na atual pesquisa, buscando-se identificar a abordagem que oferece melhor avaliação comparativa, tais como: Composição Probabilística de Preferências (CPP); Análise relacional GREY (GRA); TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution); dentre outras técnicas de ordenação.

Referências

Acs, Z. J. and Audretsch, D. B. (1987) Innovation, Market Structure, and Firm Size. *Review of Economics and Statistics* 69(4): 567–74.

_____. (1990) *Innovation and Small Firms*. Cambridge, MA: MIT Press.

_____. (1991) R&D, Firm Size, and Innovative Activity, in Acs, Z. J. and Audretsch, D. B (eds). *Innovation and Technical Change: An International Comparison*, pp. 39–50. New York: Harvester Wheatsheaf.

Adams, J; King, C. and Singh, V (2009). *Global research report: India: research and collaboration in the new geography of science*. Leeds, UK: Thomson Reuters.

Albuquerque, E. M. (1997) Notas sobre os determinantes tecnológicos do catching up: uma introdução à discussão sobre o papel dos sistemas nacionais de inovação na periferia. *Estudos Econômicos*, v.27(2).

_____. (1998). *Produção científica e sistema nacional de inovação*. Ensaio FEE, Porto Alegre, v. 19(1), p. 156-180.

_____. (2003). *Immature Systems of Innovation: Introductory Notes about a Comparison Between South Africa, India, Mexico and Brazil Based on Science and Technology Statistics*. In: I Globelics Conference. Rio de Janeiro: Globelics.

Albuquerque, E. M e Sicsú, J. (2000). Inovação institucional e estímulo ao investimento privado. *São Paulo em Perspectiva*, 14(3), p. 108-114

Alcacer, J. & Gittelman, M. (2004). How do I Know what you Know? Patent Examiners and the Generation of Patent Citations. SSRN. doi:10.2139/ssrn.548003

Armond-de-Melo, D. R. (2012). *Relação universidade-empresa no Brasil: o papel da academia em redes de coinvenção*. Tese de Doutorado, Escola de Administração, UFBA, Salvador, 2012.

Audretsch, D. B. (1995) *Innovation and Industry Evolution*. Cambridge, MA: MIT Press.

Bank of England (1996). *The Financing of Technology-Based Small Firms*. London: Bank of England.

Banker, R.D.; Charnes, A. & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092.

Barry, C. B., Muscarella, C. J., Peavy, J. W., III, & Vetsuypens, M. R. (1990). The role of venture capital in the creation of public firms. *Journal of Financial Economics*, 27, 447–471. doi:10.1016/0304-405X(90)90064-7.

Bassecoulard, E.; Zitt, M. (2004) Patents and publications: the lexical connection. In: Moed, H. F.; Glänzel, W.; Schmoch, U. (Eds.). *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*. Netherlands: Kluwer Academic Press. p. 665-714.

Battini, P. (1985). *Capital et risque*. Paris, France: Editions des Organisations.

Bhattacharya, S., Kretschmer, H. & Meyer, M. (2003) Characterizing intellectual spaces between science and technology. *Scientometrics*, 58(2): 369-390, doi: 10.1023/A:1026244828759.

Birch, D. L. (1987) *Job Creation in America: How Our Smallest Companies put the Most People to Work*. New York: Free Press.

BRASIL (1998). Decreto n. 2553/98, de 16 de abril de 1998. DOU, Brasília, DF, 20 abr. 1998

_____. (2004) Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. DOU, Brasília, n. 232, 3 dez. 2004.

Bufrem, L.; Prates, Y (2005). O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 34(2), p. 9-25.

Bygrave, W. D., & Timmons, J. A. (1992). *Venture capital at the crossroads*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

Callon, M.; Courtial, J y Penan, H (1995). *Cienciometría, el estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometria a la vigilancia tecnológica*. Gijón, TREA.

Campos, A. L. S (2006). Ciência, tecnologia e economia. In: Pelaez, V.; Szmrecsányi, T. (Orgs). *Economia da inovação tecnológica*. São Paulo: Hucitec.

Caporaletti L. E., Dulá J. H. & Womer N. K. (1999). Performance evaluation based on multiple attributes with nonparametric frontiers. *Omega*, 27(6): 637–645.

Carvalho, A. G., Ribeiro, L. L. e Furtado, C. V. (2006). *A indústria de Private Equity e venture capital: primeiro censo brasileiro*. São Paulo: Saraiva.

Cassiolato, J. E; Lastres, H. M (1999). Inovação, globalização e as novas políticas de desenvolvimento industrial e tecnológico. In: Cassiolato, J. E.; Lastres, H. M. M. (Orgs.). *Globalização e inovação localizada: experiências de sistemas locais no Mercosul*. Brasília: IBICT/MCT.

CGEE (2008) Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *Os novos instrumentos de apoio à inovação: uma avaliação inicial*. Brasília: ANPEI (Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento)

Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.

Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. & Seiford, L. M. (1994). *Data envelopment analysis: theory, methodology and applications*. Massachusetts: KAP.

Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. New York: Springer.

Cortes, H (2010). *Análise da demanda por venture capital no âmbito do FMIEE Criatec*. Dissertação (mestrado em Administração). Faculdade Boa Viagem - Recife.

Cumming, D. J. & MacIntosh, J. G. (2003). A cross-country comparison of full and partial venture capital exits. *Journal of Banking & Finance*, 27(3), 511-548.

Cumming, D. J. (2008). Contracts and exits in venture capital finance. *The Review of Financial Studies*, 21 (5): 1947-1982. doi: 10.1093/rfs/hhn072

Dagnino, R. (2010). Por que os "nossos " empresários não inovam? In: Dagnino, R. Estudos sociais da ciência e tecnologia & política de ciência e tecnologia: alternativas para uma nova América Latina. Campina Grande: EDUEPB. p. 47-68.

Day, G. S., Schoemaker, P. J. H. & Gunther, R. E. (2000). Wharton on managing emerging technology. New Jersey: John Wiley & Sons.

Denis, D.J. (2004). Entrepreneurial Finance: An Overview of the Issues and Evidence, *Journal of Corporate Finance* 10(2), 301–326.

Dimov, D. & Murray, G. (2008). Determinants of the Incidence and Scale of Seed Capital Investments. *Small Business Economics* 30:127–152. doi 10.1007/s11187-006-9008-z

Edwards, C. (1999). Entrepreneurial Dynamism and the Success of US High Tech, Joint Economic Committee Staff Report, Office of the Chairman, U.S. Senator Connie Mack, Washington, DC: US Senate.

European Commission. (1998). Risk Capital: A key to Job Creation in the European Union, Luxembourg: Commission of the European Communities.

Ferreira, A. B (2007). O Setor Brasileiro de Capital de Risco: Caracterização, Oportunidades e Perspectivas. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção), Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

Florida R. & Kenney, M. (1988). Venture Capital Financed Innovation and Technological Change in The U.S.A. *Research Policy*, 119–137.

Fredricksen, O., Olofsson, C., & Wahlbin, C. (1997). Are venture capitalists firefighters? A study of the influence and impact of venture capital firms. *Technovation*, 17(9), 503–511. doi:10.1016/S0166-4972(97)00030-8.

Freeman, C (1982). *Economics of industrial innovation*, Cambridge, MIT

Freeman, C., & Soete, L. (1997). *The economics of industrial innovation*. London: Pinter Publishers.

Garcez M.P e Anselmo, J.L (2005). O panorama brasileiro do capital de risco: características, evolução e perspectiva. In: 11 ALTEC, 2005, Salvador. Anais eletrônicos do XI Altec. Salvador: ALTEC.

Godin, B. Research and the practice of publication in industries. *Research Policy*, v. 25, p. 587-606, 1996.

Gompers, P. A. & Lerner, J. (2001). The venture capital revolution. *The Journal of Economic Perspectives*, 15(2), 145–168.

Gompers, P. A., Lerner, J. & Sharfstein, D. (2005) Entrepreneurial Spawning: Public Corporations and the Genesis of New Ventures 1986 to 1999. *Journal of Finance* 60(2), 577–614.

Gregolin, J. A. R. et al (2005). Análise da Produção Científica a partir de indicadores bibliométricos. In: Landi, F. R. (Coord.) Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004. São Paulo: FAPESP.

Griliches, Z. (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28(4), 1661-1707.

Guimarães, J.A. & Humman, M.C. (1995) Training of human resources in science and technology in Brazil: the importance of vigorous post-graduate program and its impact on the development of the country. *Scientometrics*. 34(1), 101-119. doi: 10.1007/BF02019176.

Guzmán Sánchez, M. V (1999). Patentometría: herramienta para el analisis de oportunidades tecnológicas. 130 p. La Habana, 1999. Tesis (Gerencia de información tecnológica)- Facultad de Economía. Universidad de La Habana: La Habana.

GVCEPE (2008) Centro de Estudos em Private Equity e Venture Capital da FGV-EAESP. Panorama da Indústria Brasileira de Private Equity e Venture Capital: Relatório de Pesquisa.

Hood, W. W.; Wilson, C. S (2001). The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. *Scientometrics*, 52 (5).

Hyytinen, A., & Toivanen, O. (2005). Do financial constraints hold back innovation and growth? Evidence on the role of public policy. *Research Policy*, 34, 1385–1403. doi:10.1016/j.respol.2005.06.004.

IETS (2002). Criação de um ambiente favorável aos micro e pequenos negócios e desenvolvimento. Rio de Janeiro.

Jannuzzi, G. M.; Gomes, A. F. e Andrade, H. G (2003). Mapeamento de competências e infraestrutura para P&D: indicadores para auxílio à prospecção tecnológica na área de energia. Campinas: International Energy Initiative Latin American Office.

Jiancheng, G.; Ying, H (2007). Patent-bibliometric analysis on the Chinese science: technology linkages. *Scientometrics*, v. 72, n. 3, p. 403–425.

Leite, P., Mugnaini, R. & Leta, J. (2011). A new indicator for international visibility: exploring Brazilian scientific community. *Scientometrics* 88:311–319. doi 10.1007/s11192-011-0379-9.

Lins, M. P. E. e Meza, L. A, Análise Envolvória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente de Apoio à Decisão. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

Looy, B. V. et. al. (2003). Do science-technology interactions pay off when developing technology? An exploratory investigation of 10 science-intensive technology domains. *Scientometrics*, v. 57, n. 3, 355-367.

Lovell C. & Pastor J. T. (1999). Radial DEA models without inputs or without outputs. *European Journal of Operational Research*, 118(1): 46–51.

- MacMillan, I. C., Zemmann, L., & SubbaNarisimha, P. N. (1989). Criteria used by venture capitalists to evaluate new venture proposals. *Journal of Business Venturing*, 1, 119–128. doi:10.1016/0883-9026(85)90011-4.
- Macias-Chapula, C. A (1998). O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ciência da Informação*, 27(2): 134-140,
- Maricato, J. M (2010). Dinâmica das relações entre Ciência e Tecnologia: estudo Bibliométrico e Cientométrico de múltiplos indicadores de artigos e patentes em biodiesel. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Artes, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, São Paulo.
- Martin, A.R, Faria. L. I. L., Hoffmann, W. A. M. e Gregolin, J. A. R. (2002). Monitoramento de patentes sobre plásticos biodegradáveis. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA E GESTÃO DO CONHECIMENTO, 3., 2002, São Paulo; CONGRESSO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO, 1., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo, 2002.
- Meyer, M.; Bhattacharya, S (2004). Commonalities and differences between scholarly and technical collaboration: an exploration of co-invention and co-authorship analyses. *Scientometrics*, v. 61, n. 3, p. 443-456.
- Miguel, C. (2010) Eles atacam os piratas. *Exame PME*. São Paulo, nov., p. 98.
- Moura, A. (2009). A Interação Entre Artigos e Patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em Biotecnologia. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação, Porto Alegre.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2010). Division of Science Resources Statistics. Science and engineering indicators 2010. Arlington.
- Oakey, R. (1984). High technology small firms: innovation and regional development in Britain and the United States. London: Frances Prints Publishers.
- OCDE (2005). Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Manual de Oslo. 3. ed. Tradução: do FINEP.
- Okubo, Y (1997). Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples, OCDE Science, Technology and Industry Working Papers. OCDE Publishing.
- Oldham, P (2007). Biodiversity and the patent system: towards international indicators. *Global Status and Trends in Intellectual Property Claims*, United Kingdom, n. 3.
- Owen-Smith, J. et al (2002). A comparison of U. S. and European university-industry relations in the life sciences. *Management Science*, v. 48, n. 1, p. 24-43, Jan.
- Pavitt, K., Robson, M. and Townsend, J. (1987) 'The Size Distribution of Innovating Firms in the UK: 1945–1983', *Journal of Industrial Economics* 35(3): 297–316.

Phillips, B. D. and Kirchhoff, B. A. (1989) 'Formation, Growth and Survival: Small Firm Dynamics in the US Economy', *Small Business Economics* 1(1): 65–74.

Pissarides, F. (1999). Is lack of funds the main obstacle to growth? EBRD's experience with small- and medium-sized businesses in central and eastern Europe. *Journal of Business Venturing*, 14(5–6), 519–539. doi:10.1016/S0883-9026(98)00027-5.

Rapini, M.; Albuquerque, E.; Chaves, C.; Silva, L.; Souza, S.; Righi, H.; Cruz, W. (2009). University–industry interactions in an immature system of innovation: evidence from Minas Gerais, *Brazil Science and Public Policy*, 36(5), pages 373–386.

Reynolds, P. D. (1997) 'New and Small Firms in Expanding Markets', *Small Business Economics* 9(1): 79–84.

Rickne, A. and Jacobsson, S. (1999) New Technology-based Firms in Sweden: A Study of their Direct Impact on Industrial Renewal, *Economics of Innovation and New Technology* 8(3): 197–223.

Santos, S. A. & Dutra, I. (2005). Capital de risco e as empresas de alta tecnologia. In: Santos, S. A. *Empreendedorismo de base tecnológica: evolução e trajetória*. Maringá/PR: Unicorpore.

Schefczyk, M., & Gerpott, T. J. (2001). Management support for portfolio companies of venture capital firms: An empirical study of German venture capital investments. *British Journal of Management*, 12, 201–216. doi:10.1111/1467-8551.00194.

Scherer, F. M. (1965) Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions, *American Economic Review* 55(1): 1097–125.

Schumpeter, J. A (1982). *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo, Abril (Os pensadores).

Sengupta, I. N (1992). Bibliometrics, informetrics, scientometrics and librametrics: an overview. *Libri*, v. 42, n. 2, p. 99-135.

Sexton, T. R., Silkman, R. H. & Logan, A. J. (1986). Data envelopment Analysis: Critique and extensions, In Silkman, H. *Measuring efficiency: An assessment of data envelopment analysis* San Francisco: Jossey-Bass Editor.

Shearman, C. and Burrell, G. (1988) New Technology-based Firms and the Emergence of New Industries, *New Technology, Work and Employment* 3(2): 87–99.

Sicsu, J. & Oliveira, S. C. (2003). Taxa de juros e controle da inflação no Brasil. In: Sicsu, J.; Oreiro, J. L.; Paula, L. F. *Agenda Brasil: políticas econômicas para o crescimento com estabilidade de preços*. São Paulo: Monole.

Soares de Mello, J. C. C. B; Meza, L. A. & da Silva, B. B. (2008). Some rankings for the Athens Olympic Games using DEA model with a constant input. *Investigação Operacional*, 28, pp. 77-89.

Souza, S (2008). *Capital Empreendedor*. Curitiba: Juruá.

Spinak, E (1998). Indicadores cienciométricos. *Ciência da Informação*, Brasília, v.27, n.2, p.141-148, maio/ago.

Storey, D. J. and Johnson, S. (1987) *Job Generation and Labour Market Change*. Basingstoke: Macmillan.

Storey, D. J. & Tether, B. (1998). New Technology-based Firms in the European Union: an Introduction. *Research Policy* 26, 933–946.

Sun, Y.; Negishi, M.; Nishizawa, M (2007). Coauthorship linkages between universities and industry in Japan. *Research Evaluation*, v. 16, n. 4, p. 299–309.

UNESCO (2010). *UNESCO SCIENCE REPORT 2010*. Paris: UNESCO Publishing.

Velho, L (1997). Estratégias para um sistema de indicadores de CT&I no Brasil. In: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA. *Indicadores de CT&I no Brasil: antecedentes, estratégia, situação atual, necessidades e perspectivas*. Brasília.

Wonglimpiyarat, J. (2010). Commercialization strategies of technology: Lessons from silicon valley. *Journal of Technology Transfer*, 35(2), 225-236. doi: 10.1007/s10961-009-9117-3

Zhu, J.(2009). *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets*. New York: Springer.