

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES

ALEX FABIANNE DE PAULO

**Cooperação e Rotas Tecnológicas para o desenvolvimento de tecnologias
sobre energia solar fotovoltaica: uma análise baseada em patentes**

Orientadora: Profa. Dra. Geciane Silveira Porto

RIBEIRÃO PRETO

2019

Prof. Dr. Vahan Agopyan
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. André Lucirton Costa
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Jorge Henrique Caldeira de Oliveira
Chefe do Departamento de Administração

ALEX FABIANNE DE PAULO

**Cooperação e Rotas Tecnológicas para o desenvolvimento de tecnologias
sobre energia solar fotovoltaica: uma análise baseada em patentes**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Versão Corrigida. A original encontra-se disponível no Serviço de Pós-Graduação da FEA-RP/USP.

Orientadora: Profa. Dra. Geciane Silveira Porto

RIBEIRÃO PRETO

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

De Paulo, Alex Fabianne.

Cooperação e Rotas Tecnológicas para o desenvolvimento de tecnologias sobre energia solar fotovoltaica: uma análise baseada em patentes.

Ribeirão Preto, 2019. 288 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEARP) - Universidade de São Paulo (USP).

Área de concentração: Administração de Organizações

Orientadora: Geciane Silveira Porto

1. Cooperação Tecnológica. 2. Rotas tecnológicas. 3. Tecnologias Emergentes. 4. Análise de Redes Sociais 5. Energia fotovoltaica.

DEDICATÓRIA

A idealização, desenvolvimento e concepção de uma pesquisa acadêmica em nível de doutorado por si só não é uma tarefa fácil. Muito mais que conhecimento e capacitação técnica, exige muita disciplina, dedicação e horas infindáveis de estudo, pesquisa e escrita. Abrir mão de momentos de lazer com amigos ou família é regra clara para quem quer vencer neste jogo de persistência. Mas é na profunda solidão em frente ao computador, em meio a inúmeras telas abertas, artigos marcados e simulações de resultados, que se conclui que seu trabalho, em momento algum, foi feito sozinho. Além do mais profundo empenho pessoal, questões como ajuda mútua, críticas, provocações conceituais, compreensão e apoio moral são o que paralelamente te sustentam como pesquisador e como ser humano durante toda a jornada do doutorado. Assim, dedico com muito carinho o sucesso deste trabalho à algumas pessoas que, consciente ou inconscientemente, influenciaram nos resultados e passaram a fazer parte da minha vida.

Primeiramente, dedico à Prof. Dra. Geciane Porto, que desde o início me acolheu, me confiou o desafio de fazer uma tese diferenciada e não cansou de me estimular com ideias e provocações para sempre ir mais longe. Confesso que nem eu imaginava ter feito tanto e, se já tenho colhido bons resultados em publicações, é a você quem devo total consideração pela sua exímia orientação acadêmica e pelo exemplo de profissional que é.

Em segundo, ao Prof. Dr. Breno Nunes da *Aston Business School* (Birmingham, Reino Unido), que me aceitou como seu orientado durante o doutorado sanduíche, cujas discussões e sua indiscutível competência técnica e analítica, me ajudaram muito nas melhorias desta pesquisa. Espero mantermos contato e que consigamos ter publicações em conjunto nos próximos anos. Aproveito o ensejo para também dedicar à Profa. Dra. Petruska Machado, pesquisadora brasileira que conheci em terras anglicanas e agora amiga, pelos inúmeros momentos de convivência, troca de ideias, choros e risadas durante o período que convivemos no doutorado sanduíche.

Em terceiro, aos colegas do meu grupo de pesquisa (IngTec) pelas discussões, críticas e vários ensinamentos que melhoraram a qualidade do trabalho. Dedicatória que estendo aos Professores da FEA-RP, Simone Galina, Evandro Saidel, Janaina Giraldi, Sônia Valle e às queridas Luísa Cagica Carvalho e Maria Teresa Costa, ambas do Escola Superior de Ciências Empresariais do Instituto Politécnico de Setúbal (Portugal), pela empolgação nas disciplinas ministradas e que me auxiliaram na evolução conceitual deste trabalho. Estendo ainda o

agradecimento à toda equipe administrativa da FEA-RP e PPGAIO que sempre me receberam com atenção e me auxiliaram com rapidez, mesmo eu estando longo de Ribeirão.

Em quarto, meus sinceros agradecimentos aos Professores Dr. José Eduardo Ferreira Lopes (UFU), Dr. André Barra (UFG) e Dr. João Henrique de Souza Pereira (UFU) pelos estímulos motivacionais que, sem sombra de dúvida, me foram cruciais para entrar no doutorado e persistir até o final. Dedico também aos amigos de trabalho da Algar Telecom, Ana Paula Rodrigues Marques, Francisco Buzatto e Daniela Inácio pelo apoio durante todos os momentos que precisei de vocês. Fui privilegiado por trabalhar nesta empresa e ter convivido com vocês por tanto tempo. Não menos importante, dedico ainda aos meus amigos que deixaram de ter minha companhia por um tempo, mas sempre se lembram de mim. Vocês são verdadeiros amigos do coração.

Dedico este trabalho também aos meus sogros, Ari e Silvana, aos meus irmãos Isabel, Vinícius e suas famílias, aos meus pais, José Ferreira e Maria das Dores. Muito mais do que o orgulho de vocês em me ver finalizando um projeto de vida tão importante, sinto eu a mais profunda admiração e gratidão por ter vocês na minha vida. Finalizando, uma dedicatória mais que especial para minha amada esposa Luciana Menezes e meus filhos, Otávio Augusto e Heitor Felipe. Vocês foram incrivelmente compreensivos e apoiadores em toda minha jornada e são exemplos do mais verdadeiro amor em família. Peço desculpas pelas conversas que não tivemos, pelas viagens que não fizemos, pelas risadas que não demos, pelos almoços de domingo que não estive presente e pelos vários momentos que não pude estar em convivência plena com vocês. Obrigado pelos lanches preparados com tanto carinho nas inúmeras noites e fins de semana, pelo respeito e silêncio nos momentos que eu precisava de concentração, pelas orações, pensamentos positivos, e pelo apoio irrestrito a esse meu sonho de concluir o doutorado numa grande instituição de ensino e pesquisa como a USP. Amo muito vocês, muito mais do que sempre imaginei.

Por último, dedico e agradeço a Ele, sempre justo e perfeito. Obrigado Deus por me permitir viver tudo isso hoje e sonhar com o que está por vir! Que assim seja!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo por meio do auxílio ao projeto de pesquisa “Identificação de Tecnologias Promissoras: Uma aplicação para as Tecnologias Verdes” (processo 2012/22686-9), bem como pelo subsídio para participação do Workshop Japão-Brasil “Towards Sustainable Urban Energy Systems: Experiences from Asia and Latin America” (processo 2017/50102-5).

Meu reconhecimento à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudos para realização do doutorado sanduíche PDSE/88881.132723/2016-01. Também à coordenação do PPGA - Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações da FEA-RP/USP pelos auxílios pontuais e essenciais para tradução de artigos e participação em alguns congressos.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas,
eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de
caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

Chico Xavier

RESUMO

DE PAULO, Alex Fabianne. **Cooperação e Rotas Tecnológicas para o desenvolvimento de tecnologias sobre energia solar fotovoltaica: uma análise baseada em patentes.** 2019. 288 f. Tese (Doutorado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

O desafio para amenizar a degradação do meio ambiente, principalmente referente às mudanças climáticas, tem levado a um aumento no interesse em mecanismos que incentivem o desenvolvimento e a adoção de tecnologias verdes. Uma dessas tecnologias refere-se à exploração de energia por meio da radiação solar. Por meio de patentes sobre energia fotovoltaica (PV) classificadas no *IPC Green Inventory* e depositadas entre 1998, esta pesquisa tem como objetivo compreender se as organizações proprietárias das tecnologias PV emergentes as desenvolvem por meio de cooperação tecnológica. A identificação das tecnologias emergentes ocorre por meio da análise de rotas tecnológicas bem como na observação da cooperação tecnológica entre titulares de patentes PV obtidas utilizando a metodologia de análise de redes sociais. Assim, foi possível descrever o perfil dos titulares das patentes PV, identificar as rotas e as tecnologias mais emergentes e promissoras e ainda mapear/caracterizar as redes de cooperação formada pelos titulares dessas patentes. Os resultados permitiram constatar que as organizações detentoras das principais patentes PV priorizam os seus desenvolvimentos exclusivamente nas suas áreas internas de P&D, abrindo mão de vantagens amplamente discutidas na literatura sobre a cooperação tecnológica. Também se concluiu que a indústria PV é predominante fechada, com relações de cooperação prioritárias entre organizações de mesma nacionalidade, organizações japonesas e americanas são as maiores influenciadoras nessas redes de cooperação e a base tecnológica para as tecnologias PV mais emergentes estão concentrados nos escritórios em patentes dos Estados Unidos e Japão. Além disso, a China tem evoluído exponencialmente na produção de patentes PV, mas ainda não se destaca como principal influenciador no desenvolvimento de inovações PV e as rotas tecnológicas também denotam um perfil de desenvolvimento não-colaborativo, com foco em criação interna ou aquisição de pesquisadores independentes. Os resultados também permitiram constatar o papel insignificante do Brasil no desenvolvimento de tecnologias PV. Apesar da crescente evolução nos últimos anos, os esforços têm sido tímidos e focados no fomento à geração de energia PV e não no desenvolvimento deste tipo de tecnologia. Apesar deste contexto, um conjunto de recomendações é dado para alavancar o potencial de desenvolvimento de tecnologias PV pelo Brasil com base em lições de países como China, Estados Unidos e Japão. Estes resultados também podem auxiliar pesquisadores, empresas e/ou universidades na identificação de tecnologias emergentes para a indústria PV. Além disso, pode apoiar nas decisões estratégicas sobre P&D, na priorização de investimentos, na identificação de potenciais parcerias (ou concorrentes) para desenvolvimento tecnológico e colaborar na definição de políticas públicas pautadas no fomento ao desenvolvimento e uso de energia PV.

Palavras-Chave: Cooperação Tecnológica. Rotas tecnológicas. Tecnologias Emergentes. Análise de Redes Sociais. Energia Solar Fotovoltaica.

ABSTRACT

DE PAULO, Alex Fabianne. **Cooperation and Technological Routes for development of photovoltaic solar energy technologies: a patent-based analysis.** 2019. 288 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

The challenge of mitigating the environment degradation, especially issues related to climate change, has led to an increase in interest in mechanisms that encourage development and adoption of green technologies. So, fostering innovation and development of green technologies becomes necessary for environmental and business sustainability. One of them, based on renewable and non-polluting resources, refers to the exploitation of energy through solar radiation called photovoltaic (PV). Through PV energy patents classified in the IPC Green Inventory and applied from 1998 to 2017 in the world's leading patent offices, this research aims to understand if assignees of emerging PV technologies develop them through technological cooperation. The identification of emerging technologies occurs using analysis of technological routes as well as the observation of technological cooperation between PV assignees is designed by analysis of social networks. Thus, it was possible to describe the profile of PV patents assignees, identify the technological routes and most promising and emerging PV technologies, and characterize technological cooperation between PV assignees. The findings pointed out that the organizations that own main PV patents prioritize their development exclusively in their internal R&D areas, leaving aside the widely discussed advantages of technological cooperation. It was also concluded that PV industry is predominantly closed in a collaborative point of view, prioritize relations between organizations of the same nationality, Japanese and American organizations are the major influencers in the cooperation networks of PV assignees and technological base of the most emerging technologies are concentrated in patent offices in the USA and Japan. In addition, China has evolved exponentially in PV patents production but still does not stand out as the main influencer in the development of PV innovations and the technological routes also denote a profile of non-collaborative development, with focus on internal creation or acquisition of independent researchers. The results also allowed us to verify the insignificant role of Brazil in the development of PV technologies. Despite the growing trend in recent years, efforts have been timid and focused on fostering PV power generation and not on the development of this type of technology. Despite this context, a set of recommendations is given to leverage the potential for development of PV technologies by Brazil based on lessons from countries such as China, the United States and Japan. These results may assist researchers, companies and universities to identify emerging technologies in the PV industry. In addition, it can support strategic decisions on R&D, prioritize investments, identify potential partnerships (or competitors) for technological development and collaborate in the definition of public policies based on development and use of PV solar energy.

Keywords: Technological Cooperation. Technological Routes. Emerging Technologies. Social Network Analysis. Photovoltaic Solar Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As duas dimensões e quatro tipos de inovação.....	34
Figura 2 - Tendência de publicações de patentes para os cinco principais escritórios entre 1883 e 2017	40
Figura 3 - Perfil dos depósitos em 2017 nos 10 principais escritórios patentários do mundo .	40
Figura 4 - (a) Produção total de energia primária no mundo por tipo de combustível entre os anos de 1971 a 2016 (escala em Mtoe). (b) Distribuição dos tipos de combustíveis em 1973 e 2016.	44
Figura 5 - Incremento global da capacidade de geração de energia por fontes renováveis por tipo e distribuição dos aumentos de capacidade total.....	45
Figura 6 - Matriz Elétrica Brasileira.....	48
Figura 7 - Distribuição da capacidade instalada global em 2015 e projeção para 2040 por tecnologia (GW).	48
Figura 8 - Maiores produtores de energia PV.....	50
Figura 9 - % de energia PV / total de geração de energia doméstica	51
Figura 10 - Agrupamento dos principais métodos sobre prospecção tecnológica	57
Figura 11 - Expressão utilizada na busca por publicações sobre prospecção tecnológica	63
Figura 12 - Volumetria de publicações e citações sobre prospecção tecnológica.....	63
Figura 13 - Identificação de uma trajetória de desenvolvimento tecnológico com SPLC	68
Figura 14 - Definição da rota principal segundo o algoritmo SPLC.	69
Figura 15 - Etapas de levantamento e análise dos dados das patentes PV.	82
Figura 16 - Esquema para composição das bases de dados de patentes PV.....	84
Figura 17 - Esquema para identificação de redes de cooperação de titulares PV	86
Figura 18 - Identificação de redes com principais rotas tecnológicas PV	87
Figura 19 - Rede com dados patentários sobre energia PV construída com o Gephi.....	91
Figura 20 - Exemplo de redes de ego contém muitos (a) e poucos (b) buracos estruturais.	93
Figura 21 - Distribuição de patentes por subgrupo de tecnologias.....	103
Figura 22 - Evolução das patentes PV por subgrupo tecnológico: (a) valores absolutos; (b) escala logarítmica	104
Figura 23 - Distribuição percentual de patentes PV pelo país de depósito	105
Figura 24 - Evolução da base de patentes PV por país de depósito: (a) valores absolutos; (b) escala logarítmica	106

Figura 25 - Distribuição das tecnologias PV depositadas nos 10 principais países.....	107
Figura 26 - Perfil cooperação por tipo de titular de patentes PV por agrupamento tecnológico	111
Figura 27 - Representatividade dos depósitos pelo tipo de titular, perfil de cooperação e pelo agrupamento tecnológico.	112
Figura 28 - Curva normal do percentual de cooperação dos titulares de patentes PV	114
Figura 29 - Perfil de desenvolvimento de patentes PV para os 20 maiores titulares	115
Figura 30 - (a) Rede geral de cooperação de titulares PV; (b) Rede Componente Gigante ..	122
Figura 31 - Distribuição da DURC para cada faixa de cooperação da FMRC.	128
Figura 32 - Distribuição dos clusters de titulares de patentes PV.....	135
Figura 33 - Principais clusters da rede de cooperação dos titulares PV	136
Figura 34 - Evolução das patentes PV na RC Mitsubishi Electric entre 1998 a 2017.....	138
Figura 35 - Evolução das patentes na RC Mitsubishi Electric por país de depósito.....	138
Figura 36 - Rede de cooperação da Mitsubishi Electric Corp	141
Figura 37 - Evolução das patentes PV na RC Hitachi entre 1998 a 2017.....	143
Figura 38 - Evolução das patentes PV da RC da Hitachi por país de depósito	144
Figura 39 - Rede de cooperação da Hitachi	146
Figura 40 - Evolução das patentes PV na RC Centre Nat Rech Scient entre 1998 a 2017....	148
Figura 41 - Evolução das patentes PV na RC Centre Nat Rech Scient por país de depósito	149
Figura 42 - Rede de cooperação da Centre Nat Rech Scient	150
Figura 43 - Evolução das patentes PV na RC IBM entre 1998 a 2017.....	153
Figura 44 - Evolução das patentes PV na RC da IBM por país de depósito.....	154
Figura 45 - Rede de cooperação da IBM	156
Figura 46 - Evolução das patentes PV na RC Samsung Electronics entre 1998 a 2017.....	158
Figura 47 - Evolução das patentes PV na RC da Samsung Electronics por país de depósito	158
Figura 48 - Rede de cooperação da Samsung Electronics	160
Figura 49 - Evolução das patentes PV na RC Osram Opto Semiconductors entre 1998 a 2017	162
Figura 50 - Evolução das patentes PV na RC Osram Opto Semiconductors por país de depósito	163
Figura 51 - Rede de cooperação do cluster verde claro (principal titular Osram Opto Semiconductors).....	165
Figura 52 - Evolução das patentes PV na RC do State Grid Corp China entre 1998 a 2017	167

Figura 53 - Evolução das patentes PV na RC do State Grid Corp China por país de depósito	168
Figura 54 - Rede de cooperação da State Grid Corp China.....	170
Figura 55 - Rede geral de citação de patentes PV e clusters selecionados.....	180
Figura 56 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica Camadas de polímeros encapsuladas para proteção de células PV	181
Figura 57 - (a) Agrupamento amarelo; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	183
Figura 58 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica azul	185
Figura 59 - (a) Agrupamento azul; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	186
Figura 60 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica azul claro.	189
Figura 61 - (a) Agrupamento azul claro; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	190
Figura 62 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica laranja	192
Figura 63 - (a) Agrupamento laranja; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	192
Figura 64 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica marrom.	195
Figura 65 - (a) Agrupamento marrom; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	196
Figura 66 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica rosa	199
Figura 67 - (a) Agrupamento rosa; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	200
Figura 68 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica verde.	203
Figura 69 - (a) Agrupamento verde; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	204
Figura 70 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica verde claro	206
Figura 71 - (a) Agrupamento verde claro; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	207
Figura 72 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica vermelha.	209
Figura 73 - (a) Agrupamento vermelho; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras.....	211
Figura 74 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica violeta	214

Figura 75 - (a) Agrupamento violeta; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras	215
Figura 76 - Evolução dos depósitos de patentes PV no Brasil.....	226
Figura 77 - Tecnologias PV mais depositadas no Brasil	227
Figura 78 - Relatório geral de estatísticas da rede de cooperação (componente gigante)	285

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipologias de Inovação	34
Quadro 2 - 13º Plano de desenvolvimento de energia solar da China.....	47
Quadro 3 - Top 15 artigos sobre prospecção tecnológica mais relevantes (citados).....	64
Quadro 4 - Top 10 artigos sobre TF mais recentes e relevantes (citados).....	65
Quadro 5 - Análise das forças e fraquezas dos métodos	71
Quadro 6 - Publicações mais citadas sobre cooperação tecnológica até o ano de 1990.....	73
Quadro 7 - Publicações mais citadas sobre cooperação tecnológica entre 1991 e 2000	74
Quadro 8 - Publicações sobre cooperação mais citadas no WoS entre 2001 e 2010	75
Quadro 9 - Publicações mais citadas sobre cooperação tecnológica entre 2011 e 2016	76
Quadro 10 - Produção de energia alternativa: IPC's Energia Solar Fotovoltaica	83
Quadro 11 - Termos e definições importantes.....	92
Quadro 12 - Resumo das políticas pelos principais países	259

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das patentes PV no período de 1998 até 2017	102
Tabela 2 - Análise dos principais mercados de interesse de proteção por país de depósito ..	108
Tabela 3 - Participação nos depósitos ao longo do tempo por tipo de titular	110
Tabela 4 - Produção de patentes PV para os 20 maiores titulares	113
Tabela 5 - Análise dos mercados de interesse de proteção dos 20 maiores titulares PV	117
Tabela 6 - Distribuição das áreas tecnológicas de atuação dos 20 maiores titulares	119
Tabela 7 - Resumo das características dos 20 maiores titulares de patentes PV	120
Tabela 8 - Comparação das medidas da rede geral de cooperação de titulares PV e da rede de titulares PV	122
Tabela 9 - Ranking dos titulares PV com maiores estatísticas na rede de cooperação	124
Tabela 10 - Distribuição das faixas da FMRC e DURC por tipo de titular	127
Tabela 11 - Análise da FMRC e DURC para os 20 titulares com mais patentes PV desenvolvidas em cooperação	130
Tabela 12 - Distribuição por faixas da FMRC (Medida de Salton) para os 20 maiores titulares de patentes PV	132
Tabela 13 - Distribuição por faixas da Medida de Salton para os titulares com melhores estatísticas	133
Tabela 14 - Estatísticas da RC da Mitsubishi Electric	137
Tabela 15 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC da Mitsubishi Electric	139
Tabela 16 - Maiores relações de parceria para a RC da Mitsubishi Electric	140
Tabela 17 - Estatísticas de rede - cluster Hitachi	142
Tabela 18 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares no cluster Hitachi ..	144
Tabela 19 - Maiores relações de parceria para a RC da Hitachi	145
Tabela 20 - Estatísticas de rede de cooperacao do Centre Nat Rech Scient	147
Tabela 21 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC Centre Nat Rech Scient	149
Tabela 22 - Maiores relações de parceria para o cluster CNRS	151
Tabela 23 - Estatísticas de rede de cooperacao da IBM	153
Tabela 24 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC IBM	155
Tabela 25 - Maiores relações de parceria para o cluster IBM	155

Tabela 26 - Estatísticas de rede de cooperacao da Samsung Electronics	157
Tabela 27 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC Samsung Electronics	159
Tabela 28 - Maiores relações de parceria na RC da Samsung Electronics.....	159
Tabela 29 - Estatísticas de rede - cluster Osram Opto Semiconductors	161
Tabela 30 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC da Osram Opto Semiconductors	163
Tabela 31 - Maiores relações de parceria para o cluster Osram Opto Semiconductors	164
Tabela 32 - Estatísticas de rede de cooperação da State Grid Corp China.....	166
Tabela 33 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC State Grid Corp China.....	168
Tabela 34 - Maiores relações de parceria para o cluster State Grid Corp China.....	169
Tabela 35 - Resumo das principais características das Redes de Cooperação PV	174
Tabela 36 - Estatísticas dos 10 principais agrupamentos da rede de citação de patentes PV	180
Tabela 37 - Descrição das patentes que compõem a rota amarela	183
Tabela 38 - Descrição das patentes que compõem a rota azul	187
Tabela 39 - Descrição das patentes que compõem a rota azul claro	191
Tabela 40 - Descrição das patentes que compõem a rota laranja	194
Tabela 41 - Descrição das patentes que compõem a rota marrom	197
Tabela 42 - Descrição das patentes que compõem a rota rosa	201
Tabela 43 - Descrição das patentes que compõem a rota verde	205
Tabela 44 - Descrição das patentes que compõem a rota verde claro	208
Tabela 45 - Descrição das patentes que compõem a rota vermelha	213
Tabela 46 - Descrição das patentes que compõem a rota violeta	216
Tabela 47 - Resumo das principais características das rotas tecnológicas de patentes PV	218
Tabela 48 - Resumo das TMEP.....	222
Tabela 49 - 10 maiores depositantes de patentes PV no Brasil	228
Tabela 50 - Patentes depositadas primeiramente no Brasil e desenvolvidas em cooperação.	229
Tabela 51 - Evolução das patentes fotovoltaicas por país de depósito (ordem alfabética)	261
Tabela 52 - Quantidade de patentes PV por titular e tecnologia	264
Tabela 53 - Estatística de Grau médio ponderado (<i>Average Weighted Degree</i>).....	269
Tabela 54 - Estatística de Centralidade da proximidade (<i>Closeness centrality</i>)	270
Tabela 55 - Estatística de Centralidade de Intermediação (<i>Betweenness centrality</i>)	271
Tabela 56 - Estatística de Pagerank.....	273

Tabela 57 - Estatística de Triangulações.....	275
Tabela 58 - FMRC e DURC dos 20 titulares que mais cooperam e seus principais parceiros	277
Tabela 59 - Estatísticas sobre FMRC e DURC dos 100 titulares que mais cooperam	280
Tabela 60 - Detalhamento das estatísticas de rede por cluster de cooperação.....	286

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ANP	<i>Analytic network process</i>
AR5	<i>Fifth Assessment Report</i>
ARS	Análise de Redes Sociais
ARM	<i>Association rule mining</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CET	<i>Clean Energy Technologies</i>
CIA	<i>Cross impact analysis</i>
COP21	21ª Conferência do Clima
CSP	<i>Concentrated Solar Power</i>
CTF	<i>Central technology forecasting</i>
DSSCs	<i>Dye-sensitized solar cells</i>
ECLA	Sistema Europeu de Classificao de Patentes
EPO	<i>European Patent Office</i>
ES	Energia Solar
EUA	Estados Unidos da América
GKPM	<i>Genetic Knowledge Persistence Measurement</i>
GW	Giga Watts
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INPADOC	<i>International Patent Documentation</i>
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	<i>Intergovernmental Panel Climate Change</i>
IPC	<i>International Patent Classification</i>
IPCGI	<i>IPC Green Inventory</i>
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
KWh	Kilowatt por hora
NEA	<i>National Energy Administration (China)</i>
NRC	<i>National Research Council</i>
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
ONU	Organizao das Naes Unidas
OPV	<i>Organic PhotoVoltaic</i>

P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PCT	<i>Patent Cooperation Treaty</i>
PNA	Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
PV	<i>Photovoltaic</i> (Fotovoltaica)
RT	<i>Rota tecnológica</i>
SE	Solar Energy
SNA	<i>Social Network Analysis</i>
SPLC	<i>Search path link count</i>
SPNP	<i>Search path node pair</i>
UN	<i>United Nations</i>
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
USPC	<i>United States Patent Classification</i>
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i>
TFAMWG	<i>Technology Futures Analysis Methods Working Group</i>
TMEP	<i>Tecnologia mais emergente e promissora</i>
TPP	Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos
TRIZ	Teoria da Resolução de Problemas Inventivos
WIPO	World Intellectual Property Organization

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	27
1.1 Objetivo Geral.....	30
1.2 Objetivos Específicos.....	30
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	33
2.1 Fundamentos sobre Inovação.....	33
2.1.1 O desafio de inovar diante dos problemas ambientais	35
2.1.2 Visão geral sobre patentes e patentes verdes.....	38
2.2 Aspectos Gerais sobre Energias Renováveis	43
2.2.1 Panorama do setor de energias renováveis	44
2.2.2 Análise de estudos sobre energia solar	49
2.3 Rotas Tecnológicas	55
2.3.1 Definições sobre prospecção tecnológica.....	55
2.3.2 Prospecção tecnológica usando ARS, patentes e SPLC	61
2.4 Cooperação Tecnológica.....	72
2.4.1 Contextualização e conceitos.....	72
2.4.2 Análise sobre cooperação usando patentes.....	77
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	81
3.1 Tipo de Pesquisa	81
3.2 Coleta dos dados e construção das redes	81
3.2.1 Estruturação da base de dados de patentes PV	82
3.2.2 Mapeamento e caracterização das redes de cooperação de titulares PV	86
3.2.3 Identificação das rotas tecnológicas e tecnologias PV emergentes	87
3.3 Análise dos dados	88
3.3.1 Análise de redes sociais.....	89
3.3.2 Força mútua e dependência unilateral da relação de cooperação	98
3.4 Definição de Termos e Variáveis.....	99
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	101
4.1 Estatísticas Gerais das Patentes Fotovoltaicas.....	101
4.1.1 Evolução das patentes fotovoltaicas	101
4.1.2 Análise dos principais titulares de patentes.....	109
4.1.3 Áreas tecnológicas de atuação dos principais titulares.....	118
4.2 Redes de Cooperação dos Titulares das Patentes PV	121
4.2.1 Análise geral da rede de cooperação tecnológica.....	121
4.2.2 Caracterização dos clusters de cooperação de titulares PV	135

4.2.3	Discussão dos resultados das Redes de Cooperação.....	170
4.3	Rotas Tecnológicas e Tecnologias Emergentes	179
4.3.1	Análise geral da rede de citações e identificação dos principais clusters	179
4.3.2	Identificação das principais rotas e tecnologias PV emergentes.....	181
4.3.3	Discussão dos resultados sobre as rotas tecnológicas	217
4.4	Brasil no Contexto da Inovação sobre Energia PV	225
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E LIMITAÇÕES DA PESQUISA	231
6.	REFERÊNCIAS.....	241
	Apêndice A - Políticas e Medidas Públicas de Combate à Emissão de CO ₂	259
	Apêndice B - Evolução de patentes fotovoltaicas entre 1998 e 2017	261
	Apêndice C - 100 maiores titulares patentes PV por subgrupo tecnológico.....	264
	Apêndice D - 100 titulares com melhores estatísticas na rede cooperação	269
	Apêndice E - Principais parceiros dos 20 titulares que mais cooperam	277
	Apêndice F - FMRC e DURC dos 100 titulares PV que mais cooperam	280
	Apêndice G - Relatório geral de estatísticas da rede de cooperação (componente gigante) .	285
	Apêndice H - Estatísticas de rede dos principais clusters de cooperação de titulares PV	286
	Anexo A - Classificação IPC Green Inventory	288

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria e dos negócios conquistado nos últimos anos tem trazido problemas graves ao meio ambiente. A emissão de gases de efeito estufa tem levado a uma série de consequências negativas discutidas mundialmente, como o aumento na temperatura média global, maior variação de temperaturas ao longo do tempo, aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos ou, ainda, aumento médio do nível do mar (IPCC, 2014). Além dos danos ao setor produtivo agrícola, as alterações climáticas também prejudicam a saúde pública nos países em desenvolvimento, por exemplo, com o aumento da morbidade e mortalidade por doenças diversas (TOL, 2008). Outra consequência negativa é o aumento do risco de desastres naturais, principalmente em áreas costeiras dos países. Soma-se a estes riscos, que a mudança climática também pode aumentar a probabilidade de deslocamento populacional e de negócios e até mesmo gerar instabilidade política e conflitos internos ou entre países.

Os países que compõem o G20 estão recorrentemente tratando uma série de questões de energia como uma preocupação central, mas quatro delas exigem atenção especial: subsídios para a produção de combustíveis, volatilidade de preços, transparência de mercado e mudança climática. Embora os subsídios aos combustíveis fósseis, a volatilidade dos preços e a transparência dos dados permaneçam prioridades para os líderes governamentais e ministros das finanças, a sustentabilidade, o crescimento verde e, em particular, as mudanças climáticas atraíram a atenção pública tanto na reunião da Cúpula do G20 em São Petersburgo (Rússia) em 2013 quanto em Brisbane (Austrália) em 2014 (OECD, 2012). Ainda em 2013, a Agência Internacional de Energia (IEA, do inglês *International Energy Agency*) produziu um relatório do *World Energy Outlook* denominado “*Redrawing the Energy-Climate Map*” em que apontava quatro medidas a serem tomadas antes de 2020 para manter o mundo no caminho certo para limitar o aumento da temperatura global a longo prazo em até 2°C. Dentre essas medidas estavam a limitação na construção de tipos menos eficientes de usinas de energia de carvão, minimizando as emissões de metano da produção de petróleo, gás e a eliminação dos subsídios de combustíveis (IEA, 2013).

Com o apoio das Nações Unidas, na 21ª Conferência do Clima (COP21) realizada em Paris (França) em dezembro de 2015, governos, as empresas e a sociedade civil, começaram a mobilizar esforços para alcançar uma Agenda de Desenvolvimento Sustentável até 2030. Esta agenda considerada global, inclusiva e indivisível, exigiu uma ação colaborativa de todos os países para melhorar a vida das pessoas em qualquer lugar do planeta. Com isso, foram estabelecidos 17 objetivos universais de desenvolvimento sustentável, dentre os quais um

objetivo específico sobre energia foi definido da seguinte forma: “Energia limpa e acessível” (UN, 2016). Com este objetivo, tem-se a ambição de levar energia para mais de 1/5 da população mundial que não tem acesso à eletricidade, em especial para regiões como África e Ásia. Tão importante quanto o acesso à energia, está a necessidade de acelerar a transição para um sistema de energia acessível, confiável e sustentável, investindo em recursos de energia renovável, priorizando práticas eficientes e adotando tecnologias e infraestrutura de energia limpa.

Sendo assim, os esforços para responder às mudanças climáticas estão mudando a forma como o setor de energia está se desenvolvendo e a crescente ambição do Acordo de Paris sobre mudanças climáticas está acelerando essa mudança. O Acordo de Paris representa um marco, em que a transição para caminhos de desenvolvimento de baixa emissão de carbono e sistemas de energia com baixa emissão de carbono são vistos como prioridade imediata. Embora a velocidade da transição permaneça incerta, a eventual necessidade de reduções profundas nas emissões é clara. O aumento da ambição climática no Acordo de Paris foi possível, em parte, através de melhorias nas tecnologias de produção de energias limpas e a queda dos seus custos. Isso foi mais dramático para as tecnológicas eólicas, para o qual os custos caíram em cerca de 30% em média, e para novas instalações de energia solar fotovoltaica (PV), cujos custos diminuíram em dois terços entre 2010 e 2015 (IEA, 2016a).

Em relatório recente, a Reuters (2016) aponta três métodos dominantes para gerar eletricidade que serão mais susceptíveis de emergir do domínio da energia "alternativa" e se tornarão muito mais convencionais nas próximas três décadas: *Hydro-Wave*, Fusão nuclear e energia solar fotovoltaica (do inglês *Photovoltaic* - PV). Dentre estas tecnologias, a energia solar fotovoltaica foi a que mais cresceu entre 2010 e 2015 (160%) e teve a maior atividade global com 17.569 invenções únicas registradas até o final de 2015. Apesar de também estar baseada na radiação solar, inovações voltadas para energia solar térmica cresceram numa proporção bem menor no mesmo período analisado, mas compõem um importante grupo de tecnologias sustentáveis baseadas na luz solar. O mesmo relatório ainda ressalta que os métodos de geração de eletricidade baseados em carvão, gás natural e outros combustíveis fósseis ainda permanecerão na matriz energética, mas diminuirá significativamente nos próximos 30 anos.

Mesmo antes de todas as discussões acerca dos problemas climáticos gerados pelo uso de combustíveis fósseis, carvão e pelo uso de fontes não renováveis de energia, vários pesquisadores já apontavam os benefícios no uso de energia solar fotovoltaica tais como: redução de poluição ambiental, fonte renovável e limpa de energia, escalabilidade, entre outros motivadores (KALOGIROU, 2004).

Neste contexto e dado a importância das tecnologias sobre energia solar, quais seriam as tecnologias PV mais emergentes? Por tecnologia emergente entende-se aquela invenção mais recente e que tem importância no seu segmento. Este tipo de descoberta pode ocorrer por meio de diversos meios de prospecção, sendo que um deles em especial - análise de rotas tecnológicas, traz alguns benefícios tais como: simplifica uma rede de citações complexa para um pequeno número de nós interconectados e identifica os trabalhos em uma importante conjuntura do desenvolvimento histórico sem necessariamente serem os trabalhos que possuem alta contagem de citações (LIU; LU, 2012). Além disso, um estudo baseado em rota tecnológica (RT) tem o diferencial de ser mais qualitativo, o que possibilita uma vertente de análise adicional além dos resultados quantitativos. A identificação das rotas tecnológicas na área de energia solar PV permitirá analisar os principais titulares dessas invenções, qual a relação entre eles e quais as inovações despontam como tendência do setor.

E como essas tecnologias emergentes sobre energia solar PV são desenvolvidas? Há cooperação para seu desenvolvimento ou as organizações focam exclusivamente nas suas áreas de P&D internas? As empresas industriais estão, de fato, voltando-se com mais frequência para colaboração com departamentos de universidades e centros de pesquisa públicos e privados, e há um aumento notável nos acordos de cooperação tecnológica e no intercâmbio de know-how entre as empresas (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). O advento da Inovação Aberta (IA) reforça ainda mais a importância da cooperação como um fator que impulsiona a inovação e o desenvolvimento tecnológico. Neste modelo de gestão de inovação, os processos de troca de conhecimento ou tecnologia são fortemente sustentados por estratégias colaborativas, sejam por parcerias formais ou não (CHESBROUGH, 2006). Um exemplo do impacto positivo da cooperação é relatado no setor de manufaturas no Reino Unido por Tomlinson (2010) que sugere que além da relação de parceria, a força de tais laços de cooperação afeta significativamente os níveis de performance inovadora das empresas. Já sob a ótica de empresas de alta tecnologia, estas colocam maior valor em parceiros de cooperação no seu processo de desenvolvimento tecnológico e são caracterizadas como empresas com altos níveis de capacidade de absorção de conhecimento e investimento em inovação, que dão muita importância ao gerenciamento de *spillovers* e cooperam com empresas do mesmo grupo ou com fornecedores (DE FARIA; LIMA; SANTOS, 2010). Dessa forma, a cooperação tecnológica tende a ser um mecanismo para apontar os principais agentes e influenciadores para este tipo de tecnologia, assim como pode auxiliar a acelerar o desenvolvimento das tecnologias sobre energia solar PV (ABULRUB; LEE, 2012).

O tema sustentabilidade é usado como um direcionador para este estudo, sendo que tal pesquisa se posiciona na área de gestão estratégica da inovação. Portanto, a lacuna teórica que norteia este trabalho encontra-se carência de estudos que permitam uma compreensão global das tendências sobre energia solar PV, avaliar aspectos de cooperação tecnológica entre titulares de patentes PV e buscar entender se a cooperação tecnológica tem influenciado positivamente para o desenvolvimento das tecnologias emergentes sobre energia solar PV. Assim, considerando a importância da inovação no processo de desenvolvimento tecnológico e da cooperação como fator chave desse processo, bem como a relevância no entendimento das principais rotas de desenvolvimento de tecnologias sobre energia solar PV, este trabalho procura responder à seguinte questão: **Como se caracterizam os titulares de patentes PV que realizaram cooperação tecnológica e qual a configuração as rotas tecnológicas e suas tecnologias emergentes sobre energia solar PV?**

1.1 OBJETIVO GERAL

Tendo como base o problema acima exposto, esta pesquisa tem como objetivo geral caracterizar os titulares de patentes PV que realizaram cooperação tecnológica e mapear as rotas tecnológicas e suas respectivas tecnologias emergentes sobre energia solar PV.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para a condução da pesquisa e como forma de atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- i. Descrever estatísticas gerais sobre as patentes e titulares de cada agrupamento tecnológico sobre energia solar fotovoltaica;
- ii. Mapear e caracterizar as redes de cooperação tecnológica formadas pelos titulares das patentes de energia solar fotovoltaica;
- iii. Identificar as principais rotas tecnológicas e tecnologias emergentes para cada agrupamento de patentes sobre energia solar fotovoltaica;
- iv. Investigar se as principais rotas tecnológicas foram resultado de cooperação tecnológica ou esforços internos das áreas de P&D das organizações;
- v. Analisar a participação do Brasil no contexto de desenvolvimento de tecnologias sobre energia solar fotovoltaica.

O desenvolvimento desta pesquisa está estruturado em seis seções da seguinte forma: a primeira é esta introdução que busca contextualizar o tema proposto, identificar a lacuna teórica e, assim, apresentar o problema de pesquisa e os objetivos, geral e específicos. A segunda seção traz uma revisão da bibliografia sobre os temas inovação e patentes verdes, energia solar PV, cooperação e sobre a temática de rotas tecnológicas. A terceira seção descreve toda a metodologia utilizada nesta pesquisa, onde são definidos a tipologia da pesquisa, coleta e construção da base de dados sobre tecnologias PV, apresentado a técnica de análise de redes sociais, suas principais funções e a definição dos principais termos e variáveis da pesquisa. A subseção de composição da base de dados presente aqui é relevante pois apresenta a delimitação do domínio tecnológico estudado com base no IPC-GI. Na quarta seção são apresentados os resultados que endereçam as respostas aos objetivos específicos propostos nesta tese. Aqui são analisados e discutidas as estatísticas descritivas sobre as tecnologias PV e os principais desenvolvedores, mapeados e caracterizados os principais clusters de cooperação, identificadas as principais rotas tecnológicas sobre desenvolvimento de energias PV bem com apontado as tecnologias mais emergentes e promissoras. Ainda nesta seção, é feita uma avaliação sobre o papel do Brasil no desenvolvimento das tecnologias solar PV. Na quinta seção são feitas as considerações finais sobre a pesquisa bem como apresentado as limitações da mesma.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Como esta tese avalia cooperação e rotas tecnológicas sobre energia solar PV, é fundamental que estas sejam inovações tecnológicas traduzidas em patentes. Dessa forma, a primeira seção deste referencial teórico aborda conceitos sobre inovação, patentes e traz um panorama geral sobre energias renováveis e solar PV. A segunda seção apresenta as referências bibliográficas sobre rotas tecnológicas utilizadas para previsão tecnológica e identificação de tecnologias emergentes. Por último, seção 3 traz aspectos conceituais sobre cooperação tecnológica que analisaram cooperação por meio de patentes.

2.1 Fundamentos sobre Inovação

A concepção de inovação é abrangente, pois está associada a tudo que diferencia e cria valor para um negócio. Para Schumpeter (1984), a inovação significa “novas combinações”, fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico. Uma outra conceituação sobre inovação é feita pelo Manual de Oslo (2005, p. 54) em que define: “Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos (TPP) compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos”.

A inovação é fator crítico de sucesso, mas nem toda inovação é capaz de criar valor. Para tanto, é necessário que ela se estabeleça como uma vantagem competitiva percebida pelo mercado (FAGERBERG, 2004). Segundo Hales (1998) e Tidd, Bessant e Pavitt (2008), as inovações podem ser caracterizadas de quatro maneiras diferentes: inovação de produtos e serviços, inovação de processos, inovação de posição e inovação de paradigma (Quadro 1).

Basicamente, a inovação de produtos é baseada na introdução de produtos ou serviços com o uso de novos conhecimentos e tecnologias, ou mesmo conhecimentos e tecnologias já existentes. A inovação de processo remete a introdução de um processo novo ou com melhorias significativas e que tem o objetivo de reduzir custos, prazos de entrega ou melhoria na qualidade. A inovação de posição (ou inovação de marketing) se propõe a introduzir novos métodos de marketing, envolvendo mudanças significativas no design, embalagem, distribuição, promoção ou preço do produto (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). Já a inovação de paradigma, também conhecida como inovação organizacional, introduz novos modelos de negócio ou organizacionais cujos objetivos são melhorar o desempenho organizacional, reduzir custo ou ampliar a satisfação dos clientes. As inovações de produtos ou processos em geral são tangíveis e seus resultados de fácil mensuração. Ao contrário, a inovação de paradigma deve

apenas ser considerada uma inovação se houver mudanças mensuráveis nos resultados tais como maior eficiência operacional ou de vendas (MANUAL DE OSLO, 2005).

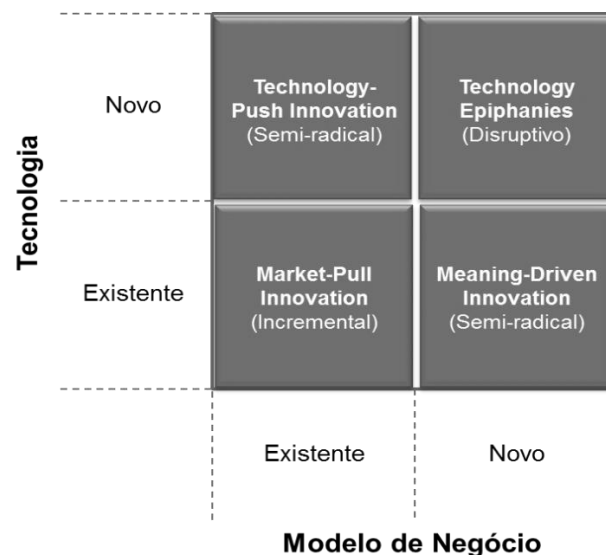
Quadro 1 - Tipologias de Inovação

Tipo de Inovação	Características
Inovação de produto ou serviço	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança nas coisas (produtos / serviços) que uma empresa oferece. • Aptidões e competências orientadas para o desenho e desenvolvimento de produtos.
Inovação de processo	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança na forma em que os produtos/serviços são criados e entregues. • Esforços direcionados para adoção de métodos de produção ou distribuição novos ou significativamente melhorados.
Inovação de posição	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças no contexto em que os produtos/serviços são introduzidos. • Competências e aptidões envolvidas no desenho e operacionalização da informação e na coordenação dos processos
Inovação de paradigma	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças nos modelos mentais subjacentes que orientam o que a empresa faz. • Competências e aptidões focadas na gestão estratégica e transformação competitiva do negócio.

Fonte: Adaptado de Hales (1998, p. 8) e Tidd, Bessant e Pavitt (2008, p. 30).

Dependendo dos seus resultados, as inovações podem ainda ser classificadas como sendo incrementais ou radicais. As inovações incrementais podem ser compreendidas como uma adaptação, refinamento ou melhoria contínua de algo pré-existente. Já as inovações radicais ou disruptivas tem um resultado descontínuo e com impacto altamente positivo, materializado em produtos ou processos completamente novos e com alta aceitação pelo mercado (FREEMAN; PEREZ, 2000). Norman e Verganti (2014) propõem outra forma de classificar a inovação em duas dimensões, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - As duas dimensões e quatro tipos de inovação



Fonte: Adaptado de Norman e Verganti (2014, p. 89).

A Figura 1 relaciona duas dimensões da inovação (tecnologia e modelo de negócio) e possibilita classificar as inovações em quatro tipos: *Market-Pull*, *Technology-Push*, *Meaning-Driven* e *Technology Epiphanies* (VERGANTI, 2008). A inovação *Market-Pull* se baseia em tecnologias e modelos de negócios existentes, sendo assim apenas uma forma de inovação incremental e baseada em necessidades simples de mercado. A inovação *Technology-Push* tem um caráter semi-radical, pois apesar de ser aplicada a um modelo de negócio já existente insere uma inovação tecnologia até então não desenvolvida. A inovação *Meaning-Driven*, também categorizada como semi-radical, começa a partir da compreensão de aspectos socioculturais e resulta em novos modelos de negócio, com novos significados e valores. Já a inovação classificada como *Technology Epiphany* traz uma mudança disruptiva (radical) e completamente nova tanto sob a ótica do modelo de negócio quanto pela tecnologia desenvolvida.

2.1.1 O desafio de inovar diante dos problemas ambientais

Em seus estudos, Curzons et al. (2001) cita que muitas entidades ao longo dos últimos anos vêm discutindo como mudar a maneira em que os seres humanos vivem e se comportam com o objetivo de reduzir os impactos sobre o meio ambiente, promover o desenvolvimento econômico e melhorar o bem-estar social. Segundo Hall e Helmers (2010), o desafio mundial para amenizar as mudanças climáticas tem levado a um aumento do interesse nos mecanismos que incentivem o desenvolvimento e a adoção de tecnologias verdes. Em particular, o recente e rápido crescimento econômico de grandes economias tem tido atenção política focada no papel da transferência tecnológica e na facilitação do uso de tecnologias limpas. Para Kemp et al. (2000), as inovações têm uma enorme variedade de inter-relações entre as empresas e seu ambiente, entendendo por este ambiente todo ecossistema que envolve a organização como consumidores, fornecedores, funcionários, demais *stakeholders* e, até mesmo, aspectos culturais e organizacionais que possam interferir nos negócios da empresa. Isso dá uma noção clara da complexidade, diversidade e abrangência desse ecossistema.

Sob a ótica da inovação ambiental, Arundel e Kemp (2009) ressaltam pontos dos quais as organizações podem se beneficiar ao inovar na direção da sustentabilidade. Esses benefícios podem ser diretos, tais como obtenção de vantagens operacionais, redução de custos, melhor produtividade no uso dos recursos, além de maiores vendas decorrentes da demanda por produtos concebidos de forma sustentável. Também podem ser obtidos benefícios indiretos, como melhor imagem, melhor relacionamento com fornecedores, consumidores e autoridades,

maior articulação com detentores do conhecimento, melhoria na saúde e segurança, além de maior satisfação dos trabalhadores com o ambiente de trabalho.

Sob esse amplo mote do desenvolvimento sustentável, diferentes abordagens sobre estilo de vida e comportamento estão sendo discutidas e, em alguns casos, implementadas. O tema desenvolvimento sustentável, originalmente definido no Relatório Brundtland em 1987, foram seriamente consideradas e debatidas em arenas nacionais, locais de políticas governamentais, salas de reuniões corporativas e nas universidades. Porém, estas discussões se contrastaram com a evolução natural das sociedades industriais modernas que buscam incessantemente a expansão dos negócios e avanços do processo produtivo.

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2011) publicou um estudo acerca dos problemas ambientais no qual sugere mudanças radicais nos atuais modelos produtivos e orienta para uma busca imediata por tecnologias que permitem um melhor aproveitamento dos recursos naturais sem prejudicar o meio ambiente. Outro importante órgão de prestígio internacional, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OECD, 2011a), alerta sobre os desafios no redirecionamento dos esforços em prol de novas políticas que fomentem a adoção de tecnologias e modelos de negócios ambientalmente sustentáveis.

O Quinto Relatório de Avaliação (*Fifth Assessment Report - AR5*) publicado pelo *Intergovernmental Panel Climate Change* (IPCC, 2014) considera novas evidências da mudança climática baseadas em análises científicas independentes a partir de observações do sistema climático, arquivos paleoclimáticos, estudos teóricos de processos sobre clima e simulações utilizando os modelos climáticos. O aquecimento do clima é inequívoco, e desde os anos 1950, muitas das mudanças observadas são sem precedentes ao longo de décadas a milênios. A atmosfera e o oceano têm aquecido, as quantidades de neve e gelo têm diminuído, o nível do mar subiu, e as concentrações de gases de efeito estufa aumentaram.

O uso descontrolado dos recursos ambientais gera consequências danosas ao próprio meio ambiente tais como poluição e aquecimento global. Stavins (2008) chama isso de uma atividade que produz uma exterioridade negativa, ou seja, uma consequência não intencional de decisões de mercado que afetam os indivíduos que não seja o tomador de decisão. As incertezas associadas à efetividade das tecnologias sustentáveis complicam o desenho de políticas adequadas para mitigar o impacto da degradação ambiental e da mudança climática (HEAL; KRISTRÖM, 2002). Projetando tudo numa escala global, representa um problema particularmente de difícil solução.

Há vários países em franco desenvolvimento econômico e que o limitado investimento em pesquisas sobre tecnologias limpas que minimizem os impactos do aquecimento global e

no uso de recursos naturais pode trazer consequências futuras bastante drásticas para todo planeta. A mitigação da mudança climática global exigirá o desenvolvimento e a difusão de um grande número e variedade de novas tecnologias verdes. Para Porto e Kannebley (2012), devido aos recursos limitados para investimentos em tecnologias verdes, tanto no Brasil quanto em outros países, é natural questionar quais são as tecnologias mais emergentes na mitigação da mudança climática.

Neste contexto, o fomento à inovação e desenvolvimento de tecnologias verdes torna-se importante e necessário para sustentabilidade ambiental e dos próprios negócios das empresas. A OECD (2011b) aponta três caminhos para a inovação verde: incremental, disruptiva e radical. A inovação incremental está baseada no aumento da eficiência de tecnologias já existentes e constitui a maior parte delas. A inovação disruptiva modifica a forma de produção bem como os produtos. A inovação radical rompe completamente os modelos econômicos e sociais por meio de uma mudança em larga escala, criando mercados e trazendo maior eficiência na geração de insumos, produtos e resíduos.

Corroborando, Cannady (2009) afirma que para fomentar o desenvolvimento à inovação tecnológica verde é necessário o apoio à investigação e inovação sobre mudança climática nos países em desenvolvimento por meio do desenvolvimento de cientistas nestes países. Avaliando a perspectiva de inovação tecnológica verde, o ritmo lento de progresso nas negociações internacionais sobre o clima é contrastado pelas mudanças dinâmicas que ocorrem com a competição entre os países para a liderança em tecnologia verde. China, Alemanha, Japão e Estados Unidos apresentam interesse em serem líderes de tecnologias verdes, embora os Estados Unidos possam ficar para trás devido à falta de um forte apoio do governo federal para a ação climática (SCHREURS, 2012).

Segundo o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 2014), a história da energia limpa em países líderes como Dinamarca, Espanha ou Alemanha é bem conhecida: grandes investimentos, subsídios e uma matriz energética que é muito mais verde do que a de outras nações desenvolvidas como os EUA ou Japão. O crescimento econômico, em geral, está associado ao crescimento da demanda por energia elétrica. Desde o início de 2015, as condições econômicas de países como Brasil, China e África do Sul pioraram quando comparado com anos anteriores, o que pode afetar o crescimento de iniciativas e investimentos em energia limpa. Isso porque as energias renováveis surgem como nova capacidade e o enfraquecimento econômico pode significar um crescimento mais lento da energia limpa (CLIMATESCOPE, 2015).

Este trabalho terá como base a seleção e análise de patentes verdes sobre energia solar PV. O uso de patentes é primordial neste estudo devido ao valor implícito dos dados contidos nos registros patentários. Por meio deles é possível avaliar inúmeras questões inerentes ao processo de inovação bem como de todo ecossistema que envolve uma inovação por tecnologias verdes. A utilização de dados contidos nos registros de patentes permitirá análises sobre os modelos de inovação adotados no desenvolvimento de tecnologias verdes para energia solar PV. A seguir será dada uma melhor conceituação sobre patentes verdes objeto deste estudo.

2.1.2 Visão geral sobre patentes e patentes verdes

Segundo o Manual de Oslo (2005, p. 27):

“Uma patente é um direito de propriedade sobre uma invenção, concedido por departamentos nacionais de patentes. Uma patente dá a seu detentor um monopólio (de duração limitada) sobre a exploração da invenção patenteada como contrapartida da divulgação (com o que se pretende permitir uma utilização social mais ampla da descoberta)”.

No Brasil, o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) é o órgão responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade ao conhecimento gerado em suas diversas modalidades. Entre os serviços do INPI, estão os registros de marcas, desenhos industriais, indicações geográficas, programas de computador e topografias de circuitos, as concessões de patentes e as averbações de contratos de franquia e das distintas modalidades de transferência de tecnologia. Na economia do conhecimento, estes direitos se transformam em diferenciais competitivos, estimulando o surgimento constante de novas identidades e soluções técnicas.

Especificamente para patentes do Brasil, o INPI (2014) publica no guia básico que a patente é um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos inventores ou autores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação. Em contrapartida, o inventor se obriga a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente. Os tipos de patentes, seus requisitos e prazo de concessão são:

- *Patente de Invenção (PI)*: Produtos ou processos que atendam aos requisitos de atividade inventiva, novidade e aplicação industrial. Sua validade é de 20 anos a partir da data do depósito;
- *Modelo de Utilidade (MU)*: Objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato

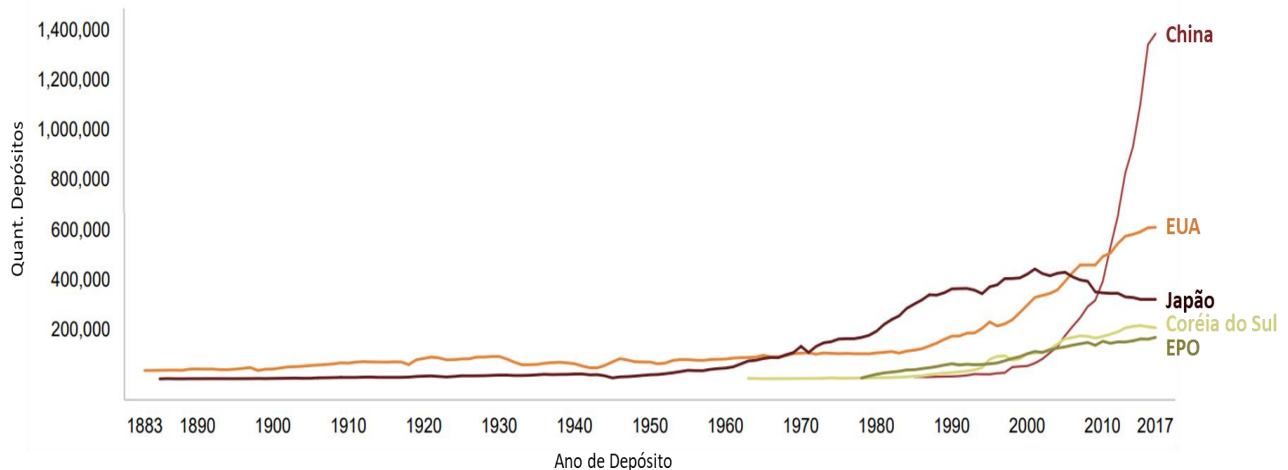
inventivo, que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação. Sua validade é de 15 anos a partir da data do depósito. Não se pode patentear um processo como Modelo de Utilidade, somente como Patente de Invenção;

- *Certificado de Adição de Invenção (C)*: Aperfeiçoamento ou desenvolvimento introduzido no objeto da invenção, mesmo que destituído de atividade inventiva, porém ainda dentro do mesmo conceito inventivo. O certificado será acessório à patente e com mesma data final de vigência desta.

Nos Estados Unidos, toda gestão dos direitos à propriedade intelectual está sob responsabilidade do *United States Patent and Trademark Office* (USPTO). Por se tratar de um dos mercados mais desenvolvidos do mundo e que investem em inovação tecnológica, até 2015 o USPTO foi o escritório de patentes que mais recebeu pedidos de depósitos de patentes no mundo, seguido pelos escritórios japonês e europeu (*European Patent Office*, EPO), conforme mostrado por Scarpelli e Kannebley Júnior (2013). Além disso, em mercado mais desenvolvidos se percebe mais facilmente o valor muito superior de ativos intangíveis como patentes e marcas quando comparado com ativos tangíveis. Para muitos inventores, o licenciamento de patentes passa a ser uma fonte de renda, estejam eles em universidades, empresas ou centros de pesquisa.

No entanto a partir de 2011, a China tem assumido o posto de maior país de depósitos de patentes no mundo (Figura 2). De 1883 a 1963, o escritório de patentes dos EUA foi líder para registros mundiais. Os números de depósitos no Japão e nos EUA permaneceram estáveis até o início dos anos 1970, quando o Japão começou a ver um crescimento rápido - um padrão também observado para os EUA a partir da década de 1980. Entre os cinco principais escritórios, o Japão superou os EUA em 1968 e manteve a liderança até 2005. Desde o início da década de 2000, no entanto, o número de pedidos registrados no Japão seguiu uma tendência de queda. Tanto o EPO quanto a República da Coreia têm aumentado a cada ano desde o início dos anos 80, assim como a China desde 1995. A China superou o EPO e a República da Coreia em 2005, o Japão em 2010 e os EUA em 2011 - e agora recebe o maior número de depósitos em todo o mundo. Além disso, houve uma tendência ascendente gradual na participação combinada dos cinco principais escritórios do total mundial - de 75,2% em 2007 para 84,5% em 2017 (WIPO, 2018).

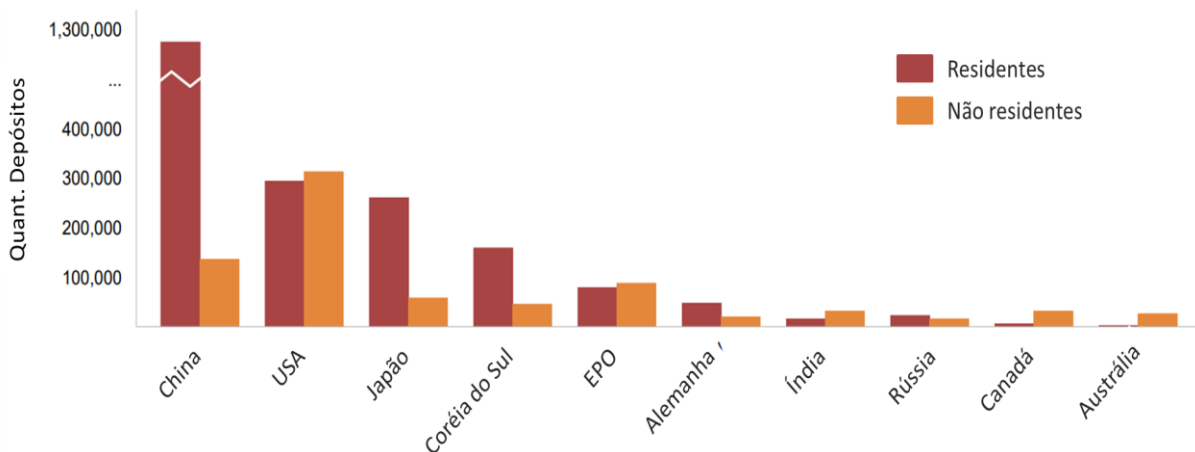
Figura 2 - Tendência de publicações de patentes para os cinco principais escritórios entre 1883 e 2017



Fonte: Adaptado de WIPO (2018, p. 26).

A Figura 3 mostra os pedidos de patentes recebidos pelos 10 principais escritórios, discriminados por registros de residentes e não-residentes. Os escritórios da China, do Japão e da Coreia do Sul receberam a maior parte de suas solicitações de candidatos residentes. Em contraste, a Austrália, o Canadá, a Índia, o EPO e os EUA relataram uma alta parcela de registros não residentes.

Figura 3 - Perfil dos depósitos em 2017 nos 10 principais escritórios patentários do mundo



Fonte: Adaptado de WIPO (2018, p. 25).

Dada a importância deste tipo de registro, cada vez mais as estatísticas sobre patentes são usadas como indicadores dos resultados das atividades de invenção. O número das patentes concedido a uma determinada empresa ou país pode refletir seu dinamismo tecnológico. O exame das tecnologias patenteadas pode dar também algumas indicações sobre a direção das mudanças tecnológicas ao se observar as principais tecnologias em desenvolvimento e suas

tendências. Um contraponto é que os problemas do uso de patentes como indicadores são bem conhecidos: algumas inovações não correspondem a invenções patenteadas; muitas patentes correspondem a invenções de valor tecnológico e econômico quase nulo; embora muitas delas tenham valor bastante expressivo, muitas outras jamais resultam em inovação (MANUAL DE OSLO, 2005). Apesar disso, tem crescido o número de estudos que utilizam informações de patentes como base de pesquisa, pois é um tipo de registro bastante abrangente em que os documentos patentários oferecem uma descrição detalhada da invenção e constituem uma rica fonte de informações. O uso de patentes como fonte de informações permite a utilização de dados como: classificação por área; dados dos inventores, titulação da patente, resumo e reivindicações da patente, data do depósito, dentre outras informações (YOON; PARK, 2004).

Um outro ponto a se destacar diz respeito à abrangência dos mercados de proteção. Como as patentes eram depositadas individualmente em cada país conforme o interesse do titular na proteção, posteriormente foi concebido um mecanismo denominado PCT (*Patent Cooperation Treaty*) para viabilizar que uma mesma patente fosse depositada simultaneamente em diferentes países. Como esta prática tornou-se muito frequente, foi criado o Centro Internacional de Documentação Patentária sob gestão da EPO e que atualmente gerencia patentes de mais de 40 autoridades patentárias no mundo. Seu objetivo é receber e organizar as famílias de patentes e alimentar a base de dados *International Patent Documentation* (INPADOC) no qual é atribuído às patentes uma numeração única, independente do escritório ao qual foi submetida. Dessa forma, apesar de terem numeração específicas atribuídas para cada escritório patentário utilizado, uma mesma patente depositada em vários escritórios é agrupada em famílias por se referirem a uma mesma invenção, compartilhando assim o mesmo número INPADOC, e com isso pode-se ter uma maior eficiência na busca por uma determinada tecnologia.

Para aprofundar no entendimento do que são tecnologias limpas e que poderão gerar patentes verdes é importante relatar um breve histórico sobre o tema. Práticas ambientais de uma sociedade em geral, dependem de sua riqueza e nível de tecnologia; e patentes são um dos mecanismos legais envolvidos no aumento da riqueza e desenvolvimento de tecnologia (NITTA, 2005). Tecnologias verdes estão sendo reconhecidas como meio fundamental para promover o desenvolvimento sustentável, bem como para a criação de novas oportunidades de negócios. O conceito de tecnologia verde ganhou espaço nos estudos acadêmicos com a tentativa de entender melhor as principais dinâmicas subjacentes à sua natureza e orientar os decisores políticos e empresas a apoiar o seu desenvolvimento teórico e aplicado (ALBINO et al., 2014).

Em 2006, diante das crescentes discussões sobre o uso descontrolado de recursos naturais, seus impactos ambientais e as consequências para o planeta, o EPO iniciou análises sobre a ligação entre patentes e energia limpa e no mesmo ano a questão foi considerada como tendo potencial para reformular radicalmente a arquitetura de propriedade intelectual global. Na sequência da publicação dos cenários para o futuro, o tema foi retomado no Fórum Europeu de Patentes de 2008. O evento foi a primeira conferência internacional sobre tecnologias climáticas e patentes, e tentou responder à questão de como o fomento às patentes e os direitos de propriedade intelectual podem apoiar o processo de inovação tecnológica, beneficiar o meio ambiente e neutralizar as mudanças climáticas (EPO, 2010).

O Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP), o Instituto Europeu de Patentes (EPO) e do Centro Internacional para o Comércio e Desenvolvimento Sustentável (ICTSD) uniram forças para realizar um estudo empírico sobre o papel das patentes na transferência de tecnologias de energia limpa (*Clean Energy Technologies* - CETs). O projeto consistia em três partes principais: um estudo para mapeamento dos CETs chave, uma visão geral de patentes com base nos CETs identificados e um estudo sobre as práticas de licenciamento. Para os fins deste estudo, CETs são tecnologias de geração de energia que têm o potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Com isso, vários países começaram a instituir programas voltados para tecnologias sustentáveis, dentre eles o escritório americano de patentes (*USPTO - United States Patent and Trademark Office*) que rapidamente percebeu a relevância e eficácia deste tipo de programa. Um dos principais benefícios destes programas está em acelerar os processos de avaliação de patentes relacionadas a tecnologias voltadas para o meio ambiente e que contribuam para minimizar os impactos no clima global e no uso dos recursos da natureza. Nos Estados Unidos, o programa leva o nome de “*Green Technology Pilot Program*” e está em vigência desde 2009. O mais importante é que pedidos de patentes verdes podem ser conseguidos em até 12 meses.

No Brasil, o programa “Patentes Verdes” tem como objetivo contribuir para mitigar as mudanças climáticas globais e visa acelerar o exame dos pedidos de patentes relacionados a tecnologias voltadas para o meio ambiente. Com esta iniciativa, o INPI (2014) também possibilita a identificação de novas tecnologias verdes que possam ser rapidamente usadas pela sociedade, estimulando o seu licenciamento e incentivando a inovação no país. Dentre as tecnologias verdes contempladas no Programa de Patentes Verdes podemos citar: Energia Alternativa, Transporte, Conservação de Energia, Gerenciamento de Resíduos e Agricultura, podendo ser submetidos com Patente Verde pedidos de Patentes de Invenção e de Modelo de Utilidade que não sofreram exame técnico ou com, no máximo, 15 reivindicações no total. Este

programa brasileiro teve início em abril de 2012 e, no final de 2016, o INPI passou a oferecer o exame prioritário de pedidos relacionados a tecnologias verdes como serviço. Futuramente, pretende-se ampliar os pedidos também oriundos de PCT.

As patentes verdes podem ser classificadas com base no Sistema Europeu de Classificação de Patentes (ECLA) (EPO, 2010) ou no *IPC Green Inventory* (WIPO, 2016). O ECLA foi reformulado a fim de melhor classificar as tecnologias verdes e essa nova classificação conta com as chamadas “*Patents in Clean-Energy Technologies*” que é uma classificação elaborada pelo Escritório de Patentes da Comunidade Europeia (EPO), constituindo um subsetor específico de tecnologias de mitigação da mudança climática. O CPC Y02 trata-se de uma classe de patentes da ECLA que envolve subclasses específicas relacionadas às tecnologias de energia limpa. Já o *IPC Green Inventory* é outro sistema de classificação de patentes desenvolvido especificamente para facilitar as pesquisas aos dados sobre patentes relativas às chamadas Tecnologias Ambientalmente Corretas (*Environmentally Sound Technologies*), conforme listado pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). É um sistema utilizado pela WIPO (*World Intellectual Property Organization*) e possui uma hierarquia de classificações tecnológicas, sendo objeto deste estudo as classes e subclasses de Produção Alternativa de Energia, mais especificamente sobre energia solar PV (WIPO, 2015).

Este trabalho adotou a classificação do WIPO devido o IPC Green Inventory ter sido validado pela ONU, o que dá um maior prestígio para este tipo de classificação. Além disso, o fato de que a busca por patentes verdes no ECLA, poderia excluir patentes de tecnologias verdes depositadas em escritórios que adotam a classificação da WIPO, como é o caso dos escritórios americano e o japonês, conforme afirma Porto e Kannebley Jr (2012).

Em resumo, as patentes verdes são inovações voltadas para a produção alternativa e conservação de energia, transporte, controle e desperdício energético, agricultura e geração de energia com o objetivo de criar tecnologias que mitiguem o uso descontrolado dos recursos naturais e os danos causados ao meio ambiente. Nas próximas duas seções, será aprofundado um pouco no setor de energias renováveis, em especial para o setor de energia solar PV.

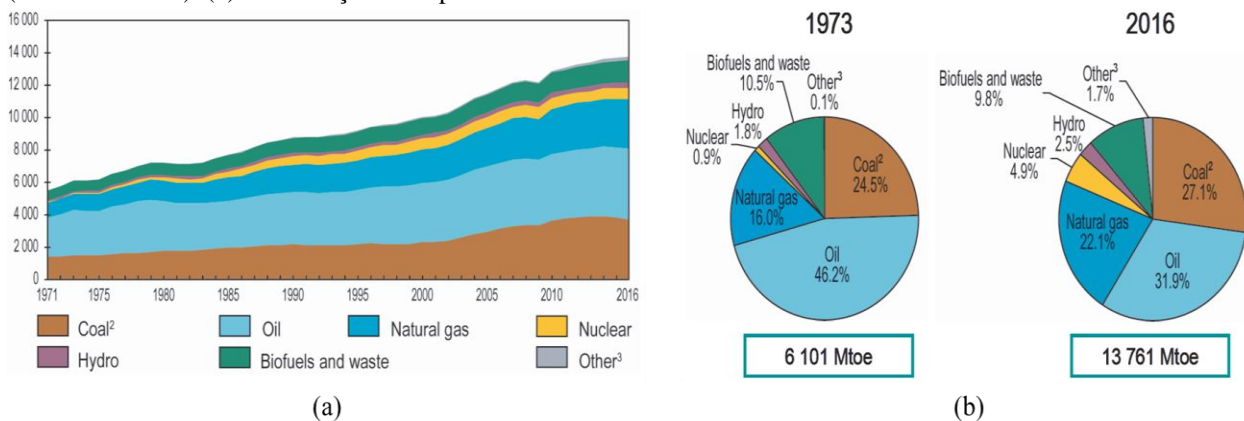
2.2 Aspectos Gerais sobre Energias Renováveis

Nesta seção são apresentados informações sobre o setor de energias renováveis, com ênfase maior em energia solar PV, bem como investiga alguns estudos correlacionados a este tema.

2.2.1 Panorama do setor de energias renováveis

Os esforços para responder às mudanças climáticas estão mudando a forma como o setor de energia está se desenvolvendo e a ambição pactuada no Acordo de Paris sobre mudanças climáticas, na COP21 realizada em dezembro de 2015, colabora para essa mudança. O Acordo de Paris representou um marco, em que a transição para caminhos de desenvolvimento de tecnologias de baixa emissão de carbono é amplamente vista como uma necessidade atual e imediata (IEA, 2018a). Uma visão evolutiva da produção de energia primária no mundo é mostrada na Figura 4-a.

Figura 4 - (a) Produção total de energia primária no mundo por tipo de combustível entre os anos de 1971 a 2016 (escala em Mtoe). (b) Distribuição dos tipos de combustíveis em 1973 e 2016.



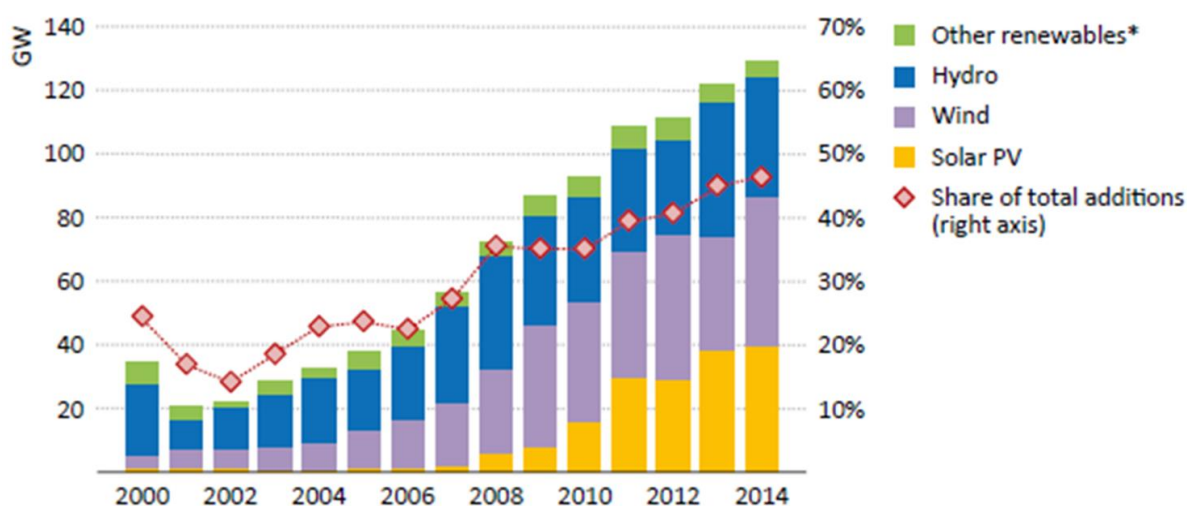
Fonte: Adaptado de IEA (2018a).

Historicamente, o mundo sempre teve dependência de fontes energéticas como carvão, petróleo e gás. Com o passar dos anos, o desenvolvimento econômico dos países e o aumento da população mundial, demandou uma maior produção de energia. Observa-se que a distribuição das fontes de combustíveis sofreu pouca alteração quando comparado os anos de 1973 e 2016 (Figura 4-b), sendo que em 1973, 86,7% da produção energética originou do gás natural, carvão e petróleo ao passo que em 2016, 81,1% são destas mesmas fontes. Nos gráficos (a) e (b) da Figura 4, fontes renováveis como geotérmica, solar e eólica estão em “Other”, com uma representatividade bastante pequena na matriz energética. O problema é que neste mesmo período a produção mundial mais que dobrou, gerando assim consequências que tem sido amplamente discutida referente às questões climáticas, poluição e fontes não renováveis.

Em contrapartida, as tecnologias de geração de energia oriundas de fontes renováveis estão se tornando cada vez mais competitivas em termos de custos em vários países, mas ainda são necessários esquemas de fomento público para apoiar a implantação em outros países.

Segundo a IEA (2016a), a capacidade de geração de energia baseada em fontes renováveis foi estimada em 128 GW em 2014, dos quais 37% são energia eólica, quase um terço da energia solar e mais de um quarto da hidrelétrica (Figura 5). Isso totalizou mais de 45% das adições mundiais de capacidade de geração de energia em 2014. O crescimento da capacidade eólica continuou a ser liderado por instalações terrestres.

Figura 5 - Incremento global da capacidade de geração de energia por fontes renováveis por tipo e distribuição dos aumentos de capacidade total.



* Includes geothermal, marine, bioenergy and concentrating solar power.

Fonte: IEA (2016a).

A China continua a ser o maior mercado de energia eólica, com 20 GW de nova capacidade. A Alemanha instalou mais de 5 GW de capacidade desse tipo de energia, enquanto as adições de capacidade dos EUA recuperaram os níveis muito baixos de 2013 para quase 5 GW em 2014. A energia solar fotovoltaica (PV) expandiu-se fortemente na Ásia, particularmente na China e no Japão, sendo a expansão japonesa suportada por tarifas generosas (IEA, 2016a). A redução dos preços do petróleo provou ser um desafio para outras formas de energia renovável, incluindo os biocombustíveis nos transportes e o calor renovável, já que este compete diretamente com o aquecimento do gás natural cujo preço ainda está, em muitos casos, ligado ao preço do petróleo. Enquanto os biocombustíveis enfrentam desafios decorrentes de menores preços do petróleo, alguns outros desenvolvimentos ajudaram a melhorar suas perspectivas: para combater as atuais perspectivas de biocombustíveis no Brasil, o governo aumentou a taxa de mistura de etanol de 25% para 27% e para o biodiesel de 5% para 7%, e aumento dos impostos sobre a gasolina, enquanto a Argentina e a Indonésia elevaram seus encargos de biocombustíveis (IEA, 2016b).

Obviamente que os desafios e a velocidade da transição para um modelo mundial de matriz energética mais diversificada e composta por fontes renováveis e não poluentes são ainda lentos, mas a direção e a necessidade de reduções profundas nas emissões de gases são inquestionáveis (IEA, 2016c). A ambição de redução climática no Acordo de Paris foi possível, em parte, através de melhorias nas tecnologias energéticas com baixas emissões de carbono, nomeadamente a queda dos custos das energias renováveis. Isso foi maior para energia eólica, para o qual os custos caíram em cerca de 30% em média, e para novas instalações de energia solar fotovoltaica (PV), cujos custos diminuíram em dois terços, entre 2010 e 2015 (IEA, 2016a).

Reverter a predominância de fontes não sustentáveis na matriz energética global, exige que os acordos entre os países ocorram de forma rápida e ação política efetiva. O apoio político e científico às tecnologias com baixas emissões de carbono deve mobilizar todas as alavancas disponíveis para acelerar a pesquisa, desenvolvimento, demonstração e implantação de tecnologias verdes (IEA, 2016b). No Apêndice A pode ser visto um resumo das políticas e medidas adotadas por alguns dos principais países que compõem o G20 e que assumiram algum compromisso de redução dos índices de emissão de resíduos.

No geral, os países têm metas e planos para atingimento das mesmas e aqui são destacados os planos de ação de alguns países relevantes para este estudo (IEA, 2016c). A União Europeia, como um bloco de países, estabeleceu desde 2012 uma portaria para a redução de emissões de CO₂ com estabelecimento de ações mais detalhadas para cada país. Os Estados Unidos que estabeleceram um plano de ação climática com algumas ações como regulamentação de poluição de carbono para usinas elétricas, normativa para eficiência de combustível dos veículos pesados e redução de 40 a 45% nas emissões de metano da produção de petróleo e gás entre 2012 até 2025. Vale ressaltar que em 2015, o governo americano redefiniu uma iniciativa denominada “Renew300” cujo objetivo é atingir 300 megawatts (MW) de energia renovável por meio de subsídios federais para telhados com potencial de geração de energia. Devido à natureza da iniciativa, a geração fotovoltaica (PV) foi definida como fonte primária dessa iniciativa, mas outros meios de geração de energia como solar térmica, eólica, geotérmica, biomassa e outros também pode ser incluído (OECD; IEA; IRENA, 2017a).

Já a China, uma das economias que mais cresceu nos últimos anos, definiu um plano estratégico a ser executado entre 2014 e 2020 limitando a 4,8 bilhões de toneladas consumo de carvão por ano, energia não fóssil representará 20% do consumo primário até 2030 e estabeleceu uma meta de atingir 100 GW de capacidade de energia PV e 200 GW de capacidade eólica. Recentemente, em dezembro de 2016, o departamento de administração de energia

chinês (NEA, *National Energy Administration*) estabeleceu novas metas para o desenvolvimento de energia solar no país (Quadro 2) principalmente para incremento em setores como agricultura, construção e indústria da pesca.

Quadro 2 - 13º Plano de desenvolvimento de energia solar da China

Tecnologia de Energia Solar	Meta para 2020	Meta de redução de custos
Fotovoltaico (PV)	No mínimo 105 GW	50% de redução até 2020 em comparação com os custos de 2015
CSP	5 GW	Redução das tarifas para SCP para RMB 0,8 yuan / kWh.
Solar Thermal	800 milhões de metros quadrados de instalações	

Fonte: Adaptado de OECD, IEA e IRENA (2017b).

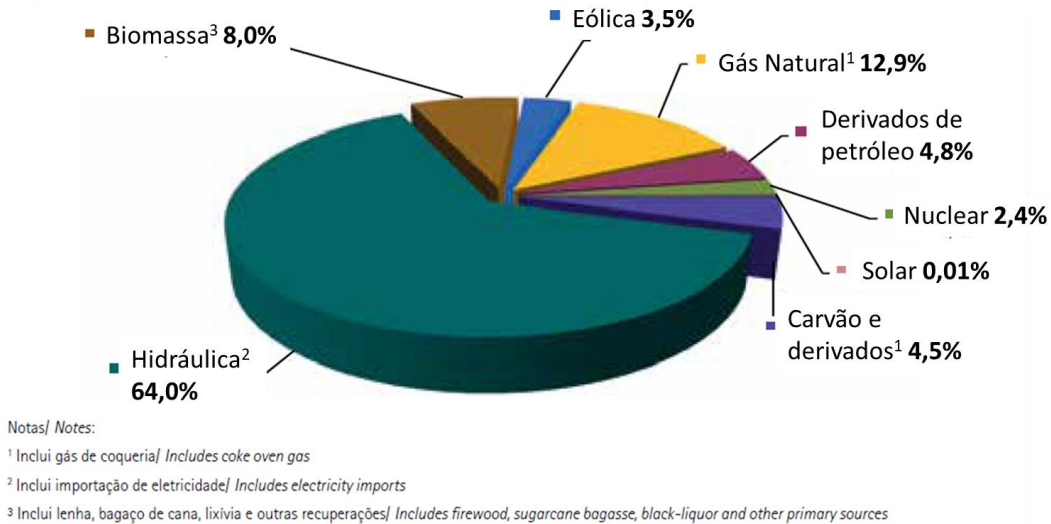
A China tem um papel fundamental no desenvolvimento da indústria fotovoltaica, não só como consumidora, mas principalmente como fornecedora. As empresas chinesas entraram na fabricação de módulos fotovoltaicos através da aquisição de tecnologia, e gradualmente conseguiram construir suas capacidades competitivas e tecnológicas utilizando uma estratégia de integração vertical, bem como redes locais de aprendizagem interativa. Os principais fatores de desenvolvimento e difusão da tecnologia PV no sistema de inovação global foram a política de formação de mercado global, uma mobilização global de talentos, capacidade de fabricação ideal e integração vertical de cadeias de valor na China (ZHANG; GALLAGER, 2016).

Já o Brasil, estabeleceu as seguintes metas para geração de energia renováveis entre 2010 e 2019: hidrelétrica de 83.1 GW para 116.7 GW (↑40,4%); pequenas hidrelétricas de 4 GW para 7GW (↑75%); biomassa de 5.4 GW para 8.5 GW (↑57,4%) e eólica de 1,4 GW para 6 GW (↑428,5%) (OECD; IEA; IRENA, 2017c). Atualmente, o Brasil tem uma matriz energética concentrada nas fontes em hidrelétricas, 2/3 da produção nacional, sendo que as fontes de combustíveis fósseis complementam a maior parte geração energética no país (Figura 6).

Apesar de estar em uma situação privilegiada de emissão de poluentes, com uma matriz predominantemente limpa, o Brasil se arrisca ao depender em tamanha escala dos recursos hídricos para geração de energia (MME; EPE, 2016). Ao contrário dos países anteriormente citados, o Brasil tem uma posição geográfica privilegiada e com grande potencial de exploração de radiação solar (INPE, 2006), mas tem caminhado devagar na disseminação de fontes de energias alternativas, tais como a solar fotovoltaica ou a eólica (PBMC, 2016). Além disso, há ainda algumas barreiras financeiras que desmotivam uma maior adoção da energia solar como uma percepção de altos custos e uma preocupação com o tempo até o investimento ser

amortizado. Essas preocupações colocam em discussão uma maior participação do governo por meio de incentivos fiscais, financiamento e subsídios de tal maneira a potencializar a exploração no uso de energia solar PV no Brasil (PAO; FU, 2013; ECHEGARAY, 2014), além de ser uma importante decisão para minimizar a dependência do país da geração baseada em hidrelétricas (DE JONG et al., 2013).

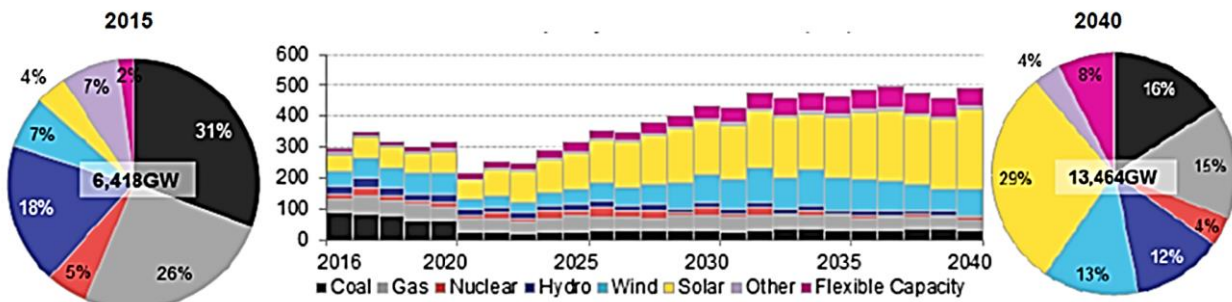
Figura 6 - Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: MME; EPE (2016).

Com base nos desafios de cada país para cumprir as metas de redução de emissão de poluentes, as projeções da capacidade global de geração energia se tornam bastante promissoras para as fontes renováveis (Figura 7). Observa-se que a representatividade da geração de energia solar cresce de 4% em 2015 para 29% em 2040. Numa proporção inversa, a capacidade de carvão e gás que representava 57% em 2015, passa para 31% em 2040.

Figura 7 - Distribuição da capacidade instalada global em 2015 e projeção para 2040 por tecnologia (GW).



Fonte: BLOOMBERG (2016).

Segundo relatório da Bloomberg (2016), a perspectiva de negócio para o setor de energia são as seguintes:

- Um excesso de oferta projetado para as commodities (carvão e gás) reduz o custo de geração de energia ao queimar carvão ou gás, mas não impacta o avanço no desenvolvimento das energias renováveis.
- Os custos da energia eólica e solar diminuem. Essas duas tecnologias tornaram-se as formas mais baratas de produzir eletricidade em muitos países durante a década de 2020 e na maior parte do mundo na década de 2030. A expectativa é que os custos da energia eólica produzida em solo caiam 41% e da energia solar, 60% até 2040.
- A Ásia-Pacífico lidera investimentos, representando 50% dos novos investimentos em energias renováveis em todo o mundo. Apesar do crescimento mais lento no curto prazo, a China continua a ser o centro de atividade mais importante.
- Os carros elétricos aumentam a demanda global de eletricidade em 8% e representarão 35% das novas vendas de veículos em 2040, cerca de 90 vezes em 2015.
- O aumento dos carros elétricos reduz o custo das baterias de íon de lítio, aumentando o armazenamento de energia e trabalhando com outras capacidades flexíveis para ajudar a equilibrar as energias renováveis.
- Para atingir a ambição de redução de 2°C na temperatura da terra, no topo do investimento previsto de US \$ 9,2 bilhões em energia zero-carbono, é necessário US \$ 5,3 bilhões adicionais para 2040 para evitar que as emissões do setor de energia aumentem acima do limite denominado "seguro" pelo IPCC.

2.2.2 Análise de estudos sobre energia solar

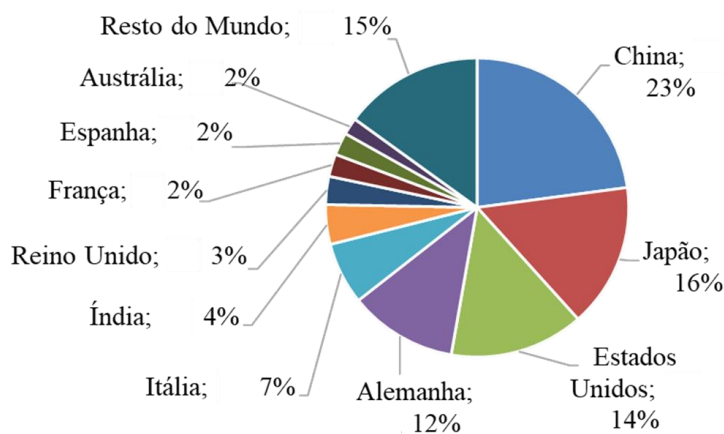
Uma das tecnologias verdes de maior potencial para geração de energia refere-se ao aproveitamento da radiação solar, uma vez que é um tipo de recurso renovável e não poluente. As técnicas de energia solar incluem o uso de energia solar concentrada (CSP - *Concentrated Solar Power*) e da fotovoltaica (PV) para aproveitar a energia. CSP normalmente canaliza a radiação solar para a água ou outros meios para prover energia enquanto PV fornece eletricidade, dependendo do efeito fotoelétrico (DONG et al, 2012).

O desenvolvimento de técnicas de energia solar a partir de 1860 (KALOGIROU, 2004), sob a forma de CSP, foi impulsionado pela previsão de que a energia tradicional logo se tornaria escassa. Segundo Dong et al. (2012), no início do século XX o desenvolvimento da técnica solar estagnou em face do aumento da disponibilidade de energia tradicional oriunda de usinas

termelétricas, hidrelétricas e do petróleo. Centrais CSP comerciais desenvolveram-se consideravelmente na década de 1970 quando houve o embargo do petróleo e se iniciou uma crise energética.

De acordo com a IEA (2014), entre 1999 e 2013 a produção bruta de eletricidade com base em tecnologias para captação de energia solar cresceu 106 vezes, saindo de 1,05 TWh em 1999 para 112,15 TWh em 2013. Dados recentes publicados pela IEA (2018a) já mostram uma produção mundial de energia PV na ordem de 328 TWh, sendo que 85,3% da produção mundial está sob controle dos 10 países (Figura 8), com destaque para China (23%), Japão (16%), Estados Unidos (14%) e Alemanha (12%).

Figura 8 - Maiores produtores de energia PV

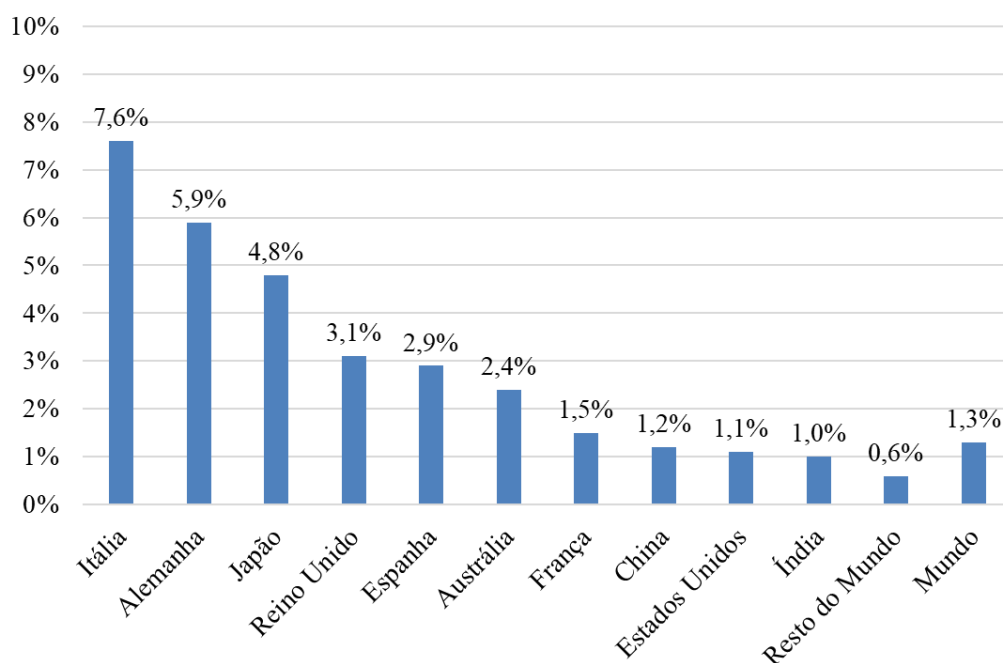


Fonte: IEA (2018a).

Em contrapartida, uma análise da energia PV gerada pelo total de energia doméstica produzida aponta uma visão diferente (Figura 9). Nota-se que países europeus e Japão concentram o maior percentual de uso deste tipo de energia para uso doméstico com uma proporção bem acima do resto do mundo (0,6%) e da média mundial (1,3%). Isso aponta mercados maduros e com políticas públicas mais consolidadas para o uso de energia renováveis como solar PV, servindo assim de exemplo para países que ainda estão em processo evolutivo na adoção deste tipo de fonte energética.

Um fato apontado no relatório das 100 empresas globais mais inovadoras (REUTERS, 2015) diz respeito às empresas do setor *Oil & Gas* que se destacaram como as que mais ganharam posições no ranking de inovação. Este aumento é influenciado pelo redirecionamento da pesquisa baseada no petróleo para novas áreas de desenvolvimento tecnológico relacionadas com energia alternativa e eficiência energética (IEA, 2018b).

Figura 9 - % de energia PV / total de geração de energia doméstica



Fonte: IEA (2018a).

As tendências energéticas globais apontam para um crescimento na demanda mundial de energia primárias de 37% entre 2012 e 2040 devido aos ganhos de eficiência energética e mudanças estruturais na economia global (IEA, 2014). Além disso, quase todo o crescimento na demanda de energia virá de países não membros da OECD, tendo países asiáticos, como China e Índia, principais demandantes. As perspectivas do setor de energia buscam fontes de maior eficiência e sustentáveis por meio do estabelecimento de políticas de redução de CO₂ para limitar o aumento da temperatura global de 3,6% para 2%. Depois da eólica, a energia solar PV aponta para o segundo maior aumento da capacidade instalada entre energias renováveis. Dessa forma, a geração de energia por fontes limpas está crescendo e cada vez mais competitivas, mas os subsídios continuam a ser necessários para facilitar a sua implementação e reduzir seus custos (IEA, 2014).

Em outro estudo, Garg e Sharma (1991) analisaram a produção dos artigos de 1970-1984, com base nos termos “*solar cells*”, “*solar energy*”, “*solar power plants*” e “*solar radiation measurement*” e constataram o crescimento dos estudos após a crise de energia. Mais recentemente, por meio de um estudo bibliométrico, Dong et al. (2012) analisaram a situação e as tendências de pesquisa de energia solar entre os anos de 1991 e 2010, a fim de ajudar os pesquisadores a compreender o panorama da pesquisa em energia solar global e prever a direção dinâmica da investigação. Este estudo, aponta os EUA como o país que mais produz e o que mais colabora internacionalmente em pesquisas acadêmicas sobre energia solar, ao passo que

China e Coréia tem apresentado um crescimento acelerado neste tipo de investigação tecnológica entre 2006 e 2010. As tecnologias mais relevantes foram “*Thin Film*”, “*Photovoltaic*”, “*Dye-sensitized solar cell*”, “*organic solar cell*” e “*organic semiconductor*”. No entanto, nenhum destes trabalhos abordou aspectos como a cooperação entre organizações, ou traçou os caminhos do desenvolvimento das tecnologias sobre energia solar PV, o que serve como motivador para a realização da presente pesquisa.

Segundo a *Internacional Energy Agency* (IEA, 2014), o desenvolvimento de tecnologias de energia solar pode trazer enormes benefícios a longo prazo. Impulsionado pelos avanços na tecnologia, energia solar térmica (STE - *Solar Thermal Energy*) e PV são competitivas em relação à geração de eletricidade movida a óleo em alguns países. Os cenários de energias altamente renováveis mostraram que a geração de energia por meio de tecnologias fotovoltaica e eletricidade térmica solar, PV e STE juntas, poderão fornecer até 25% da eletricidade global em 2050 (IEA, 2014). Para aproveitar essa perspectiva futura de geração de riqueza por meio do desenvolvimento de energia limpa, as empresas precisam investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D).

Se por um lado há uma crescente demanda mundial por energia, uma preocupação com a dependência atual de fontes de energia não renováveis e uma necessidade de mitigar os impactos climáticos causado pelo uso de energia fóssil e gás, por outro, os desafios para desenvolvimento de tecnologias para aproveitamento da energia solar são também grandes tais como: custo de produção, escala, maior eficiência (durabilidade e conservação de energia) das células solares e políticas econômicas por meio de incentivos/subsídios (ŞEN, 2004; TIMILSINA, KURDGELASHVILI, NARBEL, 2012). Devabhaktuni et al. (2013) corroboram com isso ao relatar que os desafios enfrentados pelo sistema de energia solar são o custo, processo de fabricação e resíduos de produtos. Além disso, estes autores reforçam que para ampliar o uso de energia (grande escala), a tecnologia precisa ser rentável em comparação com combustíveis fósseis e outros sistemas de geração de energia como a nuclear.

Já Lewis (2016) aponta que são consideráveis as oportunidades para a redução de custos das tecnologias de conversão de energia solar. P&D são necessários para produzir um ecossistema de inovação que possa assegurar a redução de custos em PVs e tecnologia térmica solar concentrada. Além disso, abordagens disruptivas para tecnologias de armazenamento são necessárias para compensar a intermitência da luz solar e permitir o desenvolvimento de um sistema de energia limpa completa. E por fim, tecnologia de combustíveis solar tem abundantes oportunidades para a descoberta de novos materiais e sistemas que permitam implementação a custos mais atrativos para a produção direta de combustíveis a partir de luz solar.

Dentre as principais tendências em energia solar identificadas nesta revisão, Guo, Huang e Porter (2010) apontam *nanotechnology-enhanced thin-film solar cells* como soluções emergentes em energia solar PV, tendo Índia e China como líderes no desenvolvimento destas tecnologias. Luan, Hou e Wang (2012) mapearam a evolução tecnológica onde destacam como tecnologias emergentes “*Solar energy power generation & Solar photovoltaic cells*”, “*Solar Water Heater & Layered Products*” e “*Solar Power Heating & Refrigeration*”, mas este trabalho se limita a uma análise macro das tendências e nem cita aspectos referentes aos atores envolvidos (titulares e inventores). Dincer (2011) e Devabhaktuni et al. (2013) apontam de forma macro que as tecnologias fotovoltaicas como as mais relevantes fontes de exploração de energia solar, sem entrar em detalhes sobre o tipo de tecnologia fotovoltaica mais importante. Como uma típica tecnologia emergente, *dye-sensitized solar cells* (DSSCs) têm atraído muita atenção devido à sua facilidade de produção e baixo custo quando comparado ao silício da energia fotovoltaica de silício (ILEPERUMA, 2013). Uma análise de citações baseada em rede sobre células fotovoltaicas orgânicas desenvolvida por Choe et al. (2013) aponta Estados Unidos, Japão e Alemanha como importantes centros de citação; Boeing, Konarka Technologies, Eastman Kodak e Sharp como as mais relevantes instituições na rede; e de acordo com USPC¹, as inovações mais emergentes são “*Batteries: thermoelectric and photoelectric*”, “*Active solid-state devices*” e “*Stock material or miscellaneous articles*” (classes 136, 257 e 428, respectivamente). Este trabalho, no entanto, se limitou a patentes sobre células fotovoltaicas orgânicas e a depósitos de patentes realizados nos escritórios da Coreia do Sul, EUA, Europa, China e Japão. Em uma análise sobre rotas tecnológicas a partir de patentes verdes, Porto, Kannebley Junior e Baroni (2014) afirmam haver indícios de que muitas das patentes estão associadas a otimização energética, sendo que tendências tecnológicas sobre energia são voltadas para “sistemas de controle de energia elétrica” com predominância de empresas japonesas como Toshiba, Mitsubishi e Honda no desenvolvimento deste tipo de inovação. Lewis (2016), Polman et al. (2016) e Flowers et al. (2016) destacam que as tecnologias mais emergentes são aquelas focadas em materiais que possam reduzir custos, ampliar os ciclos de vida dos equipamentos e aumentar a capacidade de armazenamento de sistemas baseados em PVs e CST.

Em um estudo baseado em invenções patenteadas entre os anos de 2010 a 2015, Reuters (2016) aponta que dentre as principais inovações para geração energia, as patentes sobre energia solar fotovoltaica cresceram 160% e sobre solar térmica, 10% no período analisado.

¹ USPC: United States Patent Classification
(<http://www.uspto.gov/web/patents/classification/selectnumwithtitle.htm>)

Especificamente para fotovoltaica, as organizações que lideram as invenções são: Sharp, Mitsubishi, Kyocera, Fujifilm, LG, Samsung, Konica Minolta e Chinese Academy of Science. Não menos importante, as inovações mais recentes estão focadas em tecnologias sobre materiais inorgânicos, orgânicos e silício, ambas tecnologias para células solares. Apesar de referenciar tecnologias PV bem como seus principais desenvolvedores, este estudo não explora qual a relação entre as organizações envolvidas. Além disso, utiliza uma classificação baseada apenas na contagem de patentes por tecnologia para destacar quais as tecnologias emergentes e principais organizações envolvidas, o que carece de uma maior profundidade de análise.

Por último, as tecnologias sobre células fotovoltaicas se dividem em três gerações (SAMPAIO et al., 2018). A primeira delas concentra as invenções PV que utilizam o silício em forma mono ou policristalino. Esta geração já se encontra em situação de vasta comercialização dado a maturidade e as melhorias nos custos de produção obtidos para este tipo de tecnologia solar PV (MILES; HYNES; FORBES, 2005; TYAGI et al., 2013;). Já a segunda geração de tecnologias PV inclui células finas divididas em três categorias: nanofios de silício (PENG; LEE, 2011; SONG; LEE; SUN, 2012), silício amorfo (EL CHAAR et al, 2011; HOSENUZZAMAN et al., 2015; JORDAN et al., 2017), telureto de cádmio e seleneto de cobre índio, índio e disseleneto de gálio (LASNIER, 2017). No entanto, tal geração de materiais para células PV têm apresentado limitações de eficiência, altos custos e até mesmo riscos ambientais devido à toxicidade dos componentes utilizados. A terceira geração é baseada em tecnologias sobre células PV orgânicas também conhecidas como OPV - *Organic Photovoltaic* (FORREST, 2005; EMMOTT et al., 2015; LIU; CHEN; TAN, 2015), células solares sensibilizadas por corante (do inglês, DSSC - *Dye Sensitized Solar Cell*) (SUGATHAN; JOHN; SUDHAKAR, 2015; PARK, 2015; GONG et al., 2017) e composto III-V (MILES; HYNES; FORBES, 2005; DIMROTH et al., 2015; PHILIPPS; DIMROTH; BETT, 2018). Enquanto esta última tecnologia tem melhores coeficientes de absorção óptica e resistência à irradiação mas alto custo de produção, as células baseadas em OPV e DSSC utilizam material de menor custo, tem propriedades com o flexibilidade e transparência mas limitações de durabilidade, eficiência e algumas dificuldades inerentes ao seu processo produtivo. Dessa forma, as tecnologias desta terceira geração ainda estão não são utilizadas em escala comercial, pois estão em estágio de maturação e melhorias inerentes ao processo de desenvolvimento tecnológico.

Dado este embasamento sobre o setor de energia renováveis e um pouco mais de aprofundamento sobre energia solar PV, a próxima seção apresenta uma revisão sobre identificação de tecnologias emergentes por meio de rotas tecnológicas.

2.3 ROTAS TECNOLÓGICAS

As subseções a seguir apresentam uma revisão da literatura no que tange a identificação de rotas tecnológicas assim como o uso da metodologia de análise de rede social como técnica de visualização das relações entre patentes e análise das trajetórias. Por meio disso, será possível definir o perfil de evolução das tecnologias emergentes e os principais agentes inovadores ligados a estas tecnologias.

2.3.1 Definições sobre prospecção tecnológica

A tecnologia tem sido a força dominante que impulsiona mudanças nas vidas das pessoas e das organizações. Neste sentido, pesquisadores, gestores de organizações públicas e privadas perceberam a necessidade de prever a evolução tecnológica e seu impacto sobre suas atividades. Previsões econômicas, perspectivas de mercado e prospecções financeiras têm se tornado ferramentas muito poderosas de gestão (QUINN, 1967). Corroborando neste sentido, Isenson (1967) afirma que o apelo da previsão tecnológica para a gestão tem como base minimizar o risco no planejamento, ao apontar para o tomador de decisão, potenciais eventualidades que possam constituir uma ameaça importante para a organização.

O conceito de prospecção tecnológica (prospecção tecnológica, do inglês, “*Technological Forecasting*”) há muito é discutido e estudado nas universidades. A possibilidade de prever os avanços tecnológicos, seus campos de influência, as organizações precursoras nas pesquisas, são típicas questões que potencializam a busca incessante por métodos e técnicas que permitem fazer de forma acurada esse tipo de exercício preditivo. Em meados do século XX, Shon (1967) escreveu que a “previsão tecnológica” refere-se a tentativa de antever uma mudança tecnológica, seja ela na previsão da invenção, na inovação ou na difusão de algumas tecnologias.

A prospecção tecnológica aplica-se a todas as tentativas intencionais e sistemáticas para antecipar e compreender o potencial de direção, taxa, características e efeitos das mudanças tecnológicas, especialmente invenção, inovação, adoção e uso (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008). As principais nomenclaturas vinculadas à semântica sugerida por prospecção tecnológica são: “*technological forecasting*”, “*technological foresight*”, “*technologies trends*”, “*technological trajectory*”, “*technology future*”, “*technological roadmapping*”, “*emerging technologies*”, “*innovation forecasting*” e “*innovation foresight*” (WATTS; PORTER, 1997; COATES et al., 2001; MARTINO, 2003; TFAMWG, 2004; FIRAT; WOON; MADNICK, 2008).

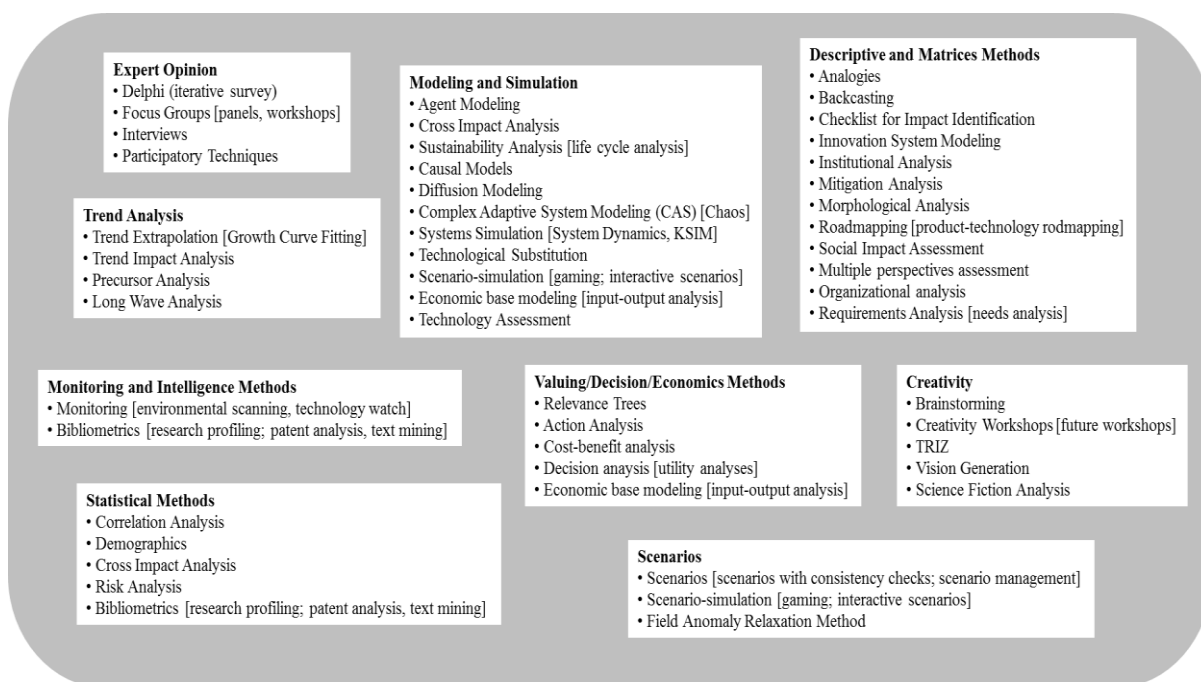
As análises de tecnologias emergentes, segundo Firat; Woon e Madnick (2008) trazem implicações para as organizações envolvidas com desenvolvimento tecnológico em relação a:

- i) Priorização dos investimentos em P&D;
- ii) Planejamento do desenvolvimento de novos produtos;
- iii) Analisar os passos dos concorrentes;
- iv) Tomar decisões estratégicas sobre licenciamento de tecnologias;
- v) Avaliar potenciais acordos de *joint ventures*, *spin-off* ou parcerias, etc.

Prospecção tecnológica é desenvolvida utilizando métodos concebidos para extrair informações e produzir conclusões a partir de conjuntos de dados, os quais variam conforme disponibilidade dos dados e dos especialistas envolvidos, do contexto em que os dados serão usados e da expectativa de uso das análises geradas (NRC, 2010, p. 34). Segundo Linstone (2009), os métodos preditivos irão se diferenciar segundo suas características implícitas, podendo ser classificados como *Hard* (quantitativo, empírica, numérico) ou *Soft* (qualitativa: com base em julgamento, refletindo o conhecimento tácito). E ainda, Normativa (caso o início do processo com uma necessidade futura já percebida) ou Exploratória (começando o processo com a extrapolação de capacidades tecnológicas atuais).

Os inúmeros métodos sobre prospecção tecnológica se agrupam da seguinte forma: Opinião de Especialistas, Análise de Tendências, Métodos de Monitoramento e Inteligência, Modelagem e Simulação, Abordagem por Cenários, Técnicas Estatísticas, Criatividade, Métodos Descritivos e Matrizes e Métodos Econômicos, de Decisão e Valoração (Figura 10) (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008).

Figura 10 - Agrupamento dos principais métodos sobre prospecção tecnológica



Fonte: Adaptado pelo autor (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008, p. 5-6)

Segundo Firat, Woon e Madnick (2008), alguns métodos compilam informações; outros procuram compreender as interações entre os eventos, tendências e ações. Alguns são definitivos, enquanto outros lidam com a incerteza (análise probabilística) e tendem a se diferenciarem quanto à abordagem e as habilidades necessárias para uso. Os agrupamentos não são isolados, podendo alguns métodos se encaixarem em mais de um grupo. Isso se deve à natureza do método que pode ser classificado de várias maneiras, sendo hard-normativo ou hard-exploratório, como acontece com os métodos de bibliometria e análise de impacto cruzado e estão simultaneamente em dois agrupamentos. Em síntese, cada agrupamento sobre os métodos de prospecção tecnológica pode ser entendido da seguinte forma:

- **Opinião Especialista (*Expert Opinion*):** se alicerça na compreensão ou previsão do desenvolvimento tecnológico por meio de consultas aprofundadas com especialistas no assunto utilizando pesquisas por grupos focais, entrevistas ou Dephi. É utilizado para validar os resultados obtidos por prospecções que usaram outros métodos (WATTS; PORTER, 1997). O Dephi é o método mais comum para prospecção tecnológica e combina opiniões de especialistas sobre a probabilidade de ocorrer uma tecnologia proposta e o tempo para tal. Só após várias rodadas e revisões das opiniões, uma determinada previsão é aceita e apontada como uma tendência tecnológica. Este tipo de método baseado em opinião especialista é útil quando há uma quantidade limitada de dados históricos para se

utilizar outros métodos. Mas pode ter o contratempo de ser uma abordagem cara e demorada, além do risco de se ter vários especialistas mal informados o que poderá impactar no resultado da tendência tecnológica estudada (SURVE, 2014).

- **Análise de Tendências (Trend Analysis):** se baseia numa previsão por meio da avaliação quantitativa de dados históricos. Abrange modelos de previsões econômicas e técnicas como a regressão, análise exponencial e curva de crescimento ajustada (growth curve fitting). De acordo com as fases do ciclo de vida de uma tecnologia (adoção, crescimento, maturidade e declínio), esse método é útil para prever quando uma tecnologia vai chegar a uma fase do seu ciclo de vida (NRC, 2010). Estes tipos de método são puramente quantitativos e pode ser replicável. Um ponto de atenção está na necessidade de se ter dados passados consistentes e suficientes para a aplicação do método (SURVE, 2014).
- **Métodos de Monitoramento e Inteligência (*Monitoring and Intelligence*):** possui diferentes abordagens tais como acompanhamento de mercado e/ou da tecnologia, pesquisa por perfil, análise de patente ou mineração de texto. São apropriados para trazer à tona possíveis mudanças que possam impactar a penetração ou aceitação das tecnologias no mercado (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008). Basicamente, envolvem as etapas de monitorar, filtrar, analisar e apontar a previsão. A disponibilidade de recursos é uma das suas questões chave, dado que uma série de técnicas de monitoramento requerem o uso de profissionais especializados naquela tecnologia. Para Sure (2014), uma das principais desvantagens dos métodos de monitoramento está no longo tempo gasto e na sua dificuldade de uso.
- **Métodos Estatísticos (*Statistical Methods*):** permite explorar, organizar e analisar grandes quantidades de dados históricos e auxilia a identificar "padrões" que podem apontar tendências tecnológicas. As técnicas mais populares são Análise de Correlação, Análise de Impacto Cruzado e Análise Bibliométrica (DAIM et al., 2006). A análise de correlação busca prever padrões de desenvolvimento de uma nova tecnologia com base em padrões de desenvolvimento de tecnologia semelhantes. Já a análise bibliométrica proporciona uma amplitude maior de análise ao permitir a descoberta de novos fatos e padrões que às vezes não são percebidos devido ao limite do conhecimento ou visões tendenciosas de especialistas e das organizações. Este método exige profissionais com conhecimento do tema estudado, uma base de dados consistente e confiável, uma clara estratégia de busca, além do conhecimento de técnicas e ferramentas específicas para mineração e manipulação de dados. Porém, deve ser avaliada a aplicabilidade de métodos

estatísticos, principalmente a bibliometria, uma vez que nem todas as tecnologias estão publicadas em revistas, artigos ou em patentes (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008).

- Métodos baseados em Modelagem e Simulação (*Modeling and Simulation*): um modelo pode ser entendido como uma representação simplificada da dinâmica estrutural de algumas partes do mundo "real" (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008). Dessa forma, estes métodos buscam representar o comportamento futuro de sistemas complexos ao isolar aspectos importantes do sistema de detalhes não essenciais, o que requer uma boa compreensão das interações entre essas previsões e as variáveis analisadas (NRC, 2010). Dentre as principais técnicas apontadas por Firat, Woon e Madnick (2008), estão: Modelagem baseada em Agente, Análise de Impacto Cruzado, Análise da Sustentabilidade (análise de ciclo de vida), Modelos Causais, Modelagem por Difusão, Modelagem de Sistemas Complexos Adaptativos, Simulação de Sistemas (Sistemas Dinâmicos, Ksim), Substituição Tecnológica, Simulação de Cenário (jogos; cenários interativos), Modelagem econômica (análise de entrada e saída) e Levantamento Tecnológico (TFAMWG, 2004). Em geral, previsões tecnológicas por meio de modelagem e simulação são recomendadas para problemas complexos, decisões estratégicas e políticas, modelos com efeitos colaterais indesejados, tempos de atraso envolvidos e previsões em que falharam as tentativas anteriores (DAIM et al., 2006).
- Análise de Cenários (*Scenarios*): esta abordagem para prospecção e previsão tecnológica leva em consideração um conjunto bem definido de hipóteses com diferentes suposições e condições (NRC, 2010). Tem o propósito de apresentar as interações entre várias tendências e eventos para fornecer uma imagem holística do futuro, ajudar a verificar a consistência interna do conjunto de previsões e/ou descrever o futuro de uma forma compreensível para os não-especialistas. Devido aos seus benefícios, os cenários se tornaram muito populares como ferramentas de previsão de negócios, mas deve ser levado em conta que trata-se de uma técnica subjetiva (MARTINO, 2003). Por ser um método puramente qualitativo, é recomendado que seja mesclado com outras técnicas, preferencialmente com algum método quantitativo, de tal forma a validar as previsões realizadas.
- Métodos de Valoração / Decisão / Economia (*Valuing / Decision / Economics Methods*): O método mais comum é a Árvore de Relevância (*Relevance Trees - futures wheel*). Esta abordagem normativa para previsão tecnológica estabelece metas e objetivos para uma tecnologia proposta e que são detalhados em metas e objetivos menores em formato de uma árvore. As probabilidades de alcançar as metas e objetivos nos diferentes níveis de

desenvolvimento tecnológico são apontadas e tais probabilidades são usadas para prever o atingimento dos objetivos propostos para aquela tecnologia (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008). A estrutura básica se parece com um organograma e apresenta informações em uma estrutura hierárquica. O princípio por trás desse método está em avaliar sistematicamente todas as tecnologias relacionadas que levariam ao sucesso do objetivo pretendido. Apesar de ter a vantagem de ser uma técnica sistematizada usada para estimar a rota para se alcançar um objetivo futuro ou resolver um determinado problema, a árvore de relevância por ser inviável de ser manuseada caso o objeto de análise seja uma tecnologia muito complexa (SURVE, 2014).

- Métodos Descritivos e Matrizes (*Descriptive and Matrices Methods*): são em geral qualitativas e quantitativas e comumente utilizadas para apontamento de tendências. A abordagem por *roadmapping* tem sido muito comum para trilhar os caminhos do desenvolvimento tecnológico, tanto para o design quanto para a fabricação de produtos. Isso dá maior clareza sobre o horizonte tecnológico a ser seguido e facilita a execução da estratégia definida para um determinado produto ou tecnologia (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008). Projeções baseadas em *roadmapping* normalmente reúnem pessoas que representam experiência e interesses diferentes. *Roadmaps* normalmente englobam uma visão de várias tecnologias ou gerações de produtos (COATES et al., 2001). Outra abordagem comum é baseada em analogias. O uso de analogias na previsão envolve uma comparação sistematizada da tecnologia futura com alguma tecnologia mais antiga e que tenha alguma semelhança (MARTINO, 2003). A desvantagem deste método está na subjetividade da análise e na crença de que as pessoas ou o mercado vão se comportar da mesma forma com a tecnologia nova. Essa premissa tem que ser avaliada e para minimizar o risco da projeção unilateral com este método, pode se utilizar outros métodos que confirmem tal tendência obtida pelo método de analogia.

Sobre métodos de prospecção tecnológica, Kang et al. (2013) afirma que de uma forma em geral:

- i. Abordagens quantitativas são mais usadas do que abordagens qualitativas;
- ii. Abordagens exploratórias como Delphi, curva ajustada e *roadmap tecnológico* são mais frequentemente usados ao passo que análise de patentes e TRIZ (Teoria da Resolução de Problemas Inventivos) ainda são pouco utilizados;
- iii. Tecnologia da informação, materiais, serviços de telecomunicações tem recebido mais atenção das pesquisas como áreas de aplicação de prospecção tecnológica;

- iv. Métodos de monitoramento e inteligência, análise de tendência e métodos descritivos e matrizes são os métodos mais frequentemente usados na maioria das indústrias;
- v. Abordagens quantitativas tendem a ser aplicadas em indústrias de alta tecnologia enquanto que abordagens qualitativas são mais aplicadas em indústrias relacionadas com produção de mercadorias em larga escala;
- vi. Por último, abordagens exploratórias são as mais utilizadas em quase todos os setores. Enquanto isso, abordagens normativas são aplicadas principalmente na indústria de saúde e serviços de telecomunicações.

Segundo Huisman e Van Duijn (2005), as rotinas de Análise de Redes Sociais (ARS, do inglês *Social Networks Analysis*) podem ser divididas em métodos descritivos para cálculo das estatísticas da rede, algoritmos mais complexos de interatividade e modelagem estatística baseada em distribuição probabilística. Além disso, ARS tem como base a teoria dos grafos e contempla técnicas de coleta de dados, análise estatísticas, diferentes manipulações visuais, além da utilização de vários algoritmos analíticos (BORGATTI et al., 2009; HANNEMAN; RIDDLE, 2005). Firat, Woon e Madnick (2008) afirmam que muitos especialistas concordam ser vantajoso utilizar simultaneamente diferentes métodos de previsão, uma vez que cada método tem suas características e limitações de uso de resultado. Neste sentido, ARS é uma abordagem composta por várias estatísticas que podem ser aplicadas para mensurar diferentes parâmetros, o que a torna uma opção atrativa como técnica de prospecção de tecnologias.

A presente discussão não pretende esgotar o assunto, mas sim dar uma visão da vasta gama de possibilidades existentes para análise e avaliação de tendências tecnológicas. Cada um dos métodos sobre prospecção tecnológica citados anteriormente possui características específicas de acordo com a finalidade da análise. Tendo como referência os estudos realizados por Verspagen (2007), este trabalho irá adotar um método de prospecção baseada em citações de patentes por meio de ARS para identificar principais rotas tecnológicas e tecnologias mais emergentes em energia PV. A seguir será apresentado uma discussão sobre o uso de patentes, ARS e algoritmo SPLC (*Source Path Link Count*) para análise de tecnologias.

2.3.2 Prospecção tecnológica usando ARS, patentes e SPLC

O uso de análise de redes para prospecção de tecnologias tem sido objeto de estudo de vários autores por ser um método que oferece recursos tanto para análises qualitativas quanto quantitativas conforme pode ser visto em Fontana, Nuvolari e Verspagen (2008). A análise de rede tem aplicações em muitos campos do conhecimento tais como análise de redes sociais,

avaliação e controle de tráfego para redes de transporte, análise da navegação web, além de análise sobre propagação de epidemias (CHEN et al, 2002; LAURA, 2003; KEELING, M. J.; EAMES, 2005; SCOTT, 2012). Quando analisado por meio da abordagem de rede de citações, a análise de redes pode fornecer resultados interessantes. Trabalhos como feito por Egghe e Rousseau (2002) sobre redes de co-citação e redes de colaboração produzido por Batagelj e Cerinšek (2013) demonstram o potencial de exploração das análises de relações baseadas em ARS.

Para Sternitzke (2009), tem crescido, mas ainda não são muitos, os estudos que empregam análise de redes sociais para investigar mais a fundo e visualizar informações provenientes de patentes e dados da literatura. Alguns desses estudos usaram dados de citação, acoplamento bibliográfico ou indicadores compostos que servem como medidas de similaridade (LEYDESDORFF; VAUGHAN, 2006). Outros estudos têm em comum o fato de apenas ter investigado dados referentes aos nós e laços. Em geral, as ferramentas de software para análise de redes sociais permitem analisar dados por meio de diferentes variáveis. Um exemplo deste tipo de análise foi dado por Fleming et al. (2004) em que a cooperação e comportamento dos titulares de patentes e inventores foram investigados e a visualização de laços e nós são reforçadas com dados adicionais, como o campo de tecnologia em análise, a frequência de citações feitas ou recebidas, etc.

A análise de redes permite ainda a identificação direta da conexão de indivíduos dentro de seu ambiente tecnológico, o que significa que os atores poderão ser reconhecidos como hubs em uma rede de cooperação ou citação, ou ainda, como pontes entre as diferentes subredes. Identificar a força da cooperação entre os nós deverá ser outro ponto abordado neste estudo. A proximidade entre dois nós de uma rede significa que eles podem estar relacionados tecnologicamente. Se, por exemplo, dois titulares estão situados próximos, e eles não cooperam entre si, então eles devem ser envolvidos em um alto grau de competição tecnológica. No entanto, se eles cooperam então possivelmente desenvolvem em conjunto novas tecnologias, utilizando competências complementares (STERNITZKE et al., 2009).

Como quaisquer outras previsões, o objetivo de prospecção tecnológica é avaliar a probabilidade e impacto de futuros desenvolvimentos tecnológicos de tal maneira a apoiar e direcionar as organizações e gestores nas suas decisões. Por meio de uma pesquisa na Principal Coleção do *Web of Science* entre os anos de 1965 a 2015 e utilizando terminologia com sintaxe específica para prospecção tecnológica, foi possível identificar 1.191 publicações entre artigos de revistas e *proceedings* (Figura 11). A busca foi feita nos Título, Resumo e Palavras-chave dos artigos.

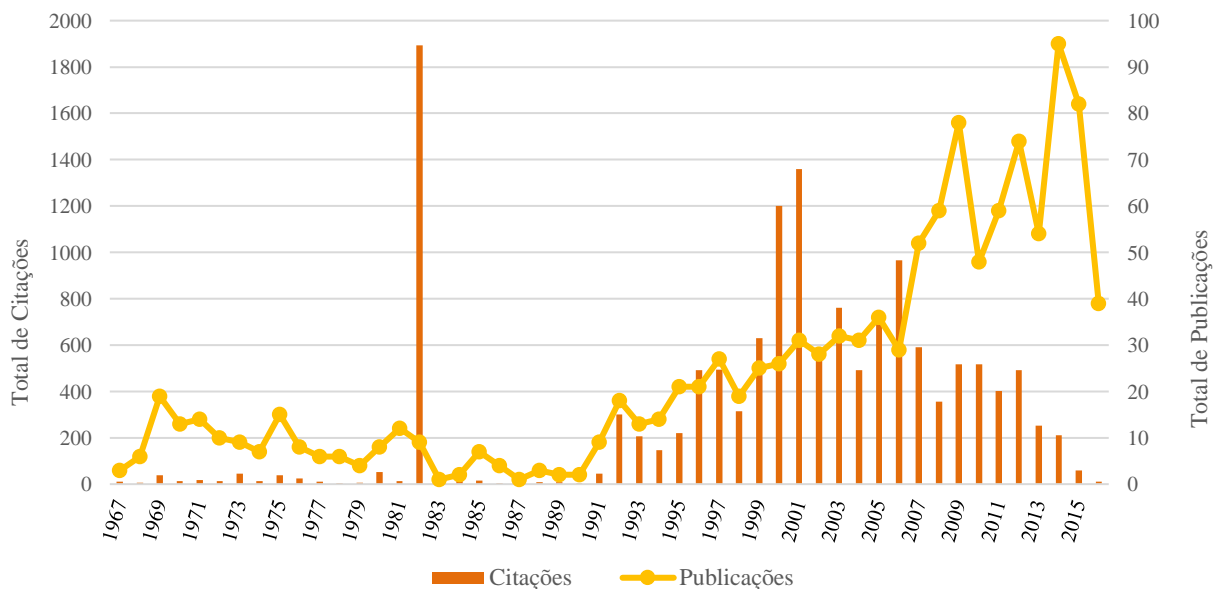
Figura 11 - Expressão utilizada na busca por publicações sobre prospecção tecnológica

Tópicos Pesquisados: ("techno*forecast*" OR "techno*foresig*" OR "techno*traject*")
Tipos de documento: (Article OR Proceedings Paper)
Tempo estipulado: Todos os anos (1900 a 2016).
Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI.

Fonte: Elaboração própria

As publicações sobre prospecção tecnológica até 1990 se mantiveram num patamar média de 10 artigos por ano, sendo que a partir de 1991 o crescimento de trabalhos acerca deste tema cresceu exponencialmente, tendo 2014 o maior volume com 95 publicações (Figura 12). A curva de citações também tem um aumento a partir de 1991, sendo que 2000 e 2001 foram os anos com publicações mais citadas dentro do período analisado.

Figura 12 - Volumetria de publicações e citações sobre prospecção tecnológica



Fonte: Elaboração própria

Tomando-se como premissa a relevância de um trabalho por meio da quantidade de referência a ele feitas (citações), na busca por publicações sobre prospecção tecnológica no WoS é possível então apontar os artigos mais importantes sobre a temática de prospecção e tendências tecnológica (prospecção tecnológica) conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Top 15 artigos sobre prospecção tecnológica mais relevantes (citados)

Nome dos Autores	Título	Total de Citações	Ano	Método prospecção tecnológica
Dosi, G	Technological paradigms and technological trajectories - a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change	1873	1982	Multiple perspectives assessment
Ho, R; Mai, KW; Horowitz, MA	The future of wires	591	2001	Roadmapping; Decision analysis
Unruh, GC	Understanding carbon lock-in	524	2000	Technology assesment; Institutional Analysis
Schilling, MA	Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity	387	2000	Causal Models; Scenario-simulation
Achrol, RS; Kotler, P	Marketing in the network economy	299	1999	Monitoring (environmental scanning, technology watch)
Davis, J.A. et al.	Interconnect limits on gigascale integration (GSI) in the 21st century	260	2001	Technology Assessment; Monitoring
Daim, Tugrul U. et al.	Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis	230	2006	Growth Curve Fitting; Bibliometrics; Patent analysis; System Dynamics; Scenarios method
Lee, K; Lim, CS	Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries	233	2001	Monitoring; roadmapping; Multiple perspectives assessment
Cox, CH et al.	Limits on the performance of RF-over-fiber links and their impact on device design	194	2006	Scenario-simulation [gaming; interactive scenarios]; Technology Assessment
Ishikawa, A. et al.	The max-min delphi method and fuzzy delphi method via fuzzy integration	158	1993	Delphi
Kim, DJ; Kogut, B	Technological platforms and diversification	143	1996	Expert Opinion; Monitoring (environmental scanning, technology watch); Patent analysis; discrete hazard model
Cowan, R; Gunby, P	Sprayed to death: Path dependence, lock-in and pest control strategies	126	1996	Monitoring (environmental scanning, technology watch)
Holmberg, K.; Andersson, P.; Erdemir, A.	Global energy consumption due to friction in passenger cars	113	2012	Monitoring (environmental scanning, technology watch); Technology Assessment; Requirements Analysis (needs analysis)
Geels, Frank; Raven, Rob	Non-linearity and expectations in niche-development trajectories: Ups and downs in Dutch biogas development (1973-2003)	112	2006	Monitoring (environmental scanning, technology watch); Technology Assessment; Requirements Analysis (needs analysis)
Watts, RJ; Porter, AL	Innovation forecasting	109	1997	Bibliometrics; Diffusion Modeling; Technological Substitution
Martino, JP	A review of selected recent advances in technological forecasting	107	2003	Delphi; Trend Extrapolation; Environmental scanning; Simulation; Scenarios method
Zahra, SA	Technology strategy and financial performance: Examining the moderating role of the firm's competitive environment	112	1996	Monitoring (environmental scanning, technology watch); Technology Assessment; Requirements Analysis (needs analysis); Multiple perspectives assessment
Leydesdorff, L	The triple helix: an evolutionary model of innovations	96	2000	Multiple perspectives assessment
Almirall, E.; Casadesu-Masanell, R.	Open versus closed innovation: a model of discovery and divergence	91	2010	Simulation; Multiple perspectives assessment
Meade, N; Islam, T	Technological forecasting - Model selection, model stability, and combining models	89	1998	Multiple perspectives assessment

Fonte: Elaboração própria

Não menos importante, alguns artigos publicados mais recentemente (a partir de 2012), foram também aqui selecionados devido à quantidade de citações, apesar do pouco tempo decorrido desde sua publicação (Quadro 4).

Quadro 4 - Top 10 artigos sobre TF mais recentes e relevantes (citados)

Nome dos Autores	Título	Total de Citações	Ano	Método TF
Amankwah-Amoah, J.; Durugbo, C.	The rise and fall of technology companies: The evolutionary phase model of ST-Ericsson's dissolution	3	2016	Multiple perspectives assessment; Organizational analysis
Zhang, Yi et al.	Topic analysis and forecasting for science, technology and innovation: Methodology with a case study focusing on big data research	2	2016	Roadmapping; Bibliometrics (research profiling; patent analysis, text mining)
Keller, J. et al.	Foresight support systems to facilitate regional innovations: A conceptualization case for a German logistics cluster	4	2015	Innovation System; Requirements Analysis (needs analysis)
Chang, Suk-Gwon	A structured scenario approach to multi-screen ecosystem forecasting in Korean communications market	4	2015	Scenarios method; Monitoring (environmental scanning, technology watch)
Coccia, Mario; Wang, Lili	Path-breaking directions of nanotechnology-based chemotherapy and molecular cancer therapy	4	2015	Bibliometrics; Trend Extrapolation
Holmberg, K. et al.	Global energy consumption due to friction in trucks and buses	16	2014	Monitoring (environmental scanning, technology watch); Technology Assessment; Requirements Analysis (needs analysis)
Wender, B.A. et al.	Illustrating Anticipatory Life Cycle Assessment for Emerging Photovoltaic Technologies	13	2014	Life cycle analysis; Scenarios (scenario management)
Robinson, D. K. R. et al.	Forecasting Innovation Pathways (FIP) for new and emerging science and technologies	31	2013	Interviews; Monitoring (environmental scanning); Technology Assessment
Carvalho, M. M. et al.	An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends	26	2013	Bibliometrics; Roadmapping
Bostrom, Nick	Existential Risk Prevention as Global Priority	22	2013	Scenarios method; Mitigation Analysis

Fonte: Elaboração própria

A identificação de tecnologias emergentes e novos campos de conhecimento têm se tornado essencial para pesquisadores, cientistas e para a própria indústria (PRABHAKARAN, LATHABAI, CHANGAT, 2015). A observação de rotas tecnológica permite apontar as tecnologias emergentes, a interdependência entre as diferentes tecnologias assim como os principais atores envolvidos e o possível relacionamento entre eles (MULKAY, GILBERT, WOOLGAR, 1975; KUHN, 2012). Hummon e Doreian (1989) já apontavam a característica dinâmica na análise de rotas tecnológicas uma vez que a trajetória de desenvolvimento de uma tecnologia pode variar de acordo com o período estudado.

Para Jeong e Yoon (2015), o planejamento tecnológico por meio de patentes tem sido enfatizado como processo essencial no gerenciamento estratégico de tecnologia, uma vez que o desenvolvimento tecnológico planejado pode trazer bons retornos financeiros e ainda uma possível posição de dominância de determinada tecnologia. Porto e Kannebley Jr (2012) reforçam a importância da identificação de tecnologias emergentes por meio de patentes como uma nova forma de orientar os investimentos tecnológicos de um setor. A utilização de patentes e análise de suas citações é uma importante maneira de identificação de tecnologias promissoras em diferentes áreas tecnológicas (LINARES; PORTO, 2016).

Em outros estudos, Choi, Kim e Park (2007) propõem identificar tecnologias relevantes usando *cross impact analysis (CIA)* baseado em patentes e Kim et al. (2011) e Jun (2011) utiliza CIA, *association rule mining (ARM)* e *analytic network process (ANP)*. A abordagem usando estas técnicas tem a vantagem de apontar a prioridade ou a importância relativa dos elementos de um sistema complexo considerando a interdependência entre eles e assim identificar as tecnologias mais relevantes (PORTO; KANNEBLEY JÚNIOR; BARONI, 2014). Em contrapartida, são técnicas puramente quantitativas e que os resultados devem ser convalidados utilizando-se outras técnicas de prospecção tecnológica.

Um método baseado em caminhos de desenvolvimento de patentes, análise de *k-core* e modelagem das tendências, identifica tecnologias com potencial disruptivo uma vez que a tecnologia é dependente de outros conhecimentos que definem esse caminho (MOMENI; ROST, 2016). Este trabalho foi aplicado às patentes de energia fotovoltaicas, mas tem alguns pontos de atenção: informações são perdidas durante as análises pois o algoritmo negligencia caminhos menores na rede; há uma limitação na quantidade de patentes que podem ser analisadas pelo algoritmo proposto; método precisa ser testado em uma gama maior de tecnologias; existe uma diferença na quantidade de citações entre os escritórios patentários.

Mais um método utilizado no reconhecimento da tendência de tecnologias emergentes se dá pela aplicação de um algoritmo *pagerank* de análise de patentes. A dinâmica das citações provenientes das diferentes classes de patentes "precursoras" possibilita fazer previsões sobre o futuro desenvolvimento tecnológico, mas esse método não dá uma visão evolutiva ou da cadeia tecnológica (BRUCK et al., 2016). Outro estudo sobre previsão tecnológica baseada em patentes utiliza ciclo de vida da tecnologia, velocidade de difusão e expansão (ALTUNTAS; DERELI; KUSIAK, 2015). No entanto, esta proposta tem limitações sérias por utilizar dados apenas do título das patentes, além da complexidade e do esforço computacional para manipulação das citações e dos códigos das patentes.

Um modelo de previsão de tecnologia central (*central technology forecasting*, CTF) utilizando ARS aplicado às patentes de nanotecnologia é proposto por Jun (2012) nas seguintes etapas: (1) define uma primeira seleção de tecnologias candidatas combinando técnicas estatísticas de correlação e covariância e análise de mutualidade entre nós (patentes) da rede; (2) ranqueamento das principais patentes com maiores graus (entrada e saída). A combinação dos resultados das etapas (1) e (2) aponta as tecnologias centrais. Embora seja aplicável, este método exige uma capacidade computacional proporcional à quantidade de patentes analisadas e explora pouco todo potencial de análise implícito à metodologia de redes sociais, principalmente no que tange das relações entre os atores.

Em recente estudo, Park e Magee (2017) propuseram um método de identificação de trajetória tecnológica baseado em *backward* e *forward citations* no algoritmo conhecido como GKPM (*Genetic Knowledge Persistence Measurement*). Existem algumas questões que ainda precisam evoluir nesta técnica quanto a qualidade e a confiabilidade dos caminhos principais. Além disso, as principais rotas identificadas possuem um número relativamente baixo de tecnologias relevantes recentes, o que limita o apontamento das invenções mais promissoras. Apesar disso, o uso de métodos baseados em citações tem sido amplamente usado como forma de analisar o fluxo de conhecimento, sendo assim uma importante ferramenta de mapeamento de trajetória tecnológica.

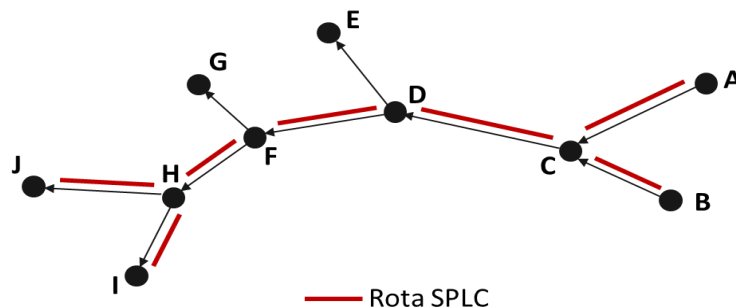
Em outro estudo, Kim e Bae (2017) projetam tecnologia promissoras usando dados de classificações CPC, citações futuras e reivindicações independentes de patentes do USPTO. A análise de cluster *k-means* foi utilizada como método de agrupamento das tecnológicas com maior similaridade. Esse estudo tem o diferencial de que CPC tem um nível de detalhamento tecnológico maior que a classificação do IPC. No entanto, tal estudo se limita ao apontamento de agrupamentos tecnológicos sem levar em consideração a evolução do conhecimento tecnológico e quais as patentes específicas são as mais promissoras.

O método que embasa a análise de prospecção deste trabalho tem como referência os trabalhos de mapeamento de rotas científicas de Hummon e Doreian (1989) e nos quais Verspagen (2007) propõe uma metodologia que utiliza análise de redes e citações de patentes para identificar melhores caminhos e apontar as principais rotas para uma tecnologia. As medidas propostas são conhecidas por *Search path node pair* (SPNP) e *Search path link count* (SPLC) e ambas se baseiam na construção de uma rede direcionada de patentes, que ao serem colocadas em uma sequência ordenada, apontam as diferentes rotas tecnológicas.

A estatística SPLC contabiliza a quantidade de vezes que uma aresta é utilizada para conectar uma determinada patente até as patentes finais da rede. Assim, são atribuídas

pontuações às arestas de tal maneira que as arestas com maior pontuação mostram a rota mais relevante para aquela tecnologia. Já a estatística SPNP apontam as principais trajetórias conforme a quantidade de pares de patentes que podem ser conectadas. Dessa forma, Verspagen (2007) sugere ser possível identificar tendências tecnológicas. Apesar do SPLC focar na contagem das ligações e o SPNP contabilizar os pares de nós, os resultados de ambos algoritmos em sua grande maioria são similares, sendo a escolha do algoritmo uma decisão arbitrária do pesquisador (VERSPAGEN, 2007; BEKKERS; MARTINELLI, 2012). A Figura 13 exemplifica uma rota obtida com base no algoritmo SPLC.

Figura 13 - Identificação de uma trajetória de desenvolvimento tecnológico com SPLC



Fonte: Adaptado de Fontana, Nuvolari e Verspagen (2008, p. 44).

Pode se dizer que uma rede de citação de patentes é composta por agrupamentos de patentes correlacionadas, sendo que a troca de citações pode apontar tendências tecnológicas ao longo do tempo. Uma consideração relevante sobre citações de patentes diz respeito à forma de análise da citação uma vez que a forma aconselhável é utilizar citações realizadas (*backward citations*), conforme aponta Hall, Jaffe e Trajtenberg (2001). A utilização de citações realizadas torna a análise mais coerente ao garantir o destaque de tecnologias recentes, fato esse essencial para análises de tendências tecnológicas (LINARES, 2014).

Essa técnica SPLC corresponde à atribuição de peso para cada ligação na rede (citação) com base na posição da estrutura geral que por sua vez é baseada na existência de diferentes caminhos na rede. Logo, um caminho é uma sequência de citações que se estende desde a patente mais recente até as mais antigas, passando por patentes intermediárias. Isso representa o fluxo de conhecimento desta tecnologia. A utilização do SPLC requer a eliminação de interligações circulares para evitar ligações de subredes que se fecham nelas mesmas. Ou seja, patentes (nós) que citam outras patentes e que são citados pelas patentes que elas mesmas citaram devem ser retiradas da rede (VERSPAGEN, 2007). Quanto maior o número de caminhos que passam através de uma ligação, maior é o peso atribuído no algoritmo SPLC e,

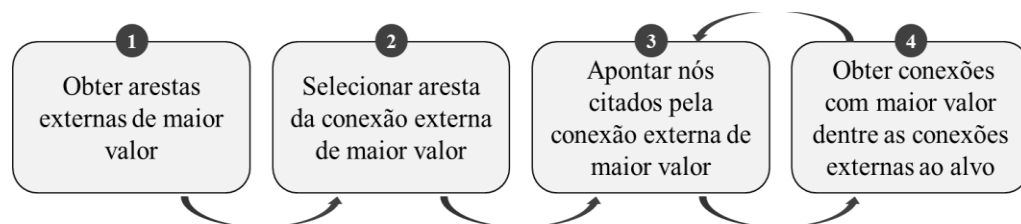
portanto, mais importante será aquela ligação. No caso da patente “X”, quanto mais caminhos (rotas) esta patente conectar, mais representatividade “X” terá perante as demais patentes e mais importância ela terá na rede, tendo potencial de ser classificada como tecnologia base ou tecnologia emergente.

O algoritmo proposto por Verspagen para obter a rota principal de uma rede pode ser implementado em 4 etapas, descritas a seguir:

- *Etapa 1:* para cada nó inicial em uma rede (*starpoint*), obter a aresta externa e de maior valor (conforme contagem SPLC) entre todas as arestas que saem do nó inicial. Caso tenha empate na contagem, selecionar todas as arestas empatadas;
- *Etapa 2:* selecionar a aresta em que o valor obtido na etapa 1 seja máximo. Este será o nó de partida da rota principal. Se houver empate, poderá existir mais de um nó de partida;
- *Etapa 3:* apontar os nós que foram alvo de citação pelas arestas selecionadas na etapa anterior;
- *Etapa 4:* a partir dos nós alvos apontados na etapa 3, selecionar novamente as arestas de saída que tem o máximo valor entre as arestas de saída a partir dos nós alvos. Caso ocorra empate, selecionar todas as arestas que empataram. Adicionar estes nós à rota principal. Caso todas as arestas apontem para um nó final na rede, o algoritmo pode ser finalizado; do contrário, volte à etapa 3 e continue.

Após finalizado o algoritmo, tem-se então a rota (ou as rotas) mais importantes referente aquela tecnologia. O objetivo desse caminho principal é que ele represente para etapa a opção que tenha obtido mais peso no algoritmo SPLC e dessa forma pode se ter representado o maior fluxo de ideias na rede (Figura 14).

Figura 14 - Definição da rota principal segundo o algoritmo SPLC.



Fonte: Adaptado de Verspagen (2007, p. 101).

Vários trabalhos e aplicações foram desenvolvidos utilizando ARS e tendo como base as técnicas SPLC e SPNP de identificação de trajetórias tecnológicas: identificação de rotas para células de combustível (VERSAPAGEN, 2007), rotas tecnológicas e evolução da indústria

de telecomunicações (MARTINELLI, 2008), mapeamento das rotas para tecnologias de comunicação de dados (FONTANA; NUVOLARI; VERSPAGEN, 2009), trajetórias, padrões e estratégias em mercados *high-tech* (BEKKERS; MARTINELLI, 2012), prospecção tecnológica na área de biotecnologia (LINARES, 2014), detecção de tecnologias emergentes sobre RFID (PRABHAKARAN; LATHABAI; CHANGAT, 2015). Por ser uma técnica já mais consolidada, neste trabalho será adotado a técnica proposta por Verspagen (2007) para identificação das principais rotas tecnológicas baseado no algoritmo SPLC e em ARS. O Quadro 5 resume os pontos fortes e fracos de alguns destes métodos de prospecção tecnológica.

Quadro 5 - Análise das forças e fraquezas dos métodos

Método	Forças	Fraquezas	Fonte
Matriz de impacto cruzado	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza o critério de co-classificação de patente em vez de co-citação de patente • A classificação múltipla de patentes é usada para avaliar as relações entre tecnologias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Visão macro da área de tecnologia • Limitações tanto na análise quanto no tamanho gerado das matrizes • Difícil de definir e medir o surgimento de tecnologia (nível micro) • É incapaz de avaliar a dinâmica que envolve o desenvolvimento tecnológico 	Choi, Kim & Park (2007); Kim et al., (2011)
Análise <i>K-core</i> e modelagem de tendência	<ul style="list-style-type: none"> • Ferramenta sistemática baseada em caminhos de desenvolvimento de patentes • Combinação de análises de citações <i>ex-post</i> e <i>ex-ante</i> • Pode prever desenvolvimentos tecnológicos no nível micro 	<ul style="list-style-type: none"> • Informações podem ser perdidas durante a análise • Algoritmo negligencia caminhos menores na rede • Uma limitação no número de patentes que podem ser analisadas • O método precisa ser testado em uma ampla gama de tecnologias 	Momeni & Rost (2016)
Algoritmo PAGERANK	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia a dinâmica de citações de diferentes classes de patentes "<i>backward citations</i>" • Dinâmica das citações provenientes das diferentes classes de "precursores" aponta o mecanismo do surgimento de novos campos 	<ul style="list-style-type: none"> • Não oferece uma visão evolutiva ou tecnológica da cadeia • Informações adicionais não são exploradas 	Bruck et al. (2016)
Método multi-critério	<ul style="list-style-type: none"> • Quatro critérios são considerados: ciclo de vida da tecnologia, velocidade de difusão da tecnologia, poder de patente e expansão da patente • A visão de vários critérios permite uma análise mais abrangente da tecnologia 	<ul style="list-style-type: none"> • Tem sérias limitações ao usar somente dados de título de patente • Fornece uma análise em nível macro por IPC • Complexidade e esforço computacional para manipular citações e códigos de patentes. 	Altuntas, Dereli & Kusiak (2015)
Search path link count (SPLC)	<ul style="list-style-type: none"> • Baseado na análise das conexões mais relevantes • Mapeia a trajetória das tecnologias mais relevantes • Aponta a patente mais emergente e promissora (nível micro) • Fornece um diagrama visual da rota tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande número de citações pode exigir forte capacidade computacional • É necessário limitar o escopo por área tecnológica para obter melhores rotas e as tecnologias mais promissoras. 	Hummon & Doreian (1989); Verspagen (2007); Fontana, Nuvolari & Verspagen (2009)

Fonte: Elaboração própria

Na seção a seguir, será discutido conceitos sobre a cooperação tecnológica e como este processo pode auxiliar a acelerar o desenvolvimento das tecnologias sobre energia solar PV.

2.4 COOPERAÇÃO TECNOLÓGICA

Como esta pesquisa se propõe investigar aspectos de cooperação para o desenvolvimento de tecnologias PV, uma revisão da literatura sobre o tema “cooperação tecnológica” se faz necessário de tal forma a embasar as análises e discussões acerca dos resultados que serão explorados mais à frente.

2.4.1 Contextualização e conceitos

A etimologia da palavra cooperação diz respeito à “ação ou efeito de cooperar; ato de auxiliar e/ou colaborar; contribuição” (do latim: *cooperatio.onis*). A cooperação no sentido mais amplo da palavra sempre foi premissa fundamental para melhoria e evolução dos seres vivos. Desde os primórdios, quando o homem tomou consciência dos benefícios de fazer uma atividade de forma cooperativa, a sociedade experimentou melhorias e progressos substanciais em diferentes áreas de conhecimento. A biologia já estuda a cooperação há décadas sob a ótica da teoria evolucionária das espécies (FOWLER, 2005). Para West, Griffin e Gardner (2007a; 2007b), a cooperação pode ser observada em diversos níveis de organização biológica: genes cooperam nos genomas, organelas colaboram para formar células eucarióticas, células colaboram na formação de organismos multicelulares, parasitas bacterianos interagem colaborativamente para superar as defesas do hospedeiro, animais reproduzem de forma colaborativa e os seres humanos e insetos cooperam para construir sociedades.

As escolas de Administração, Economia e Negócios passaram a estudar a cooperação a partir de meados do século XX. Foi no período pós-guerra que surgiram os primeiros estudos sobre cooperação tecnológica: desenvolvimento científico e tecnológico entre países socialistas (STEPANENKO, 1959) e colaboração tecnológica entre países europeus (PFALTZGRAFF; DEGHAND, 1968; BAKKER, 1970). Plonski (1995) relata em seu trabalho que neste mesmo período (1968), Jorge Sábato e Natálio Botana faziam referência ao tema cooperação por meio de um conceito que ficou conhecido por “Triângulo de Sábato”. Trata-se de um modelo em que três agentes essenciais para o desenvolvimento da sociedade - governo, empresas e universidades, formariam um triângulo de relações, com ações coordenadas e objetivo de inserir a ciência e tecnologia como agente primordial para o desenvolvimento da região latino-americana e ascensão à condição de sociedade moderna.

Ao pesquisar as publicações no *Web of Science* sobre a temática da cooperação tecnológica, foi possível obter uma visão geral sobre a evolução desses trabalhos ao longo do tempo. Esta busca foi feita em artigos entre 1900 a 2016 nas categorias do WoS “Public

Administration”, “*Management*”, “*Business*”, “*Economics*” ou “*Business Finance*” e que continham no título, resumo ou nas palavras-chave, pelo menos um dos seguintes termos: “*technolog* cooperation*”, “*technolog* collaborat**”, “*technolog* partnership*” ou “*triple helix*”. Até 1990, os trabalhos acadêmicos sobre cooperação tecnológica foram focados em relações internacionais com o propósito claro de estabelecer alianças estratégicas entre países e fortalecer blocos econômicos (Quadro 6).

Quadro 6 - Publicações mais citadas sobre cooperação tecnológica até o ano de 1990

Ano da Publicação	Autores	Título	Áreas de Pesquisa
1959	Stepanenko, S	<i>Establishing and developing scientific and technological cooperation between socialist-countries</i>	B&E; G&L
1968	Pfaltzgraff, RL; Deghand, JL	<i>European technological collaboration - experience of european launcher development organization (ELDO)</i>	B&E; IR; G&L
1970	Bakker, JNF	<i>England and european technological cooperation</i>	B&E;
1975	Bykov, NA	<i>Scientific and technological cooperation of cmea member countries</i>	B&E; G&L
1976	Mstislavskij, P; Durnev, V	<i>Problems of economic stimulation of international scientific and technological cooperation</i>	B&E; G&L
1978	Strepetova, MP	<i>Tendencies and perspectives of scientific and technological cooperation between cmea countries and developing-countries</i>	B&E;
1988	Bober, W; Evsiukov, E; Kriuchkov, N	<i>Scientific-technological cooperation in chemistry</i>	B&E; IR;
1990	Molina, A	<i>1992 and european integration - opportunities and difficulties in high technology collaboration</i>	B&E; PA

Fonte: Elaboração própria

Legenda: B&E = Business & Economics; G&L = Government & Law; IR = International Relations; PA = Public Administration

Entre 1991 e 2000 começaram a surgir estudos com perspectivas diferentes sobre cooperação tecnológica. Destaca-se a teoria sobre estratégia para cooperação interorganizacional proposta por Hagedoorn (1993). Neste estudo, o autor afirma que cooperação entre empresas tem como motivadores os interesses em pesquisa básica e aplicada ou está associada à uma estratégia de acesso a mercados, mas demonstra que o interesse por complementariedade tecnológica e redução de tempo nos ciclos de inovação (*innovation time span*) são os fatores predominantes. Com o objetivo de potencializar a inovação tecnológica e ampliar os horizontes de cooperação além das empresas, Leydesdorff e Etzkowitz (1996), Leydesdorff e Etzkowitz (1997) ampliam o escopo da cooperação proposta por Sábato e Botana

e propõem o conceito da “Hélice Tripla” em que a colaboração entre indústria, governo e universidade desempenha um papel fundamental em sociedades baseadas cada vez mais no conhecimento (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). Em um estudo complementar sobre a “Hélice Tripla”, Etzkowitz et al. (2000) reforça a importância do papel da universidade como uma entidade empreendedora e que colaboradora tanto para a inovação quanto para o progresso econômico da sociedade. O Quadro 7 mostra os trabalhos mais relevantes (maiores citações segundo o *Web of Science* no período de 1991 a 2000).

Quadro 7 - Publicações mais citadas sobre cooperação tecnológica entre 1991 e 2000

Ano da Publicação	Autores	Título	Áreas de Pesquisa
1993	Hagedoorn, J	<i>Understanding the rationale of strategic technology partnering - interorganizational modes of cooperation and sectoral differences</i>	B&E
1993	Dodgson, M	<i>Learning, trust, and technological collaboration</i>	B&E; SS
1994	Arora, A; Gambardella, A	<i>Evaluating technological information and utilizing it - scientific knowledge, technological capability, and external linkages in biotechnology</i>	B&E
1995	Archibugi, D; Michie, J	<i>The globalization of technology - a new taxonomy</i>	B&E
1997	Bartholomew, S	<i>National systems of biotechnology innovation: Complex interdependence in the global system</i>	B&E
2000	Etzkowitz, H; Leydesdorff, L	<i>The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations</i>	B&E; PA
2000	Etzkowitz, H; Webster, A; Gebhardt, C; Terra, BRC	<i>The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm</i>	B&E; PA
2000	Leydesdorff, L	<i>The triple helix: an evolutionary model of innovations</i>	B&E; PA

Fonte: Elaboração própria

Legenda: B&E = Business & Economics; SS = Social Sciences - Other Topics; PA = Public Administration

Entre 2001 e 2010 destacam-se pesquisas que apontam a importância da diversidade de parcerias para inovação tecnológica, bem como analisa quais as principais formas de cooperação entre pesquisadores acadêmicos e a indústria (NIETO; SANTAMARIA, 2007; D’ESTE; PATEL, 2007). Estes trabalhos dão embasamento teórico necessário para ratificar como a cooperação pode beneficiar todas as partes envolvidas nos processos de inovação tecnológica (Quadro 8). Ritter e Gemünden (2003) confirmam que empresas que têm a habilidade de lidar, usar e explorar relações inter-organizacionais têm vantagens competitivas. Várias pesquisas têm mostrado que as empresas que colaboram constantemente com clientes,

fornecedores, instituições de pesquisa e até mesmo com concorrentes, estão mais propensas a ter sucesso no processo de inovação.

Quadro 8 - Publicações sobre cooperação mais citadas no WoS entre 2001 e 2010

Ano da Publicação	Autores	Título	Áreas de Pesquisa
2001	Bayona, C; Garcia-Marco, T; Huerta, E	<i>Firms' motivations for cooperative R&D: an empirical analysis of Spanish firms</i>	B&E; PA
2003	Ritter, T; Gemunden, HG	<i>Network competence: Its impact on innovation success and its antecedents</i>	B&E
2004	Van Looy, B; Ranga, M; Callaert, J; Debackere, K; Zimmermann, E	<i>Combining entrepreneurial and scientific performance in academia: towards a compounded and reciprocal Matthew-effect?</i>	B&E; PA
2005	Gulbrandsen, M; Smeby, JC	<i>Industry funding and university professors' research performance</i>	B&E; PA
2005	Etzkowitz, H; Klofsten, M	<i>The innovating region: toward a theory of knowledge-based regional development</i>	B&E
2005	Cooke, P	<i>Regionally asymmetric knowledge capabilities and open innovation exploring 'Globalisation 2' - A new model of industry organisation</i>	B&E; PA
2007	Nieto, MJ; Santamaria, L	<i>The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation</i>	En; B&E; OR&MS
2007	D'Este, P; Patel, P	<i>University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?</i>	B&E; PA
2010	De Faria, P.; Lima, F.; Santos, R.	<i>Cooperation in innovation activities: The importance of partners.</i>	B&E

Fonte: Elaboração própria

Legenda: B&E = Business & Economics; PA = Public Administration; En = Engineering; OR&MS = Operations Research & Management Science

A importância da colaboração e do estabelecimento de parcerias em atividades de inovação foi também estudada por De Faria, Lima e Santos (2010) e tais autores conseguiram identificar fatores determinantes para cooperação: empresas com maiores níveis de capacidade de absorção, as exportações e intensidade da inovação têm maior probabilidade de participar de um acordo de cooperação e inovação. Além disso, investimentos em atividades de P&D, intensidade da inovação e gestão de *spillovers* são os principais determinantes da probabilidade de cooperação. Segundo os autores, parceiros próximos, como empresas pertencentes ao

mesmo grupo ou fornecedores, são mais eficazes para o desenvolvimento de atividades de cooperação. A tecnologia também desempenha um papel importante, sendo que empresas de mais alta tecnologia dão mais valor para uma maior quantidade de parceiros de cooperação.

Já as publicações entre 2011 até agosto de 2016 (Quadro 9) mostram que os temas pesquisados ainda têm desdobramentos em torno da tríade Empresa-Universidade-Governo. Em especial, a vertente governamental é abordada no sentido de oferecer incentivos que possam aumentar a cooperação entre as empresas e as universidades (D'ESTE; PERKMANN, 2011). Davis e Eisenhardt (2011) ampliam o horizonte da colaboração ao proporem um modelo que recombina processos em relações existentes e propõe uma rotatividade na liderança com o objetivo de fomentar de maneira constante novas formas de inovação colaborativa.

Quadro 9 - Publicações mais citadas sobre cooperação tecnológica entre 2011 e 2016

Ano da Publicação	Autores	Título	Áreas de Pesquisa
2011	D'Este, P; Perkmann, M	<i>Why do academics engage with industry? The entrepreneurial university and individual motivations</i>	En; B&E
2011	Davis, JP; Eisenhardt, KM	<i>Rotating Leadership and Collaborative Innovation: Recombination Processes in Symbiotic Relationships</i>	B&E
2011	Duran, S; Gutierrez, MA; Keskinocak, P	<i>Pre-Positioning of Emergency Items for CARE International</i>	B&E; OR&MS
2011	Philpott, K; Dooley, L; O'Reilly, C; Lupton, G	<i>The entrepreneurial university: Examining the underlying academic tensions</i>	En; B&E; OR&MS
2011	Lengyel, B; Leydesdorff, L	<i>Regional Innovation Systems in Hungary: The Failing Synergy at the National Level</i>	B&E; ES&E; G
2011	Smith, S; Ward, V; House, A	<i>'Impact' in the proposals for the UK's Research Excellence Framework: Shifting the boundaries of academic autonomy</i>	B&E; PA
2012	Wu, J	<i>Technological collaboration in product innovation: The role of market competition and sectoral technological intensity</i>	B&E; PA

Fonte: Elaboração própria

Legenda: B&E = Business & Economics; PA = Public Administration; En = Engineering; OR&MS = Operations Research & Management Science; ES&E = Environmental Sciences & Ecology; G = Geography

Observou-se ainda que alguns trabalhos mais recentes (após 2013) tendem a discorrer sobre aspectos da colaboração de uma forma mais específica, com discussões e análises mais focadas em determinados setores, negócios ou países. É o caso de Carlisle et al. (2013) que estudou a abordagem colaborativa aplicado à inovação (*multi-stakeholder*) para o desenvolvimento do turismo na África; Guan e Zhao (2013) que analisam o impacto das redes de colaboração universidade-indústria na inovação em produtos nanobiofarmacêuticos; Trencher et al. (2014) que exploram uma tendência global de colaboração entre universidades, governo, indústria e sociedade civil para promover a transformação sustentável de uma área

geográfica ou social em específico; Nieto, Santamaria e Fernandez (2015) que buscam compreender o comportamento inovador das empresas familiares.

A seguir são discutidos alguns trabalhos sobre cooperação que utilizaram patentes como objeto primário de análise.

2.4.2 Análise sobre cooperação usando patentes

A cooperação tecnológica pode ser observada de diferentes formas: aquisição, fusão, licenciamento, participação minoritária, *joint venture*, acordos bilaterais de P&D, financiamento de pesquisas, alianças, consórcios, redes de relacionamentos ou *outsourcing*. A escolha do modelo de colaboração depende de fatores como a estratégia, expectativa de tempo, nível de controle e custos envolvidos (CHIESA; MANZINI, 1998). Em geral, estudos que analisam a colaboração entre organizações podem ser obtidos por meio de artigos acadêmicos, estudos de casos, entrevistas, publicações na mídia ou em alguns relatórios publicados pelas empresas ou demais instituições envolvidas na cooperação.

A análise de coautoria para identificação de colaboração acadêmica é algo já consolidado e utilizado para identificação de fluxo e gestão de conhecimento. Ao avaliar a colaboração teórica, De Paulo e Porto (2017) afirmam que 75% do conhecimento científico (publicações) na área de energia solar entre os anos 2000 e 2014 foram feitas com algum tipo de colaboração, em especial por países como Estados Unidos e China. Nesta mesma linha, Leydesdorff e Wagner (2008) observaram que o efeito das redes de cooperação globais aponta para a formação de núcleos mais cooperativos oriundos de países com fortes sistemas nacionais de pesquisa e inovação, sendo que países que ficam à margem destes grupos são prejudicados pelo aumento das forças destes núcleos. A colaboração global continua a crescer como uma parte de toda a cooperação científica, assim como artigos científicos com coautoria internacionalmente mais do que duplicaram nos últimos 20 anos. Os países emergentes, particularmente a China, aumentaram sua participação na ciência global e aparecem cada vez mais como parceiros em coautoria de artigos científicos internacionalmente (WAGNER; PARK; LEYDESDORFF, 2015). No entanto, esta cooperação se refere a pesquisa científica e não necessariamente a inovação tecnológica, e pode variar conforme a área de conhecimento ou tecnologia.

Quando a colaboração resulta no patenteamento da inovação, tem-se uma fonte creditada de informação tecnológica. A co-titularidade para as patentes, assim coautoria para análise de publicações científicas, é um indicativo relevante de colaboração tecnológica (STERNITZKE; BARTKOWSKI; SCHRAMM, 2008). Para melhor entendimento e visualização dos laços de

cooperação, o uso da Análise de Redes Sociais (ARS) permite identificar as organizações (empresas, centros de pesquisa, universidades, governo, etc.), as áreas de tecnologia predominantes, os relacionamentos entre essas organizações para análise da concorrência ou para a identificação de parceiros e identificação de patentes-chave (STERNITZKE et al., 2009). Aspectos como centralidade do nó, grau de intermediação, formação de grupos, devem ser levadas em consideração e avaliados em conjunto para que as conclusões sejam assertivas.

Utilizando patentes e ARS, Cantner e Graf (2006) descreve a evolução da rede de inovação na Alemanha e a importância crescente da universidade na rede de cooperação local. Universidades e organizações de pesquisa públicas desempenham um papel fundamental não só na geração de novos conhecimentos tecnológicos, mas também na sua difusão. Ao analisar redes locais observa-se que as organizações públicas de pesquisa são atores-chave nas redes regionais de inovadores, tanto em termos de produção de patentes e em termos de centralidade de sua posição nas redes (GRAF; HENNING, 2009). Organizações públicas de pesquisa bem conectados na rede local de inovação são então essenciais para o desempenho da inovação tecnológica no âmbito regional. Graf (2011) ainda ressalta que melhorias no potencial inovativo em uma rede podem ocorrer com a existência de atores “*gatekeepers*” que geram novidade e aproveitam o conhecimento local/externo e em geral organizações públicas de pesquisa exercem as funções de *gatekeeper* em um grau mais elevado do que organizações privadas.

Quando se trata de estudar a cooperação científica e tecnológica sobre o tema energia solar, embora a maioria dos artigos e patentes sejam originados de esforços cooperativos, a taxa de colaboração para artigos é maior. A produção científica ou tecnológica realizada em cooperação internacional são mais citados, no entanto a colaboração internacional para patentes se mostra ainda incipiente (CHEN; DONG; HUANG, 2010). Há uma tendência de aumento na colaboração internacional e quanto maiores forem os esforços de colaboração, independentemente do tipo, melhor tende a ser a qualidade da ciência e da tecnologia. Huang, Dong e Chen (2013) complementam que a produção científica e tecnológica no campo das células solares está concentrada nos países EUA, Japão e Alemanha. No entanto, tal estudo se restringiu a patentes depositadas no USPTO. Apesar de ser um dos maiores e mais importantes escritórios patentários do mundo, a exclusão de escritórios europeus e asiáticos pode trazer algum viés nas conclusões destes trabalhos. Além disso, a busca das patentes por palavras-chaves, ao invés da busca por classificação tecnológica, pode não contemplar inovações relevantes para a área e prejudicar os resultados.

Em outra análise sobre cooperação tecnológica na indústria de células solares, Lei et al. (2013) utilizam informações geográficas dos titulares e inventores de patentes depositadas no

Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos. Com isso, estabelece colaborações nos níveis locais (mesma cidade), nacionais (diferentes cidades do mesmo país) ou internacionais. Os autores constaram que a colaboração entre os titulares de tecnologia é muito baixa ao passo que entre inventores é mais frequente. Outra constatação é que há uma predominância das colaborações nacionais, sendo que a cooperação internacional tem um leve crescimento e uma pequena queda ao longo dos anos. Os Estados Unidos têm o maior número de patentes internacionais de colaboração e na situação de co-titularidade das patentes, aponta maior cooperação com o Japão. Esta análise utiliza as classificações de patentes para energia solar fotovoltaicas do IPC Green Inventory (IPC-GI) o que já torna tal pesquisa mais abrangente. No entanto, se restringe às patentes depositadas apenas no escritório americano.

Guan e Chen (2012) mostram que embora a maior parte da cooperação internacional envolva países membros da OECD, os países não membros da OECD melhoraram o seu desempenho no registo de patentes e colaboração internacional, em especial a China e Taiwan. De Paulo, Ribeiro e Porto (2018) apontam que, apesar de Japão, Estados Unidos e China serem os maiores depositantes sobre patentes fotovoltaicas, os Estados Unidos, Alemanha e Reino Unido são os países mais influentes nesta rede. Isso ocorre porque Estados Unidos, Alemanha e Reino Unido se conectam mais com outros países, e principalmente, cooperam com outros países relevantes na rede. Para fazer esta classificação, os autores utilizaram as estatísticas de grau, pagerank e coeficiente de agrupamento.

A importância da cooperação para ampliar o desenvolvimento científico e tecnológico é reforçada ao apontar que: está surgindo um novo modelo de universidade, mais empreendedora, baseada em transferência de tecnologia e no desenvolvimento regional significa a transição de uma pesquisa para uma universidade empreendedora como o ideal acadêmico (ETZKOWITZ, 2013); parcerias aceleram o processo de transferência de conhecimento da universidade para a indústria (VILLARREAL; CALVO, 2015); a cooperação tecnológica Empresa-Universidade uma iniciada, tende a ampliar os laços de cooperação entre empresas e outras instituições educacionais e de pesquisa (ALTHOFF PHILIPPI et al., 2015); a trajetória de desenvolvimento da indústria, por exemplo PV na China, indica que a inovação em tecnologias de energia mais limpas é uma combinação de processos de inovação globais e nacionais (GALLAGHER, 2014; ZHANG; GALLAGER, 2016); os governos devem encorajar a cooperação entre centros de pesquisa e empresas de diferentes países para ampliar a internacionalização tecnológica (DE PAULO; PORTO, 2017); diferentes incentivos institucionais para a colaboração universidade-indústria favorecem o alinhamento de motivações e certos tipos de projetos colaborativos (FREITAS; VERSPAGEN, 2017).

A principal crítica aos trabalhos sobre cooperação tecnológica que utilizam patentes e ARS é que eles focam na colaboração no âmbito dos países, geografias ou áreas tecnológicas específicas, se restringindo em atribuir classificações quanto ao tipo de cooperação - local, nacional ou internacional. Além do mais, a maioria dos trabalhos avaliam isoladamente patentes de escritórios dos Estados Unidos (USPTO) ou europeu (EPO), limitante o escopo de análise da cooperação entre os titulares. Isso pode não retratar o real comportamento das relações entre os atores, uma vez que as relações sobre colaboração podem ser analisadas numa granularidade maior o que permite um melhor aprofundamento e caracterização da cooperação, ao avaliar os titulares depositantes e seu papel como ator da rede, seja ele uma empresa, uma universidade, um centro de pesquisa ou o próprio governo. Por último, as estatísticas de ARS como centralidade, grau, intermediação são também pouco explorados. A análise de cooperação entre titulares de patentes de energia solar PV proposta neste trabalho pretende preencher a maioria destas lacunas e fornecer uma visão mais acurada sobre as relações de cooperação para o desenvolvimento de tecnologias PV.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento desta tese, tendo como subseções a definição da tipologia da pesquisa, os procedimentos sistemáticos de coleta e tratamento dos dados, os processos de análise de redes sociais e outras técnicas que serão utilizadas, bem como a definição dos termos e variáveis adotados neste trabalho.

3.1 TIPO DE PESQUISA

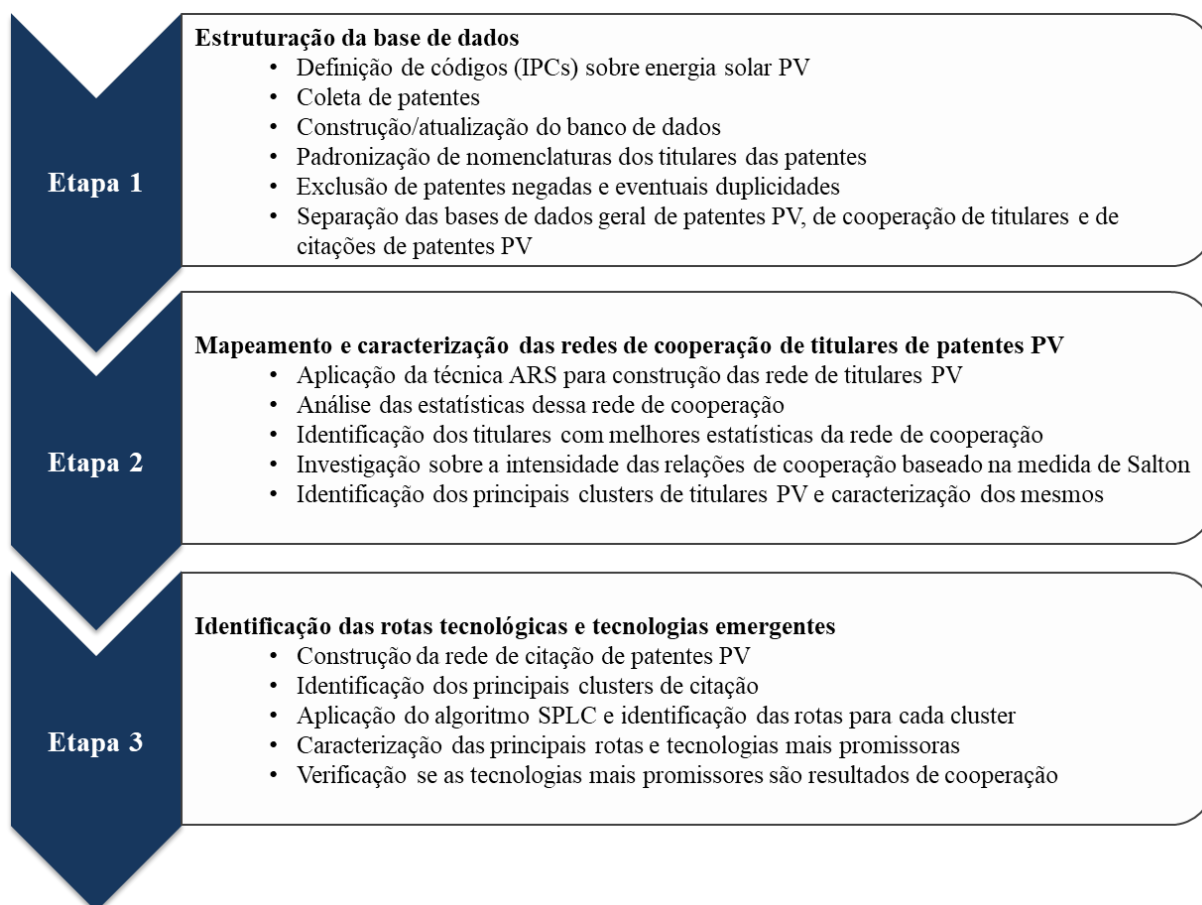
O presente trabalho é caracterizado como descritivo e que utiliza estatística descritiva e o método de ARS para investigação e exploração dos dados. Para Bauer, Gaskell e Allum (2002), a pesquisa descritiva descreve ou caracteriza o objeto de pesquisa quando há conhecimento prévio sobre o assunto. Já a pesquisa exploratória proporciona uma visão geral acerca de determinado fato e possibilita uma maior familiaridade com o problema (GIL, 2002).

Quanto à natureza esta pesquisa se enquadra como sendo quantitativa devido ao uso de base de dados de patentes que permite análises estatísticas descritivas sobre as invenções e titulares, bem como a interpretação dos relacionamentos entre os titulares e as patentes com base na ARS. A seguir é apresentado com mais detalhes a forma de coleta e análise de dados, bem com as fases deste trabalho.

3.2 COLETA DOS DADOS E CONSTRUÇÃO DAS REDES

A Figura 15 sintetiza as etapas de levantamento e análise dos dados em que este trabalho está sendo desenvolvido. Estas etapas serão mais detalhadas nos tópicos a seguir.

Figura 15 - Etapas de levantamento e análise dos dados das patentes PV.



Fonte: Elaboração própria.

3.2.1 Estruturação da base de dados de patentes PV

O insumo primário desta etapa da pesquisa são os registros patentários disponíveis para consulta pelos escritórios de patentes vinculados à *World Intellectual Property Organization* (WIPO, 2018). As patentes são relevantes fontes de dados dos quais se pode obter uma ampla variedade de informações envolvendo o objeto patentado bem como as entidades responsáveis e com algum vínculo àquela tecnologia.

Nesta fase, o primeiro passo foi a construção de uma base de dados de patentes a partir dos IPC (Quadro 10) que protegem tecnologias sobre energia solar com base na classificação do *IPC Green Inventory*² da *WIPO (2018)*, o que torna esta classificação apropriada para estudos sobre tecnologias verdes uma vez que foi elaborada por um conjunto de especialistas e ratificado na Convenção de Mudança Climática da ONU, indicando a sua consistência e adesão por diversas autoridades patentárias (Porto e Kannebley, 2012). No Anexo A pode ser

² Elaborado por um conjunto de especialistas e ratificado na Convenção de Mudança Climática da ONU.

identificado a relação de todas as classificações de IPCs atribuídas à produção de energias alternativas baseada em energia solar.

Quadro 10 - Produção de energia alternativa: IPC's Energia Solar Fotovoltaica

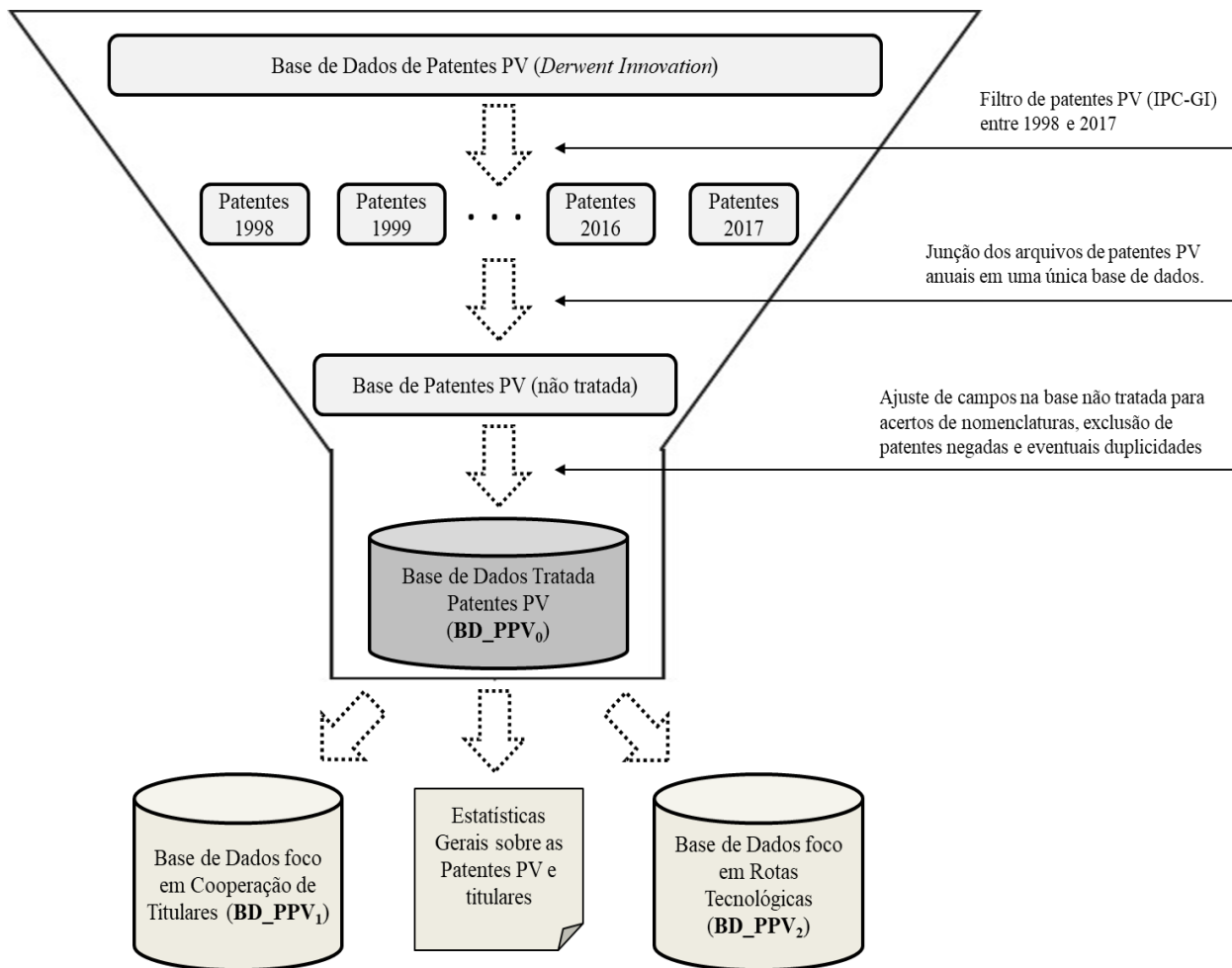
Grupos Tecnológicos	Descrição das Tecnologias	Listas dos IPC's	No. De IPC's
Energia solar fotovoltaica (105 classificações de IPCs)	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica	H01L 27/142, 31/00-31/078, H01G 9/20, H02N 6/00	82
	Uso de material orgânico como parte ativa	H01L 27/30, 51/42-51/48	8
	Montagem de uma pluralidade de células solares	H01L 25/00, 25/03, 25/16, 25/18, 31/042	5
	Silício; crescimento de cristal simples	C01B 33/02, C23C 14/14, 16/24, C30B 29/06	4
	Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares	G05F 1/67	1
	Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares	F21L 4/00, F21S 9/03	2
	Carregamento de baterias	H02J 7/35	1
	Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)	H01G 9/20, H01M 14/00	2

Fonte: Adaptado do IPC *Green Inventory* (WIPO, 2018).

Os dados foram coletados por meio da base *Derwent Innovation (Clarivate)* que aglomera dados dos principais escritórios de patentes e permite o acesso simultâneo às informações das autoridades patentárias. As buscas foram feitas a partir dos códigos do IPC-GI selecionados para identificar todos os depósitos de patentes PV no período de 1998 a 2017 (Figura 16) e foram recuperados os seguintes campos: *Publication Number, Title, Title - DWPI, IPC - Current, IPC Current Full, Assignee - Standardized, Assignee - DWPI, Application Country, Priority Country, Cited Refs - Patent, INPADOC Legal Status, Application Year, Publication Year, INPADOC Family Members, Abstract and Claims*.

Estes dados foram exportados em arquivos no formato texto (.txt) e tratados com auxílio dos softwares MS Access e MS Excel. Em função da limitação do Derwent Innovation para exportação de 60.000 registros de patentes por arquivo, os dados foram gerados em arquivos separados por ano e posteriormente importados em uma única base de dados no MS Access.

Figura 16 - Esquema para composição das bases de dados de patentes PV



Fonte: Elaboração própria.

Uma vez agrupados todos os dados das patentes, foi necessário tratar os dados para que registros com mais de um dado na mesma variável pudesse ser separado. Para exemplificar, uma única patente pode ter um ou mais IPC's atribuídos (*IPC - Current*), um ou mais titulares (*Assignee - Standardized*), zero ou mais referências a outras patentes (*Cited Refs - Patent*). Foram desenvolvidas algumas macros no Excel por meio de linguagem Visual Basic para criação de novas tabelas a partir de dados que estavam agrupados em apenas um registro na base original. Por exemplo, na base original, a patente US963544 tem um único registro os titulares "IBM" e "State Grid". A execução da macro faz com que esse único registro seja transformado em dois, uma linha com o número da patente para cada titular. Essa mesma tratativa foi feita para os registros dos campos *IPC - Current*, *Assignee - Standardized*, *Cited Refs - Patent* e *INPADOC Family Members*.

Também compôs esta etapa, o refinamento nos nomes dos titulares das patentes para obter uma melhor padronização, uma vez que existem variações de sintaxe dos mesmos nomes.

Utilizou-se a ferramenta *OpenRefine*, um software livre desenvolvido pelo Google, para limpeza e transformação de dados confusos, para agrupar e padronizar nomes comuns (VERBORGH; DE WILDE, 2013). Esta etapa não pretende esgotar todas as inconsistências, mas irá minimizá-las, especialmente para os nomes dos responsáveis que ocorrem com mais frequência no banco de dados de patentes PV.

Seguindo os padrões internacionais de numeração de patentes, todas as publicações iniciam com duas letras representando o país de depósito daquela tecnologia. Por exemplo, a patente US20140000681A1 foi depositada nos Estados Unidos, já a JP7249789A foi depositada no Japão. As patentes com o código “WO” estão relacionadas à publicações sob o Tratado de Cooperação de Patentes (PCT) de pedidos internacionais depositados em qualquer escritório receptivo da PCT. Ao país de depósito da patente PCT é usado o código “IB” é usado em relação ao recebimento de pedidos internacionais arquivados na secretaria internacional da WIPO, escritório de recebimento do PCT.

O MS Access e Excel foram usados para geração de estatísticas descritivas acerca da base final de patentes sobre energia solar BD_PPV₀. O banco de dados tratado das patentes sobre energia solar foi denominado BD_PPV₀ e será base para a derivação de bancos de dados diferentes que serão utilizados para análise da cooperação de titulares (BD_PPV₁) e na identificação das rotas das tecnologias mais promissoras (BD_PPV₂).

A construção do banco de dados para a pesquisa, a base geral BD_PPV₀ sobre energia PV, totalizou 138.985 famílias de patentes (Inpadocs)³. Ao filtrar apenas as patentes com dois ou mais titulares, considerado neste trabalho como proxy de cooperação tecnológica, obtém-se a base de cooperação BD_PPV₁ com 37.122 patentes. A partir da base geral BD_PES₀ foi também obtida a base para análise de rotas tecnológicas (BD_PPV₂), com um total de 70.199 patentes, sendo constituída pelas patentes que citam pelo menos uma outra patente.

Devido às patentes não possuírem um campo específico sobre a natureza dos seus titulares, foi feita uma classificação com base em termos obtidos a partir dos próprios nomes dos titulares e que induzem à identificação à natureza de suas atividades. Tal categorização visa identificar se organizações com naturezas diferentes apresentam comportamentos de colaboração e interesses distintos no desenvolvimento de tecnologias PV. Dessa forma, os titulares das patentes PV foram classificados em três grupos: “Universidade” cujos nomes dos

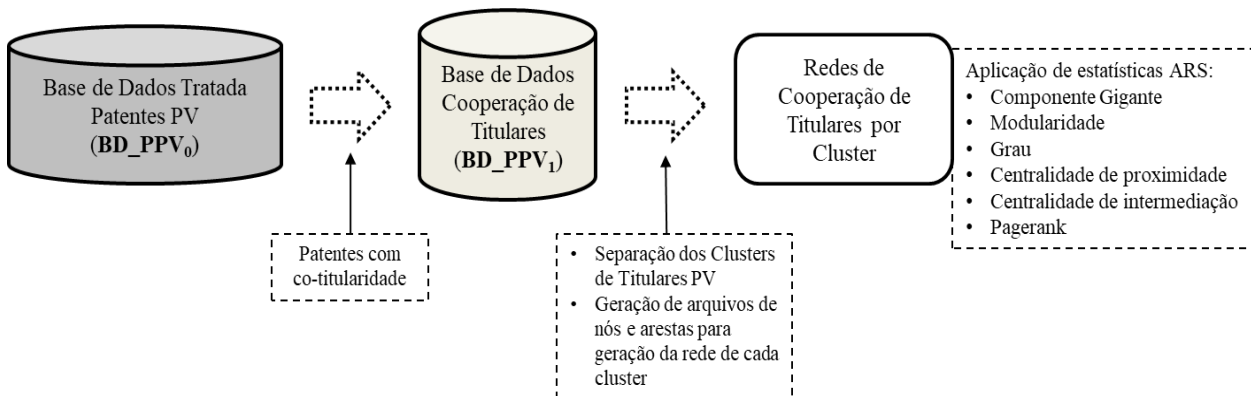
³ Para efeito de tornam a leitura da tese mais fluída utilizou-se o termo patente nas seções de análise para se referenciar aos INPADOCs (família de patentes) e não aos depósitos feitos individualmente em cada escritório patentário.

titulares têm termos relacionado a universidade, faculdades, academia, escola ou instituto politécnico; “Centro de Pesquisa” composto por institutos, agências ou centros de pesquisa, fundações ou laboratórios; “Empresas” diz respeito às demais organizações tanto privadas quanto públicas.

3.2.2 Mapeamento e caracterização das redes de cooperação de titulares PV

Para geração das redes e identificação das cooperações para desenvolvimento de tecnologias PV, foi derivada da base BD_PPV_0 uma nova base de dados denominada BD_PPV_1 . A base BD_PPV_1 foi obtida por meio de filtragem das patentes que possuem alguma co-titularidade e excluindo-se desta base as patentes com apenas um único titular. São utilizadas patentes com mais de um titular como proxy para cooperação tecnológica. Ou seja, a construção da rede de cooperação parte do princípio de que se uma patente tem dois ou mais titulares, tal tecnologia foi desenvolvida em parceria. Assim, a patente com um único titular pode ser definida como resultado de esforços internos de P&D ou pode ser assumida como tecnologia proprietária. O esquema para obtenção desta base é mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Esquema para identificação de redes de cooperação de titulares PV



Fonte: Elaboração própria.

Após a composição da base de dados de patentes BD_PPV_1 , iniciarão as análises e avaliações da cooperação por meio da técnica ARS. O software *Gephi* (Bastian; Heymann; Jacomy, 2009) será utilizado como ferramenta para construção, visualização e análise das redes sociais. Para tornar a análise mais estruturada, serão construídas redes separadas para cada cluster (comunidade) de titulares PV.

As redes de cada cluster serão construídas utilizando todas as patentes do período analisado para aquele grupo, sendo os nós representados pelos titulares das patentes e as arestas

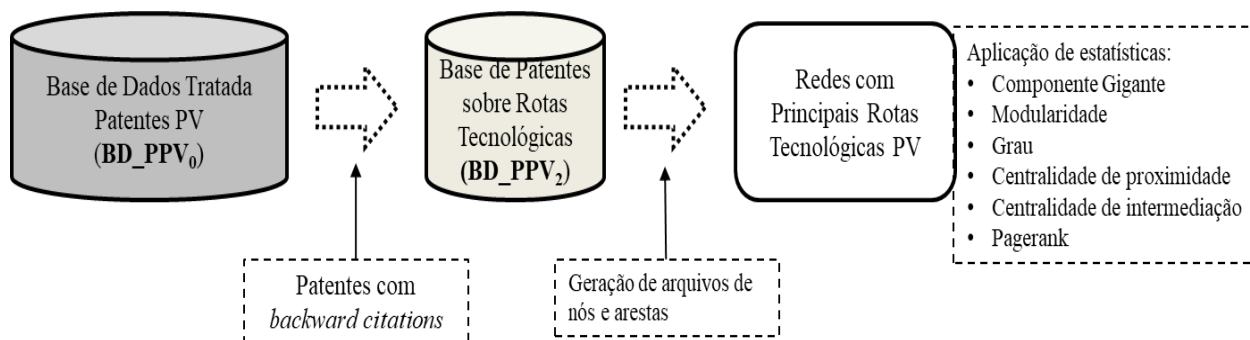
pelas patentes. Inicialmente serão constituídas redes bipartidas em que os nós são as organizações (empresas, universidades ou centros de pesquisa) que se interligarão umas às outras por meio de outros nós. Dessa forma, o passo seguinte é a obtenção da uma rede cujos nós são exclusivamente os titulares. Para isso, os nós categorizados como patentes são transformados em arestas por meio da função nativa do Gephi denominada *Multimode Transformation*, na qual os nós representam os titulares que compartilham a titularidade e as arestas representam justamente a patente desenvolvida em cooperação por estes titulares. Esta transformação da rede é necessária pois a análise de cooperação neste tipo de rede é complexa, uma vez que o mesmo objeto (nó) representa tanto os titulares quanto às patentes.

Como estatísticas de apoio à ARS, foram utilizados os indicadores sobre modularidade, grau, grau médio ponderado, grau de intermediação, grau de proximidade, componente gigante e *pagerank* de tal forma a se obter as análises e constatações necessárias para responder ao problema de pesquisa. Especialmente a métrica de modularidade, cujo algoritmo permite agrupar os nós que são mais densamente conectados ao resto da rede e define as comunidades de acordo com a força de suas conexões (NEWMAN, 2006; BLONDEL et al., 2008), é utilizado para identificação dos clusters de cooperação.

3.2.3 Identificação das rotas tecnológicas e tecnologias PV emergentes

A análise das rotas tecnológicas e identificação das tecnologias emergentes também parte da base de dados inicial de patentes de ES (BD_PPV₀). Para obtenção da base BD_PPV₂, é aplicado um filtro na base de tal forma a se obter apenas as patentes que fazem alguma referência à outras patentes. Dessa forma, patentes que não citam outras patentes foram eliminadas da base (Figura 18).

Figura 18 - Identificação de redes com principais rotas tecnológicas PV



Fonte: Elaboração própria.

O software *Gephi* também foi utilizado para construção, visualização e análise das redes sociais que possibilitará a identificação das principais rotas sobre PV. Assim como na rede de cooperação, as rotas também serão definidas obedecendo os grupos de tecnologias PV apresentados na seção anterior. Também nestas redes serão utilizadas as estatísticas de componente gigante, modularidade, grau, grau médio ponderado, centralidade de proximidade e intermediação e *pagerank* como formas de obter os nós e arestas mais importantes da rede.

A utilização do algoritmo de modularidade do *Gephi* permitiu identificar os clusters de citação e destes foram selecionados 10 dos quais foi aplicado o algoritmo SPLC para obtenção das rotas tecnológicas (RT) sobre PV. O SPLC foi utilizado no *Gephi* por meio de um plugin desenvolvido por Linares (2014) e que permite executar as estatísticas SPLC para as patentes que serão classificadas de acordo com o respectivo algoritmo.

Uma vez obtidas as principais rotas de cada cluster de citação, foi realizada uma análise dos dados das tecnologias mais emergentes e promissoras com o objetivo de identificar cooperações para o desenvolvimento deste tipo de tecnologia. Existem muitas definições para denominar “tecnologia emergente” (ROTOLO; HICKS; MARTIN, 2015, p. 1841). Neste estudo, definimos as tecnologias mais emergentes e promissoras (TMEP) como as patentes mais recentes e que estão no topo de cada RT. Assim, este estudo apresenta uma análise sobre cada rota, as patentes que a compõem, os principais mercados de proteção e características tecnológicas da RT. Também aponta as patentes mais influentes na RT, seus titulares e explora as várias características das patentes identificadas como TMEP em cada RT, além de identificar se tais TMEP são resultado de cooperação tecnológica ou de esforços internos dos P&Ds das organizações titulares destas patentes. Esta etapa também fez uso da ferramenta *Wordle* para geração e análise de nuvem de palavras (VIEGAS; WATTENBERG; FEINBERG, 2009; MCNAUGHT; LAM, 2010) e que auxiliará na identificação dos termos mais usados nos resumos das patentes PV.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Nesta seção são apresentadas algumas técnicas utilizadas na análise dos titulares e patentes PV. Dessa forma, são apresentadas definições e características das técnicas de ARS, bem como as principais funções que serão utilizadas aqui. Por último, a conceituação sobre a força mútua da relação de cooperação que foi utilizado como variável sobre a parceria entre titulares PV também é explorado nesta seção.

3.3.1 Análise de redes sociais

A Análise de Redes Sociais (ARS) pode ser utilizada como uma poderosa abordagem para obtenção de respostas sobre comportamento entre indivíduos ou organizações bem como para a compreensão de padrões e principais agentes influenciadores dentro um tema. Esta seção aborda os principais conceitos e características sobre análise de redes sociais, aponta alguns algoritmos e técnicas aplicados à análise de redes sociais que são utilizados nesta pesquisa e faz uma síntese das suas principais aplicações sobre análise de redes sociais.

3.3.1.1 Definições e características das redes sociais

O termo redes sociais têm permeado nossas vidas desde a popularização na internet de ferramentas como Orkut, Facebook, Google+, LinkedIn, Instagram, Snapchat, entre dezenas de outras que possibilitam as pessoas e organizações se relacionarem. Mas, os estudos sobre redes sociais possuem vários anos de discussão e se diferenciam do fenômeno das “redes sociais”. A ideia de que as instituições ou indivíduos estão inseridos em uma estrutura de relações e interações sociais faz da análise de redes sociais (ARS) um importante método para compreensão de inúmeros fenômenos sociais (BORGATTI et al., 2009). A ARS refere-se a uma técnica originada da Antropologia, Sociologia e Psicologia Social (FREEMAN, 1996). Segundo Wellman e Berkowitz (1988), ARS trata-se de um tipo de abordagem utilizada para investigar as estruturas sociais, não sendo assim uma teoria sobre ciências sociais. Em seu trabalho, Zhang (2010) afirma que ARS, do inglês *Social Network Analysis* (SNA), trata-se de uma técnica interdisciplinar influenciada por diversas áreas do conhecimento tais como sociologia, psicologia, matemática e ciência da computação. O método ARS tem inúmeras aplicações voltadas para a área de tecnologia (STUART, 1998; VAALAND; PURCHASE; OLARU, 2005; CANTNER; GRAF, 2006; THOMPSON, 2006; STERNITZKE et al., 2009). Atualmente, áreas como administração e economia têm buscado por meio de pesquisa aplicada, compreender os atores, relações e suas influências nas redes com o objetivo de aprimorar a gestão tecnológica (WENG, 2014).

Wasserman e Faust (1994, p.4-5) tem a seguinte definição sobre ARS:

“A análise de redes sociais baseia-se na hipótese da importância das relações entre as unidades que interagem. A perspectiva da rede social engloba teorias, modelos e aplicações que são expressos em conceitos ou processos relacionais. Junto com crescente interesse e aumento do uso de análise de rede chegou a um consenso sobre os princípios centrais subjacentes à perspectiva de rede. Além do uso de conceitos relacionais, observamos o seguinte como sendo importante (Wasserman; Faust, 1994, p. 4-5):

- Os atores e suas ações são vistos como interdependentes, em vez de unidades independentes ou autônomas;

- Laços relacionais (vínculos) entre atores são canais para transferência ou "fluxo" de recursos (material ou imaterial);
- Os modelos de rede com foco em indivíduos visualizam o ambiente estrutural da rede como provedora de oportunidades ou para restrições sobre a ação individual;
- Os modelos de rede conceituam estruturas (social, econômica, política e assim por diante) como padrões de relações entre os atores.

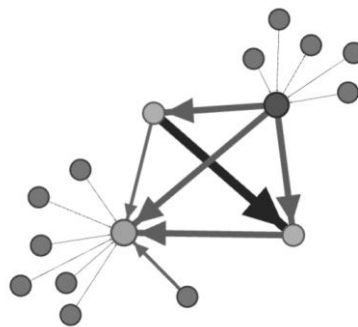
A unidade na análise de rede não é o indivíduo, mas uma entidade constituída por um conjunto de indivíduos e as ligações entre eles. Métodos de rede se concentram em duplas (dois atores e seus laços), tríades (três atores e seus laços), ou sistemas maiores (subgrupos de indivíduos ou redes inteiras).”

Borgatti, Everett e Freeman (2002) complementam esse conceito ao afirmar que a teoria de rede tem similaridades com a teoria de sistemas e teoria da complexidade. Além disso, as redes sociais também são caracterizadas por uma metodologia que abrange técnicas de coleta de dados, análise estatística, representação visual e aplicação diversos de algoritmos analíticos.

A ARS explora a relação (denominados como "laços", "arcos" ou "bordas") entre os atores (conhecidos como "nós" ou "vértices"). Historicamente, a metodologia foi focada na relação entre os seres humanos. No entanto, uma vez que os algoritmos subjacentes se originam do campo da teoria dos grafos e são universalmente aplicáveis, modelagens de relações técnicas tais como o tráfego por meio da internet também se tornaram populares (TOELLE, 2000). Tendo patentes ou informações da literatura como base, os nós podem representar indivíduos como os inventores, os requerentes de patentes ou documentos como patentes ou artigos científicos. Laços podem simbolizar a cooperação entre os nós ou links de citação. Construída a partir dos dados de citações de patentes, a Figura 19 exemplifica uma rede em que as setas representam citações realizadas e as setas com maior espessura ligam nós mais centrais e por isso apontam para as ligações mais relevantes nesta rede.

A ARS auxilia na compreensão de processos inovadores, pois se trata de um método comumente utilizado para analisar fluxos de informações contidas nas patentes bem como a inter-relação entre entidades, conforme afirma Sternitzke et al. (2009). Esta abordagem analisa as relações entre atores sociais. Os atores na ARS dos quais as ligações são avaliadas, podem ser tanto pessoas ou empresas interpretadas como unidades individuais, quanto unidades sociais coletivas como, por exemplo, departamentos dentro de uma organização, agências de serviço público em uma cidade, estados-nações de um continente ou do mundo (WASSERMAN; FAUST, 1994). Desta forma, a ARS se torna apropriada para ser utilizada por pesquisadores de diferentes áreas de conhecimento que buscam compreender o impacto das relações numa estrutura em forma de redes.

Figura 19 - Rede com dados patentários sobre energia PV construída com o Gephi



Fonte: Próprio autor.

Ainda segundo Wasserman e Faust (1994), a diferença fundamental da ARS para outros métodos de estudos é que a ênfase não é nos atributos (características) dos atores, mas nas ligações entre os elos; ou seja, a unidade de observação é composta pelo conjunto de atores e seus laços. O Quadro 11 traz conceitos fundamentais para entendimento desta teoria que fundamenta a estrutura metodológica desta pesquisa.

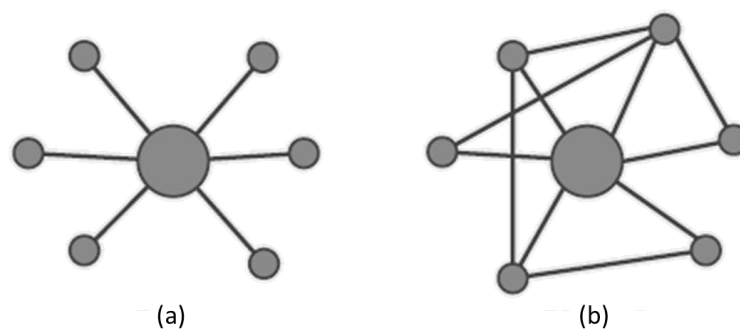
Algumas considerações importantes são feitas por Borgatti et al (2009) acerca da interpretação dos resultados de uma rede: (i) as estruturas de rede de mais rápido desempenho são aquelas em que a distância de todos os nós e o nó centralizador (ego) é a mais curta; (ii) pesquisadores afirmam que a centralidade aponta para uma maior capacidade da empresa de inovar (POWELL; KOPUT; SMITH-DOERR, 1996; SHIPILOV; LI, 2008); (iii) uma melhor centralidade aponta para maior poder e influência do nó na rede (BRASS, 1984); (iv) dada uma rede ego, um buraco estrutural é a ausência de uma ligação entre um par de nós (Figura 20) e redes egos com muitos buracos estruturais são melhores em determinadas configurações competitivas (BURT, 1983; BURT, 2009).

Quadro 11 - Termos e definições importantes

Termos	Definições
Nó ou vértice	Elemento básico ou agente local de uma rede.
Aresta ou ligação	É a ligação entre dois ou mais nós em uma rede. Laços podem ser dirigidos ou não e ter valores conforme a força da ligação entre os nós.
Redes	Redes são conjuntos de nós conectados por arestas. Redes são equivalentes a grafos.
Rede dirigida/não dirigida	Se tem apenas um sentido a relação entre os nós a rede é dita dirigida. Se o sentido da ligação é bidirecional, a rede é chamada não dirigida.
Rede bipartida	Representação de uma rede em que os vértices possuem mais de uma aresta. Em tal rede, há dois tipos de vértices, um representando os vértices originais e o outro representando os grupos a que pertencem.
Grau	Número de arestas que estão ligadas a um nó.
Grau médio	Número médio de conexões dos nós de uma rede e define o peso dos nós conforme a quantidade de suas conexões.
Grau ponderado médio	Representa o número de conexões ponderadas que, em média, os nós de uma rede possuem. Similar ao grau médio, mas, para sua medida, utiliza-se os pesos das arestas em seu algoritmo para, então, definir o peso dos nós.
Diâmetro	Comprimento da maior distância entre dois nós medidos pelo número de ligações.
Densidade	Descreve a porção das conexões potenciais em uma rede que são conexões reais.
Caminho geodésico	Menor distância entre dois nós. Caminho de menor tamanho.
Intermediação (<i>Betweenness</i>)	Número de “ <i>shortest paths</i> ” de todos os nós para todos os outros nós que passam através de um determinado nó.
Proximidade (<i>Closeness</i>)	Comprimento médio das distâncias entre um nó e todos os demais nós no grafo.
Componente Gigante	Para redes grandes e complexas corresponde a uma fração significativa de todos os nós.
Triangulações	Processo no qual dois nós que possuem ligação em comum com um outro nó também se conectam em algum momento na rede social. Também conhecido pelo termo fechamento triádico.
Rede Ego	Refere-se ao foco em um nó individual e duas relações. Uma rede tem tantas redes ego quando sua quantidade de nós.

Fonte: Adaptado de Newman (2010, p. 109-140), Easley e Kleinberg (2010, p. 21-39).

Figura 20 - Exemplo de redes de ego contém muitos (a) e poucos (b) buracos estruturais.



Fonte: Borgatti et al (2009, p. 894).

A falta de buracos estruturais em torno de um nó significa que os nós estão mais “ligados” e podem se comunicar e coordenar de modo a agir como se fossem “um só nó”. Isso dá a estes nós uma oportunidade maior de negociação. Em contraste, um nó ego com muitos buracos estruturais pode reproduzir nós desconectados uns contra os outros e gerar uma dependência ainda maior sobre si mesmo (Borgatti et al., 2009).

A seguir apresentam-se alguns algoritmos da ARS, utilizados neste estudo para explorar as diversas características dos atores e suas relações nas redes.

3.3.1.2 Funções utilizadas em ARS

Uma vez definida a rede com seus nós e arestas, existe uma ampla variedade de métricas que podem ser utilizadas para avaliar não só os elementos (composição) de uma rede, mas também como eles se comportam ao estarem juntos e interligados. As principais funções e algoritmos utilizados em ARS e adotadas neste trabalho são:

- Centralidade do grau (*Degree centrality*):

O grau de um vértice k é o número de ligações diretas que originam ou terminam neste vértice k . Centralidade do grau então é a soma das ligações de todos outros vértices que estão diretamente ligados ao vértice k . É usado como medida de conectividade de um nó e, portanto, também é uma forma de mensurar a popularidade de um nó. Também é útil para avaliar os nós que são centrais no que diz respeito à divulgação de informações e capacidade de influência da sua "vizinhança" imediata (NEWMAN, 2010; ZHANG, 2010). Logo, um nó que tem alta centralidade do grau tende a ser um ator relevante na sua rede de relacionamentos. Um exemplo de interpretação em redes sociais da medida de centralidade do grau seria “Quantas pessoas (nós) esta empresa X (nó) pode atingir diretamente?” ou “Em uma rede de colaboração sobre tecnologia, quantas pessoas tem a empresa X como colaboradora?”.

- Centralidade da intermediação (*Betweenness centrality*):

Este tipo de centralidade refere ao número de vezes que um nó k liga pares de outros nós i e j de tal forma que sem a intermediação do nó k , os nós i e j não seriam capazes de se comunicarem (NEWMAN, 2010). Trata-se de uma maneira de mensurar o potencial de controle de como um nó com elevada "intermediação" é capaz de atuar como um controlador no fluxo de recursos (informações, dinheiro, poder, por exemplo) entre outros nós que ele se conecta.

Considere $P_i(kj)$ como sendo o número de distâncias geodésicas (caminhos mais curtos) entre k e j das quais i pertence e $P(kj)$ como sendo o número total de distâncias geodésicas entre k e j . Avaliando a razão $P_i(kj) = P(kj)$ é possível observar a importância de i em termos de intermediação ao conectar k e j de tal forma que quanto mais próximo de 1 é o resultado desta razão, mais relevante é o nó i no caminho entre os nós k e j . Aplicando a média a todos os pares de nós, a centralidade da intermediação de um nó i pode ser expressa como sendo (JACKSON, 2008):

$$Ce_i^B(g) = \sum_{k \neq j: i \notin \{k, j\}} \frac{P_i(kj)/P(kj)}{(n-1)(n-2)/2}$$

Esta medida de centralidade é puramente uma medida estrutural da popularidade, eficiência e poder em uma rede, ou seja, o ator mais conectado ou centralizado é também o mais popular, eficiente ou poderoso. Sob a ótica de ARS, uma interpretação para esta medida poderia ser "Qual a probabilidade da organização Y ser a rota mais direta entre duas outras organizações na rede?". Ou ainda "Numa rede sobre filantropia, quem seria a pessoa ou entidade que influenciaria mais outras pessoas a doarem algo?".

- Centralidade da proximidade (*Closeness centrality*)

Esta função é baseada na noção de distância. Se um nó k está perto de todos os outros nós na rede a uma distância de não mais do que um, então este nó k não é dependente de qualquer outro nó para chegar a todos os demais nós na rede. Esta medida também pode ser interpretada como sendo o cálculo do tamanho médio de todos os caminhos mais curtos de um nó para todos os outros nós na rede (ou seja, quantos saltos, em média, que leva para chegar a qualquer outro nó). É uma medida do alcance, isto é, a velocidade com a qual a informação pode atingir outros nós a partir de um determinado nó inicial (ZHANG, 2010). A função que expressa a centralidade da proximidade é:

$$C_c = \frac{(n-1)}{\sum_{j \neq i} l(i,j)}$$

onde $l(i, j)$ é tido como o número de ligações no caminho mais curto entre i e j . Dessa forma, a centralidade da proximidade mede a independência ou a eficiência de um ator na rede. No caso de redes desconectadas, a centralidade da proximidade deve ser calculada para cada componente da rede separadamente (JACKSON, 2008). Na prática, esta medida poderia responder a seguinte pergunta: “Quão rápido essa doença pode chegar a todos na rede?” ou “Na internet, qual a velocidade e alcance pode ser a propagação de uma notícia para o resto da rede?”.

- Centralidade do autovetor (*Eigenvector centrality*)

A abordagem Eigenvector é um esforço para encontrar os atores mais centrais (ou seja, aqueles com o menor distanciamento de outros atores) em termos de estrutura global ou total da rede. De uma forma geral, uma análise fatorial identifica as “dimensões” das distâncias entre os atores (HANNEMAN; RIDDLE, 2005). A localização de cada ator com relação a cada dimensão é chamada de “valor próprio” (*eigenvalue*) e a coleção de tais valores é chamado de “vector próprio” (*eigenvector*). A centralidade do autovetor leva em consideração a relevância das ligações ao invés de observar apenas a quantidade ou distância das mesmas entre os nós. A função que representa a centralidade Eigenvector é (JACKSON, 2008):

$$\lambda C_i^e(g) = \sum_j g_{ij} C_j^e(g)$$

onde $C_i^e(g)$ representa o autovetor (eigenvector), sendo que a centralidade do nó g é proporcional à somatória das centralidades dos nós diretamente ligados ao nó g . Em outras palavras, um nó com uma alta centralidade de autovetor está ligado a outros nós com alta centralidade de autovetor. Esta medida se assemelha à forma como o Google classifica páginas da web (NEWMAN, 2010). Questionamentos que podem ser explorados sob a perspectiva desta medida são: “Quão famosa é esta pessoa conectada a outras pessoas também famosas e bem conectadas?” ou “Numa rede de citações, quem é o autor mais citado por outros autores também bem citados?”.

- Modularidade (*Modularity*)

A análise da modularidade é uma importante função a ser utilizada nesta pesquisa ao permitir a identificação de agrupamentos de nós afins, formando assim comunidades ou clusters. O algoritmo de modularidade proposto por Blondel et al. (2008) leva em consideração o cálculo do número médio das conexões aleatórias em uma rede, comparando este número com as conexões encontradas em cada nó da respectiva rede. O ganho de modularidade ΔQ obtido pela movimentação de um nó i para uma comunidade C pode ser expressos pela função:

$$\Delta Q = \left[\frac{\Sigma_{in} + k_{i,in}}{2m} - \left(\frac{\Sigma_{tot} + k_i}{2m} \right)^2 \right] - \left[\frac{\Sigma_{in}}{2m} - \left(\frac{\Sigma_{tot}}{2m} \right)^2 - \left(\frac{k_i}{2m} \right)^2 \right]$$

Sendo que, Σ_{in} representa a soma dos nós dentro da comunidade C , Σ_{tot} refere-se a soma dos pesos das ligações incidentes nos nós de C , k_i é a soma dos pesos das ligações incidentes no nó i , $k_{i,in}$ é a soma dos pesos das ligações de i para nós dentro de C e m é a soma dos pesos de todas as ligações de toda rede.

O algoritmo é dividido em duas fases que são repetidas iterativamente. Na primeira fase, os nós são agrupados em comunidades e as junções com maior valor na modularidade são mantidas. Na segunda fase, os valores de modularidade são somados tendo como referência as modularidades de cada nó e em seguida a primeira fase é repetida só que agora calculando novos valores de modularidade para os pares e não para cada nó individualmente. Esse algoritmo recursivo só é finalizado após a execução de vários ciclos de processamento e quando são atingidos os valores máximos para o ganho de modularidade ΔQ .

- PageRank

O *PageRank* é uma medida bastante conhecida na web pois deu origem ao Google que hoje é conhecido com uma das principais ferramentas de busca na internet. Ao idealizar o protótipo do Google, Brin e Page (2012) criaram um algoritmo de busca em larga escala fazendo uso pesado da estrutura presente nos hipertextos das páginas Web. Assim, foi desenhado para pesquisar e indexar a Web eficientemente e trazer resultados mais satisfatórios do que as ferramentas que existiam até então.

A função *PageRank* tem a seguinte definição (PAGE et al., 1999): seja u e v duas páginas web, N_v é o número de conexões a partir de v , B_u é um conjunto de páginas que apontam para u e $E(u)$ algum vetor (apontamento) sobre as páginas Web que corresponde a uma fonte de

classificação. Então, o *PageRank* de um conjunto de páginas Web é uma designação R' para as páginas da Web que satisfaçam:

$$R'(u) = c \sum_{v \in B_u} \frac{R'(v)}{N_v} + cE(u)$$

Tal que c é maximizado e $\|R'\|_1 = 1$ ($\|R'\|_1$ denota a norma L_1 de R').

O *PageRank* funciona na Web justamente porque uma página web que tem apontamentos (conexões) a partir de páginas importantes em outros lugares é uma boa indicação de que sua página pode também ser importante (NEWMAN, 2010). Dessa forma o algoritmo *PageRank* é também utilizado em ARS como uma função análoga às demais de centralidade e utilizada para apontar os vértices mais importantes na rede tanto quantitativamente (por possuir conexões com muitos outros nós) quanto qualitativamente (ao receber apontamento de outros nós também importantes).

- Layouts ForceAtlas2 e Frucherman Reingold:

Na ARS, a visualização gráfica de uma rede é mais um dos grandes diferenciais deste tipo de metodologia ao permitir a exibição espacial de uma rede por meio de seus atores, suas relacionais e todos os atributos implícitos a eles tais como centralidade dos nós, formação de comunidade, graus, força das conexões, etc. Soma-se a isso toda variedade de formas, cores, e simbologias que podem ser mostradas graficamente numa rede. Para isso, a definição do algoritmo de layout mais apropriado para uma determinada análise é fundamental.

O ForceAtlas2 é seu algoritmo de layout padrão desenvolvido para o software *Gephi*. Seu funcionamento e configurações permitem a definição de um layout *force-directed* e integra diferentes técnicas como a simulação Barnes Hut e da força repulsiva dependente do grau e configurações adaptativas locais e globais (JACOMY et al., 2011). O algoritmo Frucherman Reingold também se trata de um layout com regulagem de força de atração entre os nós e permite uma visualização da rede em um formato mais uniforme (FRUCHTERMAN; REINGOLD, 1991).

Com a compreensão sobre os principais conceitos, características e benefícios de se usar análise de redes sociais, o próximo passo é discutir sobre o tema “Cooperação Tecnológica” e seus desdobramentos.

3.3.2 Força mútua e dependência unilateral da relação de cooperação

Há diferentes maneiras de medir a colaboração no desenvolvimento de uma tecnologia: frequência de interações entre titulares de patentes, trocas recíprocas de conhecimento e força das relações mútuas de colaboração. Um dos métodos mais conhecidos para mensurar a força das relações é a medida de Salton (SALTON; MCGILL, 1983). Esta medida permite identificar o quão exclusivo ou dependente é a relação de cooperação entre duas entidades. Corroborando com a análise deste tipo de variável, Xue et al. (2017) afirma que a frequência de interação e o intercâmbio recíproco potencializam a força do relacionamento entre duas entidades e, conseqüentemente, a força da relação influencia significativamente o desenvolvimento de inovações tecnológicas.

O indicador da medida de Salton é usado para definir a força relativa do elo de colaboração mútua entre dois titulares (GLANZEL, 2001; ZHOU; GLANZEL, 2010). É calculado pelo total de patentes conjuntas divididas pela raiz quadrada do produto de patentes dos dois titulares. Nessa medida, a força mútua da relação de cooperação $FMRC_{ij}$ é mensurada da seguinte forma:

$$FMRC_{ij} = CM_{ij} / \sqrt{TP_i \times TP_j}$$

onde, CM_{ij} é o número de patentes em colaboração mútua entre os titulares i e j , e TP_i e TP_j é total de patentes de cada titular, respectivamente.

Além da força mútua das relações de cooperação, também será avaliada a dependência unilateral sobre aquela relação de parceria. Essa medida é uma adaptação da afinidade de cooperação proposta por Glänzel (2000, 2001) e Glänzel and Schubert (2001), no qual a dependência unilateral da relação de cooperação $DURC_i$ ocorre da seguinte maneira:

$$DURC_i = CM_{ij} / TP_i$$

onde, CM_{ij} é o número de patentes em colaboração mútua entre os titulares i e j , e TP_i é o número total de patentes do titular i . Estas análises permitirão apontar o quão o titular da relação tem exclusividade de cooperação com seu parceiro no desenvolvimento de tecnologias PV.

3.4 DEFINIÇÃO DE TERMOS E VARIÁVEIS

Abaixo estão definidos os principais termos e variáveis utilizados nesta pesquisa:

- *Patentes de Energia Solar PV*: são documentos patentários relacionadas à energia solar fotovoltaica conforme classificação do IPC *Green Inventory* que descrevem alguma tecnologia PV capaz de atenuar a necessidade de recursos envolvidos no processo de produtos e/ou que abrandam a emissão de resíduos no meio ambiente.
- *Análise de redes sociais (ARS)*: técnica de análise que possibilita explorar diferentes entidades e/ou objetos de tal forma a determinar as características das suas relações e inferir sua real importância naquele contexto.
- *Rotas tecnológicas (RT)*: definição dos caminhos mais relevantes no desenvolvimento de uma determinada tecnologia e que permite apontar quais tecnologias são as mais emergentes. Será utilizado as citações das patentes (*backward citations*) para identificação das rotas de maior importância com base nos resultados do algoritmo SPLC.
- *Tecnologias mais emergentes e promissoras (TMEP)*: refere-se às patentes mais recentes que estão no top de cada RT e que são potencialmente mais relevantes.
- *Cooperação tecnológica*: relação de apoio mútuo entre entidades que resulta no depósito de uma patente (co-titularidade). Será utilizado como proxy de cooperação, a identificação de dois ou mais titulares (*assignees*) na mesma patente.
- *Força mútua da relação de cooperação (FMRC)*: medida utilizada para identificar o grau de apoio mútuo entre dois titulares (medida de Salton).
- *Dependência unilateral da relação (DURC)*: métrica para identificar a dependência unilateral das relações de cooperação.
- Número da Patente (*Publication Number*): Número da patente (INPADOC) quando realizado o depósito original.
- Título da patente (*Title*): título original da patente
- Data de depósito (*Application Date*): Data de depósito da patente.
- IPC (*IPC - Current*): código IPC da patente e que caracteriza seu domínio tecnológico
- Titular da patente (*Assignee - Standardized*): Depositante da patente.
- Referências citadas (*Cited Refs - Patent*): código das patentes citadas
- INPADOC (*INPADOC Family ID*): código da família INPADOC das patentes.
- Ano de depósito (*Application Year*): ano de depósito da patente
- Ano de publicação (*Publication Year*): ano de publicação da patente

- País de depósito (*Application Country*): país de depósito da patente
- País de publicação (*Publication Country*): país de publicação da patente
- Membros da família de Inpadocs (*INPADOC Family Members*): números das patentes depositadas em diferentes escritórios
- Resumo (*Abstract*): Sumarização do conteúdo da invenção.
- Reivindicações (*Claims*): Reivindicações da patente contêm o conteúdo da invenção que está sendo protegida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo está organizado em 3 seções que descrevem as estatísticas gerais das patentes e dos titulares de patentes PV, mapeia e caracteriza as redes de cooperação formadas pelos titulares, identifica as principais rotas tecnológicas e tecnologias PV emergentes e promissoras e investiga se estas foram resultado de cooperação entre organizações.

4.1 ESTATÍSTICAS GERAIS DAS PATENTES FOTOVOLTAICAS

Nesta seção são apresentados resultados da investigação referente as patentes sobre energia solar PV. Inicialmente apresenta-se a evolução das patentes sob a perspectiva das principais tecnologias e países de interesse para proteção de patentes PV. Em seguida, são explorados os dados referentes aos titulares, os tipos de tecnologias PV que cada um deles desenvolve, bem com os mercados de maior interesse de proteção.

4.1.1 Evolução das patentes fotovoltaicas

As consultas a plataforma de patentes *Derwent Innovation* da *Clarivate* para os 105 IPC's correspondentes à energia solar fotovoltaica (IPC-GI) entre os anos de 1998 e 2017 permitiram a identificação de 138.985 famílias de patentes (Inpadocs), nos quais verificou-se a existência de cooperação tecnológica entre os titulares de 37.122 Inpadocs. Do conjunto inicial de dados analisou-se 70.199 patentes para a construção das rotas tecnológicas.

Nos 20 anos analisados (Tabela 1), observa-se um crescimento na quantidade de depósitos de patentes fotovoltaicas, especialmente a partir de 2007. Até 2006, o crescimento médio foi 9,8% ao ano e de 2007 a 2016 essa média saltou para 21,8% ao ano. Por questões intrínsecas ao processo da análise patentária, é natural que períodos mais recentes, como é o caso de 2017, apresente uma queda na quantidade uma vez que muitas patentes ainda se encontram no período de sigilo (18 meses). Um fato a se observar, é que as patentes em cooperação apresentaram um comportamento inverso. Até 2006, observou-se uma cooperação média de 31,9% e a partir de 2007, esse percentual médio reduziu-se para 25,8%, ocorrendo uma queda maior a partir de 2013. Este comportamento pode ser explicado pelo crescimento dos depósitos de patentes PV chinesas nos últimos anos, uma vez que este país tem um perfil de desenvolvimento com menor incidência de parcerias. Esta tendência ascendente nas pesquisas e patenteamento de inovações PV segue em paralelo ao crescimento da demanda mundial por energia (BLOOMBERG, 2016), bem como está alinhado às perspectivas de

evolução para uma matriz energética composta por fontes renováveis, especialmente energia PV (IEA, 2018a). De qualquer forma, estes resultados já oferecem indícios de uma tendência das organizações em desenvolver suas tecnologias de forma proprietária, resultado dos esforços exclusivos das suas áreas de P&D.

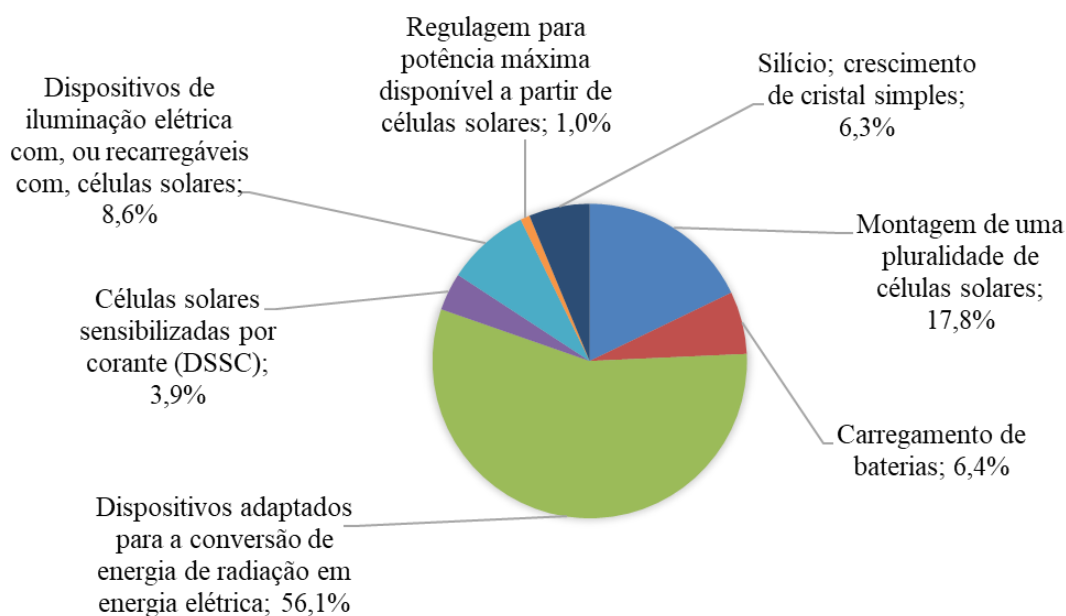
Tabela 1 - Distribuição das patentes PV no período de 1998 até 2017

Ano	Total de Patentes PV	Patentes PV em Cooperação		Patentes PV que citaram outras patentes	
1998	1.461	333	22,8%	393	26,9%
1999	1.450	207	14,3%	549	37,9%
2000	2.100	444	21,1%	786	37,4%
2001	2.552	939	36,8%	1.031	40,4%
2002	2.334	958	41,0%	1.089	46,7%
2003	2.659	1.015	38,2%	1.556	58,5%
2004	2.600	947	36,4%	1.641	63,1%
2005	2.463	804	32,6%	1.512	61,4%
2006	2.837	885	31,2%	1.948	68,7%
2007	4.152	1.447	34,9%	2.851	68,7%
2008	5.457	1.840	33,7%	3.550	65,1%
2009	7.598	2.722	35,8%	5.285	69,6%
2010	9.082	3.533	38,9%	6.478	71,3%
2011	9.768	4.688	48,0%	6.989	71,5%
2012	11.827	5.014	42,4%	7.452	63,0%
2013	12.228	3.445	28,2%	6.988	57,1%
2014	12.888	2.563	19,9%	6.334	49,1%
2015	14.567	2.169	14,9%	5.614	38,5%
2016	19.182	2.167	11,3%	6.973	36,4%
2017	11.780	1.002	8,5%	1.180	10,0%
Total	138.985	37.122	26,7%	70.199	50,5%
Média	6.949	1.856		3.510	

Fonte: Elaboração própria.

Ao detalhar um pouco mais as tecnologias que compõem a classe de IPC's fotovoltaicos, por subgrupo tecnológico (Figura 21), constatou-se uma distribuição com predominância das tecnologias de *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* (56%), *Montagem de uma pluralidade de células solares* (18%) e *Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares* (9%), representando 83% dos IPCs das classificações das patentes PV.

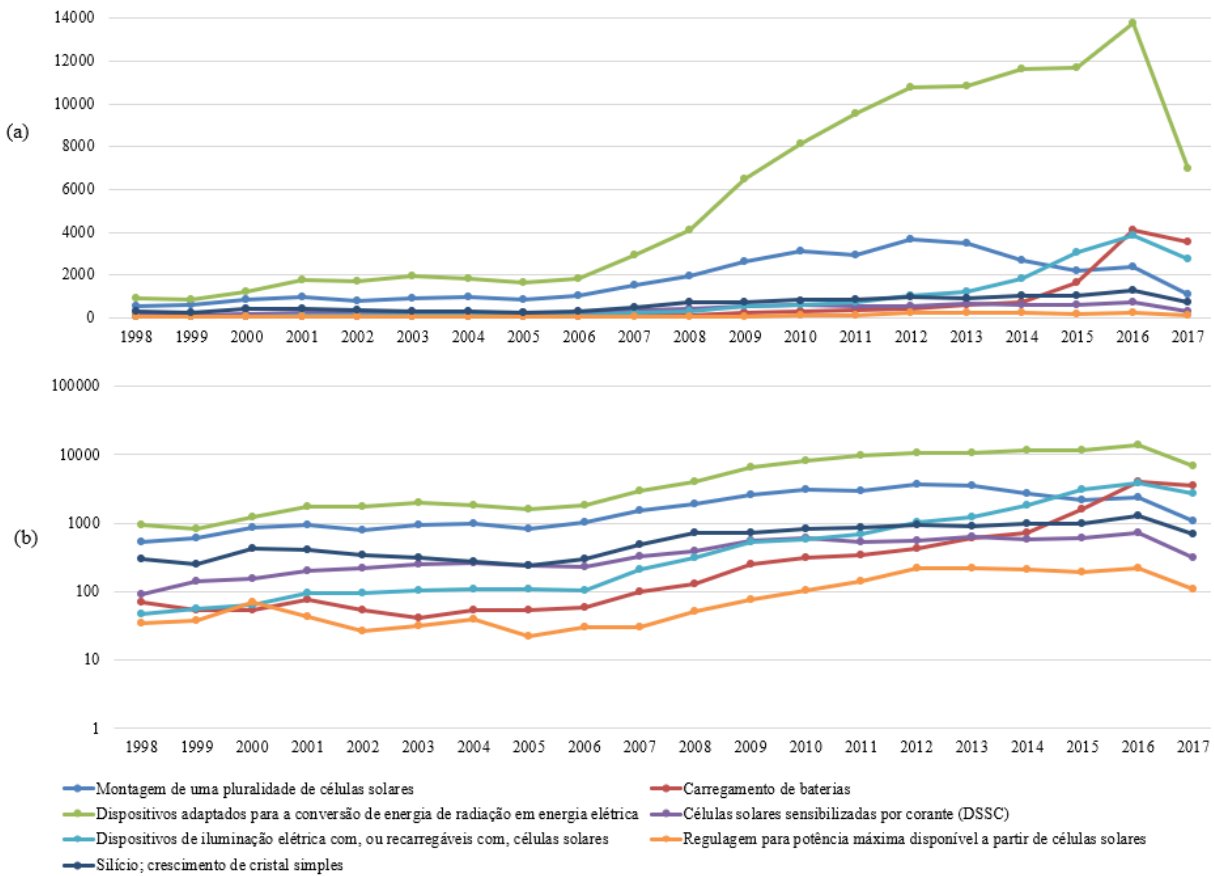
Figura 21 - Distribuição de patentes por subgrupo de tecnologias



Fonte: Elaboração própria.

Ao avaliar a evolução histórica dos depósitos de patentes PV, nota-se que entre 1998 a 2006 os depósitos sobre Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica e Montagem de uma pluralidade de células solares eram o foco principal das inovações em energia fotovoltaica (Figura 22-a). A partir de 2007, esses dois subgrupos ainda mantinham a predominância em PV, mas cederam espaço para outras tecnologias tais como Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares (a partir de 2013) e Carregamento de baterias (após 2014). Com auxílio de uma escala logarítmica (Figura 22-b) nota-se que Carregamento de baterias e Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares foram os que apresentaram uma maior variação positiva de crescimento ao longo do período analisado.

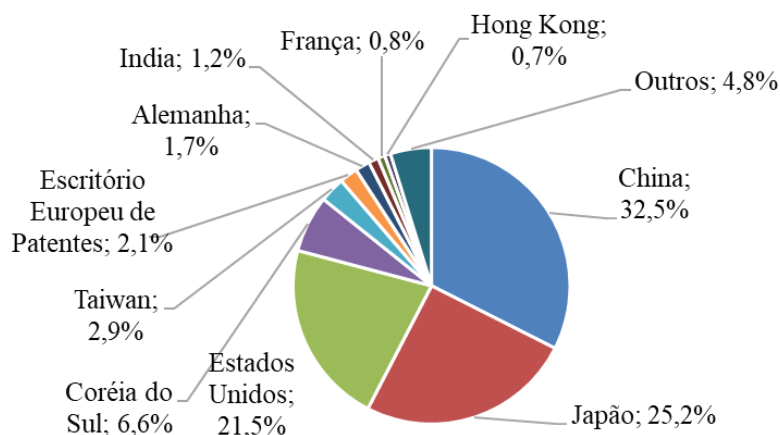
Figura 22 - Evolução das patentes PV por subgrupo tecnológico: (a) valores absolutos; (b) escala logarítmica



Fonte: Elaboração própria.

A distribuição das patentes PV pelos países de depósito iniciais (Figura 23) indicam que 79,1% destas foram primeiramente protegidas na China, Japão e Estados Unidos. Vale ainda ressaltar a predominância de depósitos nos países asiáticos em 69,1% dos depósitos. O IEA (2016a) já apontava o crescimento da energia PV especialmente na China e no Japão. No caso da China, toda essa estratégia somada a um mercado interno altamente consumidor, políticas e subsídios públicos governamentais colocam as empresas desse país como importantes competidores mundiais da indústria PV, corroborando com Zhang e Gallager (2016).

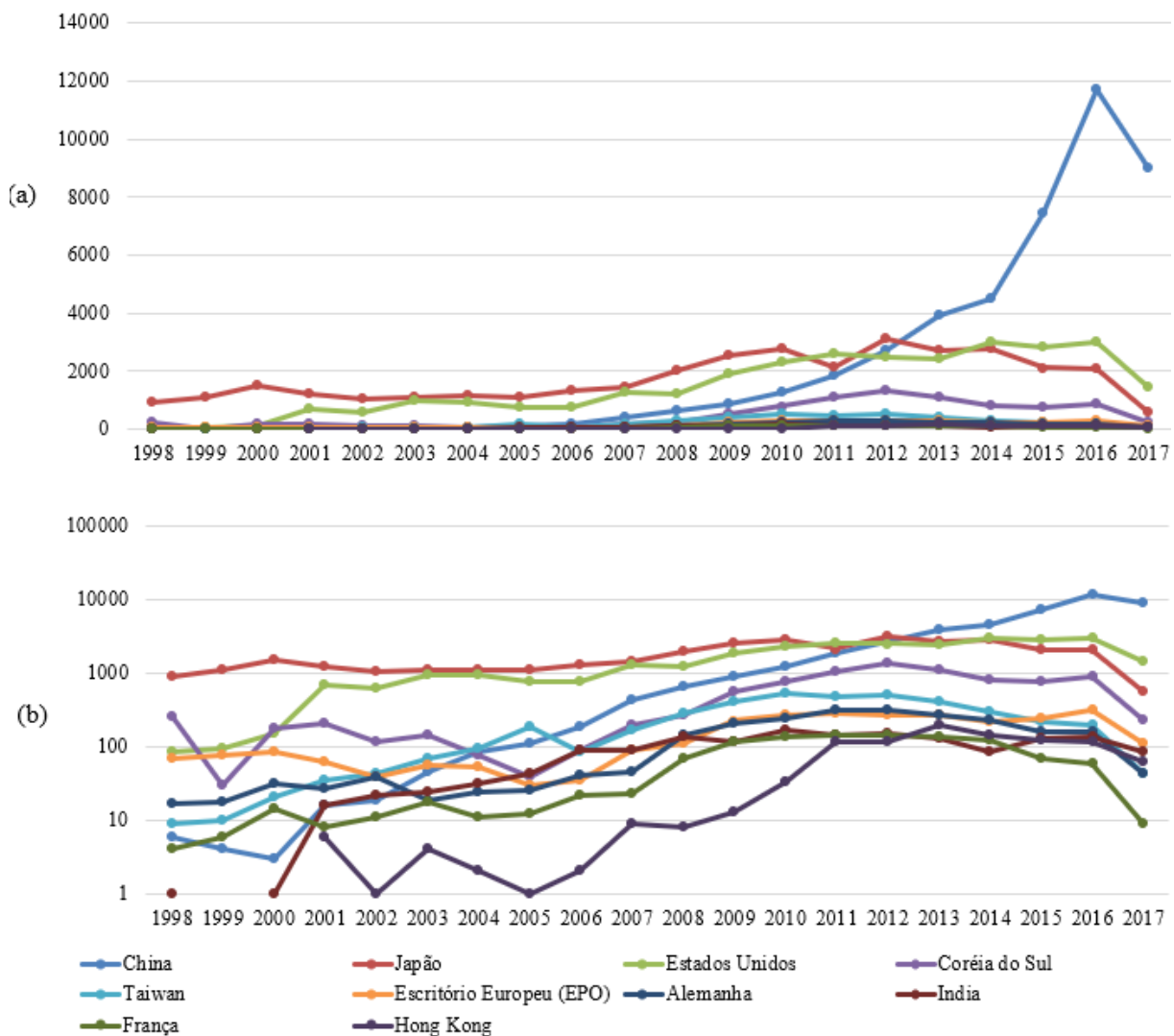
Figura 23 - Distribuição percentual de patentes PV pelo país de depósito



Fonte: Elaboração própria.

Analisando a evolução temporal dos depósitos de patentes por país de depósito (Figura 24-a), observa-se que o Japão, desde 1998, já desenvolvia tecnologias PV, sendo um dos países precursores nesta área. A partir de 2001, os Estados Unidos intensificam a produção de patentes PV. Mas a partir de 2007, outros países entram no cenário de desenvolvimento deste tipo de tecnologia, tais como China, Coreia do Sul e Taiwan. A escala logarítmica (Figura 24-b) permite constatar que todos os 10 países analisados apresentaram crescimento no desenvolvimento de tecnologias PV, com destaque para ascensão da China, Estados Unidos, Alemanha, Taiwan, França e Índia. Este fato corrobora com o comportamento desses países relatado pela WIPO (2018) que destaca a Ascensão dos depósitos de patentes PV do Japão e Estados Unidos e a posterior liderança assumida pela China. Schreurs (2012) também constatou a intenção de países como China, Alemanha, Japão e Estados Unidos de buscarem a liderança em tecnologias verdes. Segundo esta instituição, um dos motivos da queda na quantidade de patentes americanas está na falta de apoio governamental para ação climática. O crescimento da economia americana demanda um grande consumo energético e, sem nenhuma dúvida, fontes renováveis como PV são objeto de investimentos, pesquisa e produção naquele país. A evolução temporal para todos os países que depositaram patentes PV é detalhada no Apêndice B.

Figura 24 - Evolução da base de patentes PV por país de depósito: (a) valores absolutos; (b) escala logarítmica

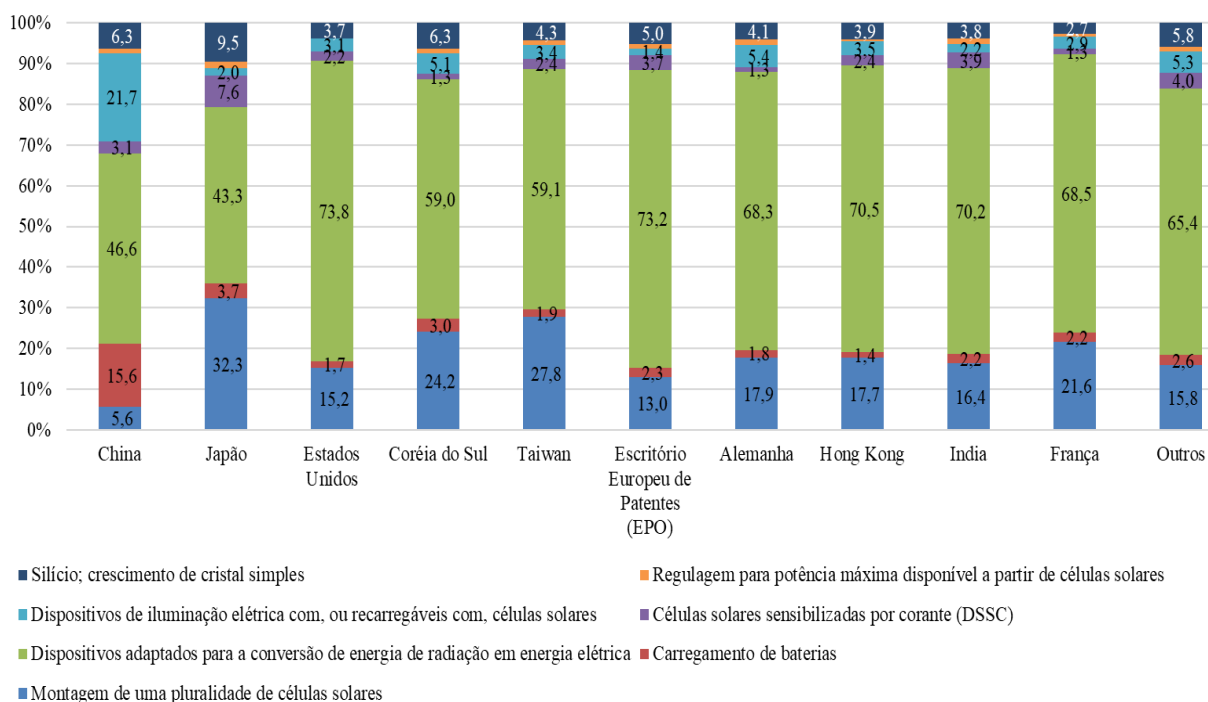


Fonte: Elaboração própria.

Dentre os resultados obtidos (Figura 25), é possível identificar quais os grupos de tecnologia PV são mais depositados em cada país. De forma geral, as patentes sobre *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* são predominantes em todos países, com uma representatividade maior nos Estados Unidos, Europa (EPO), Hong Kong e Índia. O segundo subgrupo tecnológico de maior proporção é o *Montagem de uma pluralidade de células solares*, tendo uma predominância de depósitos no Japão, Coréia do Sul, Taiwan e França. Vale destacar que a China é o país que apresenta uma maior diversidade de tecnologias depositadas, recebendo 46,6% dos depósitos de *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica*, 21,7% de *Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares* e 15,6% de *Carregamento*

de baterias. Desta forma, a China assume como o país com maior quantidade e diversidade de tecnologias PV protegidas.

Figura 25 - Distribuição das tecnologias PV depositadas nos 10 principais países



Fonte: Elaboração própria.

A partir do primeiro país de depósito, é possível compreender quais são os mercados de interesse para proteção de uma tecnologia e identificar em que proporção as patentes depositadas em um determinado país foram também protegidas em outros países (Tabela 2). Adotou-se um modelo de visualização baseado em mapa de calor, onde as células em tonalidade vermelho escuro ou claro representam uma maior concentração de patentes PV, ao passo que células alaranjadas referem a uma quantidade média de patentes e as células esverdeadas indicam baixa ou nenhuma patente depositada. De uma forma geral, identifica-se pela linha vermelho diagonal, que há percentualmente uma concentração das patentes PV nos primeiros mercados protegidos.

No geral, 15,6% foram protegidas na China, Estados Unidos, EPO, Japão e Coreia do Sul. Os países asiáticos apresentam uma característica de concentrar a proteção em seus próprios mercados, a China protege 95% das patentes somente no seu território. Apenas Hong Kong, possivelmente pela influência europeia, possui uma distribuição de mercados de interesse mais diversificada, priorizando a proteção na própria Hong Kong (18,5%), China (17,4%), Estados Unidos (16,9%), EPO (13,5%) e Japão (11,4%). Nesta mesma linha, os países

européus e os Estados Unidos mostram um interesse de proteção mais amplo e diversificado, mas com preferência pelos seus próprios mercados, seguido pelo interesse no mercado chinês e japonês. Estes resultados são reforçados pelas constatações do relatório da WIPO (2018) que aponta que os escritórios da China, do Japão e da Coreia do Sul receberam a maior parte de suas solicitações de depositantes residentes no próprio país. Em contraste, a Austrália, o Canadá, a Índia e os EUA que relataram uma alta parcela de registros de patentes de titulares não residentes.

Tabela 2 - Análise dos principais mercados de interesse de proteção por país de depósito

Primeiro País de Depósito	Mercado de Interesse									
	Alemanha	China	Coreia do Sul	EPO	Estados Unidos	França	Hong Kong	Índia	Japão	Taiwan
Alemanha	0,510	0,103	0,037	0,127	0,137	0,004	0,001	0,002	0,049	0,024
China	0,003	0,950	0,005	0,005	0,018	0,000	0,000	0,000	0,009	0,008
Coreia do Sul	0,014	0,064	0,691	0,046	0,098	0,001	0,002	0,000	0,057	0,025
EPO	0,119	0,103	0,056	0,344	0,195	0,022	0,003	0,002	0,119	0,032
Estados Unidos	0,037	0,138	0,089	0,126	0,381	0,007	0,005	0,002	0,144	0,064
França	0,014	0,076	0,043	0,186	0,145	0,439	0,001	0,002	0,070	0,008
Hong Kong	0,041	0,174	0,082	0,135	0,169	0,004	0,185	-	0,114	0,065
Índia	0,022	0,132	0,050	0,132	0,138	0,003	0,016	0,395	0,091	0,019
Japão	0,011	0,049	0,030	0,032	0,086	0,001	0,002	0,001	0,760	0,027
Taiwan	0,013	0,085	0,034	0,032	0,138	0,001	0,002	0,001	0,064	0,630
<i>Total Geral</i>	<i>0,036</i>	<i>0,358</i>	<i>0,085</i>	<i>0,073</i>	<i>0,178</i>	<i>0,010</i>	<i>0,003</i>	<i>0,002</i>	<i>0,198</i>	<i>0,053</i>

Fonte: Elaboração própria.

Mesmo com condições restritas de radiação solar quando comparados ao Brasil ou países do Oriente Médio, Japão e Alemanha têm se destacado na P&D e adoção de tecnologias PV (ZHANG et al., 2017). Soma-se a este grupo, Estados Unidos e outros países europeus, que tem grande representatividade no desenvolvimento de patentes PV uma vez que têm claramente fomentado a pesquisa e estabelecido políticas públicas de incentivo à criação e adoção deste tipo de tecnologia (IEA, 2016a). Tais mercados podem ser considerados como maduros no desenvolvimento de tecnologias PV. No entanto, há de se considerar que os incentivos ao desenvolvimento de energias renováveis mudou drasticamente nos Estados Unidos com o governo do presidente Donald Trump (OBAMA, 2017; BOMBERG, 2017; BLOOMBERG, 2019), o que poderá levar o país a perder a sua posição de destaque no P&D desta área ou, pelo menos, sofrer um atraso na geração de inovações sobre energia PV.

Com um crescimento exponencial, é indiscutível a importância da China, seja pela sua demanda interna quanto pela sua capacidade de inovação nesta área de energia renováveis. O

país estabeleceu metas audaciosas de mitigação de gases de efeito estufa (OECD; IEA; IRENA, 2017b). A sua indústria PV fez progressos significativos com a Lei de Energias Renováveis que estabeleceu uma base legal para a formulação de políticas de implantação e investimento privado a partir de 2006. Assim, incentivo a P&D de energia PV e os investimentos em novas usinas têm impulsionado a indústria PV chinesa. No entanto, a sua P&D de energia renovável baseiam-se principalmente na importação, absorção, digestão e modificação de tecnologias estrangeiras (YANG et al., 2016). Como o principal desafio da indústria PV atualmente é a redução de custos para conversão de energia solar (HUO; ZHANG, 2012; LEWIS, 2016; POLMAN et al., 2016; FLOWERS et al., 2016), pode-se constatar que a China tem sua relevância neste mercado não necessariamente pelo seu potencial de inovação, mas pela sua capacidade de dar escalabilidade à tecnologia baixando custos de produção e comercialização altamente competitivos.

4.1.2 Análise dos principais titulares de patentes

Os titulares das patentes PV foram classificados quanto à natureza em três grupos: “Universidade”, “Centro de Pesquisa” e “Empresa”. Esta categorização visa identificar se organizações com naturezas diferentes apresentam comportamentos em relação a colaboração e interesses distintos no desenvolvimento de tecnologias PV (Tabela 3). É oportuno esclarecer que os centros de pesquisas podem ser independentes, públicos, privados ou mistos, uma vez que a pesquisa não foi capaz de fazer essa distinção.

Ao longo do período analisado, o grupo “Universidade” 13.193 ocorrências (7,8%). No grupo “Centro de Pesquisa”, composto por institutos, agências ou centros de pesquisa, fundações ou laboratórios houve 7.018 ocorrências (4,2%) nos depósitos de patentes PV. Já o grupo das “Empresas” tanto públicas quanto privadas ocorreu 148.769 vezes (88%). Destaca-se o crescimento da participação das Universidades mostrando um maior interesse da comunidade acadêmica no desenvolvimento tecnológico ou mesmo uma maior relação de parceria destas com os outros titulares para este tipo de desenvolvimento. Apesar de pesquisadores como Etzkowitz et al. (2000), Ritter e Gemünden (2003) e De Faria, Lima e Santos (2010) apontarem as vantagens competitivas das empresas ao explorarem desenvolvimentos tecnológicos em conjunto com universidades, crescente nos últimos anos, a participação desse tipo de ator neste campo tecnológico ainda é muito pequeno. Isso nos leva a considerar o quão a indústria PV ainda é fechada para o desenvolvimento cooperativo E-U e, possivelmente, por questões de estratégia competitiva, acabam optando por desenvolver

patentes apenas nas suas áreas de P&Ds internas ou, no máximo, em parceria com outras empresas do mesmo grupo empresarial (subsidiárias).

Tabela 3 - Participação nos depósitos ao longo do tempo por tipo de titular

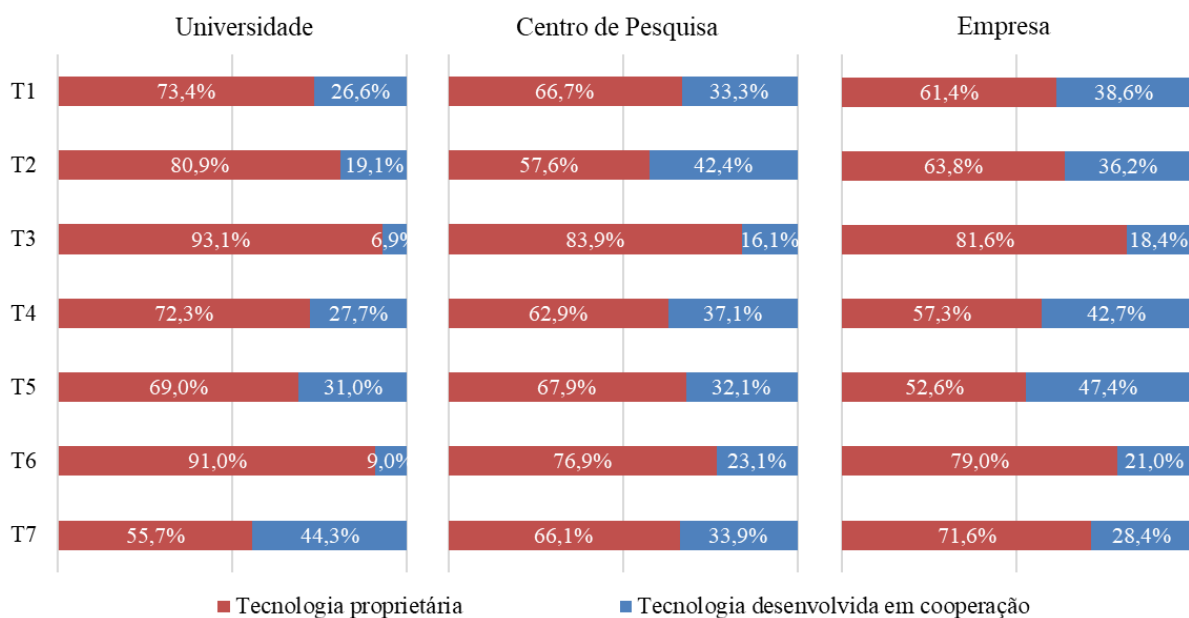
Ano de Depósito	Universidade		Centro de Pesquisa		Empresa		Total Geral
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%	
1998	5	0,3%	32	1,9%	1.662	97,8%	1.699
1999	14	0,9%	34	2,2%	1.467	96,8%	1.515
2000	29	1,2%	52	2,2%	2.321	96,6%	2.402
2001	56	1,7%	73	2,2%	3.161	96,1%	3.290
2002	58	1,9%	84	2,8%	2.910	95,3%	3.052
2003	91	2,6%	107	3,1%	3.273	94,3%	3.471
2004	80	2,3%	86	2,5%	3.261	95,2%	3.427
2005	86	2,8%	87	2,8%	2.896	94,4%	3.069
2006	119	3,5%	113	3,3%	3.188	93,2%	3.420
2007	276	5,1%	217	4,0%	4.887	90,8%	5.380
2008	319	4,7%	275	4,1%	6.129	91,2%	6.723
2009	521	5,2%	423	4,2%	9.056	90,6%	10.000
2010	686	5,5%	497	4,0%	11.342	90,6%	12.525
2011	845	5,7%	525	3,5%	13.507	90,8%	14.877
2012	1.090	6,4%	705	4,2%	15.171	89,4%	16.966
2013	1.249	8,5%	669	4,5%	12.835	87,0%	14.753
2014	1.413	9,5%	703	4,7%	12.711	85,7%	14.827
2015	1.915	12,0%	781	4,9%	13.266	83,1%	15.962
2016	2.648	12,8%	1.091	5,3%	16.897	81,9%	20.636
2017	1.693	15,4%	464	4,2%	8.829	80,4%	10.986
Total Geral	13.193	7,8%	7.018	4,2%	148.769	88,0%	168.980

Fonte: Elaboração própria.

Quando avaliada a cooperação pelo tipo de titular e agrupamento tecnológico (Figura 26), observa-se para os titulares “Universidade” uma predominância da cooperação nas patentes sobre *Montagem de uma pluralidade de células solares* (T7). Os “Centro de Pesquisa” concentram mais esforços de parceria em *Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares* (T2) e *Células solares sensibilizadas por corante* (T4). Já titulares “Empresa” se destacam no desenvolvimento em cooperação para *Células solares sensibilizadas por corante* (T4) e *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* (T5). Ao analisar os tipos de tecnologias PV, constata-se que patentes sobre *Carregamento de baterias* (T6) e *Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares* (T3) são aquelas mais frequentemente desenvolvidas de forma proprietária para todos os tipos de titulares. Esta característica de desenvolvimento sem parcerias pode ser

explicada pela maior frequência de patentes chinesas, conforme constatado anteriormente (Figura 25), este país é o que mais produz estes dois tipos de tecnologias e se caracteriza por ter mais titulares que priorizam o trabalho focado em seus P&Ds.

Figura 26 - Perfil cooperação por tipo de titular de patentes PV por agrupamento tecnológico

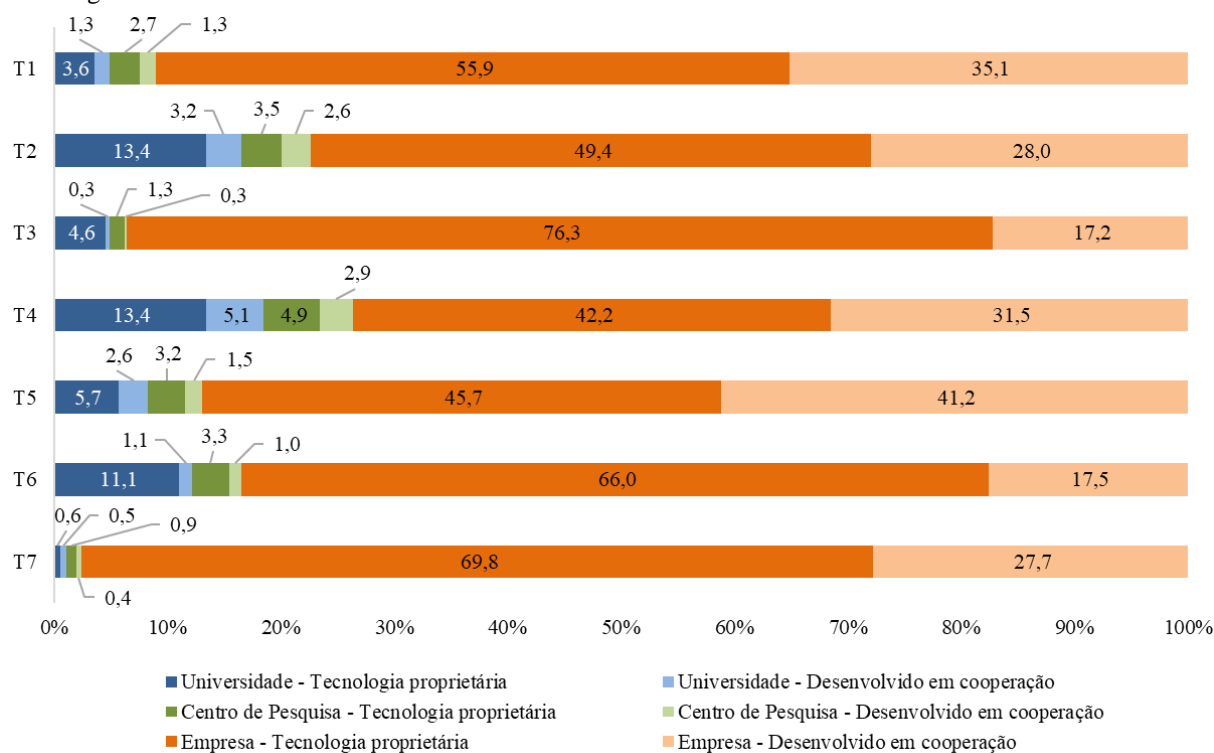


Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1 = Silício; crescimento de cristal simples; T2 = Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T3 = Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T4 = Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T5 = Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T6 = Carregamento de baterias; T7 = Montagem de uma pluralidade de células solares

Ao analisar a representatividade de cada tipo de titular por agrupamento tecnológico (Figura 27), nota-se que a maioria das patentes sobre *Montagem de uma pluralidade de células solares* (T7) e *Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares* (T3) são desenvolvidas por “Empresas”. Apesar das “Universidades” cooperarem mais no desenvolvimento de patentes sobre T7 (Figura 26), este tipo de titular tem maior foco no desenvolvimento de patentes sobre *Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares* (T2) e *Células solares sensibilizadas por corante* (T4). Dessa forma, conclui-se que as “Universidades” e os “Centros de Pesquisa” tem um perfil de cooperação e priorização de tecnologias semelhantes, podendo assim complementar o portfólio de desenvolvimento de patentes PV das “Empresas”.

Figura 27 - Representatividade dos depósitos pelo tipo de titular, perfil de cooperação e pelo agrupamento tecnológico.



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1 = Silício; crescimento de cristal simples; T2 = Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T3 = Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T4 = Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T5 = Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T6 = Carregamento de baterias; T7 = Montagem de uma pluralidade de células solares

A Tabela 4 traz os 20 principais titulares de patentes PV no período de 1998 a 2017. O mapa de calor mostra em vermelho onde ocorreu maior produção de patentes e em verde escuro onde foi menor. As demais cores destacam quantidades intermediárias de patentes desenvolvidas. Nota-se que a maior parte destes (67%) concentraram o seu desenvolvimento tecnológico entre 2008 e 2012, embora desenvolvessem tecnologias PV em uma escala menor nos períodos iniciais. No entanto, há um movimento contrário por parte das empresas Canon, Hitachi, Matsushita Electric e Seiko Epson Corp que desaceleraram seus desenvolvimentos após o segundo período. Vale destacar que as empresas LG Electronics, Fujifilm Corp, Commissariat Energie Atomique, Panasonic IP Man, LG Innotek e Panasonic Corp que tinham pouco ou nenhuma participação no desenvolvimento destas tecnologias, e após 2008 intensificaram os seus esforços tecnológicos.

De uma forma geral, observa-se um domínio absoluto de empresas japonesas (70%), sendo as demais de origem sul coreana (LG Electronics, LG Innotek e Samsung Electronics), francesa (Commissariat Energie Atomique), americana (IBM) e chinesa (Taiwan Semiconductor), esta predominância de empresas japonesas também foi constatada por Porto,

Kannebley Junior e Baroni (2014) para as patentes verdes. Apesar de serem organizações separadas, alguns titulares pertencem ao mesmo conglomerado empresarial, como o caso do grupo LG Electronics que detém a LG Innotek, e da Panasonic Corporation que possui como subsidiária a Sanyo Electric, Panasonic IP Man e Matsushita Electric.

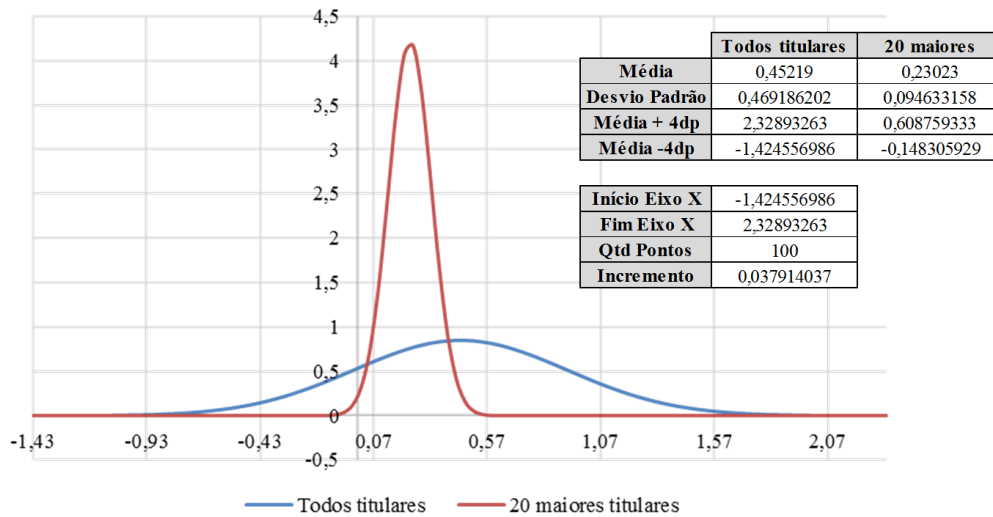
Tabela 4 - Produção de patentes PV para os 20 maiores titulares

Principais Titulares	Período de Depósito				Total Patentes
	1998 a 2002	2003 a 2007	2008 a 2012	2013 a 2017	
Sharp	248	348	831	450	1877
Mitsubishi Electric Corp	342	213	577	634	1766
Kyocera Corp	207	367	377	441	1392
Toshiba Corp	273	253	374	384	1284
Sony Corp	228	180	357	317	1082
Sanyo Electric Co	149	187	484	188	1008
LG Electronics	3	36	440	491	970
Samsung Electronics	67	205	348	305	925
Canon	445	198	152	109	904
Fujifilm Corp	1	68	355	308	732
Hitachi	294	144	174	118	730
Taiwan Semiconductor Mfg	28	103	135	463	729
Commissariat Energie Atomique	9	37	241	440	727
IBM	44	98	235	343	720
Matsushita Electric Ind	266	360	78	1	705
Panasonic IP Man	5	44	466	171	686
Seiko Epson Corp	173	270	118	99	660
LG Innotek	0	6	465	180	651
Panasonic Corp	1	2	77	561	641
Shinetsu Handotai	202	95	155	125	577

Fonte: Elaboração própria.

Ao comparar o percentual de tecnologias desenvolvidas em cooperação entre os 20 maiores titulares e o total de titulares do estudo (Figura 28), constatou-se que enquanto a média de co-titularidade entre os principais titulares é 0,23, para todos os titulares esse valor é de 0,45. Assim, aponta-se preliminarmente que os 20 maiores titulares desenvolvem tecnologia PV de forma proprietária mais intensamente e possuem menos colaboração tecnológica que resultou em patentes.

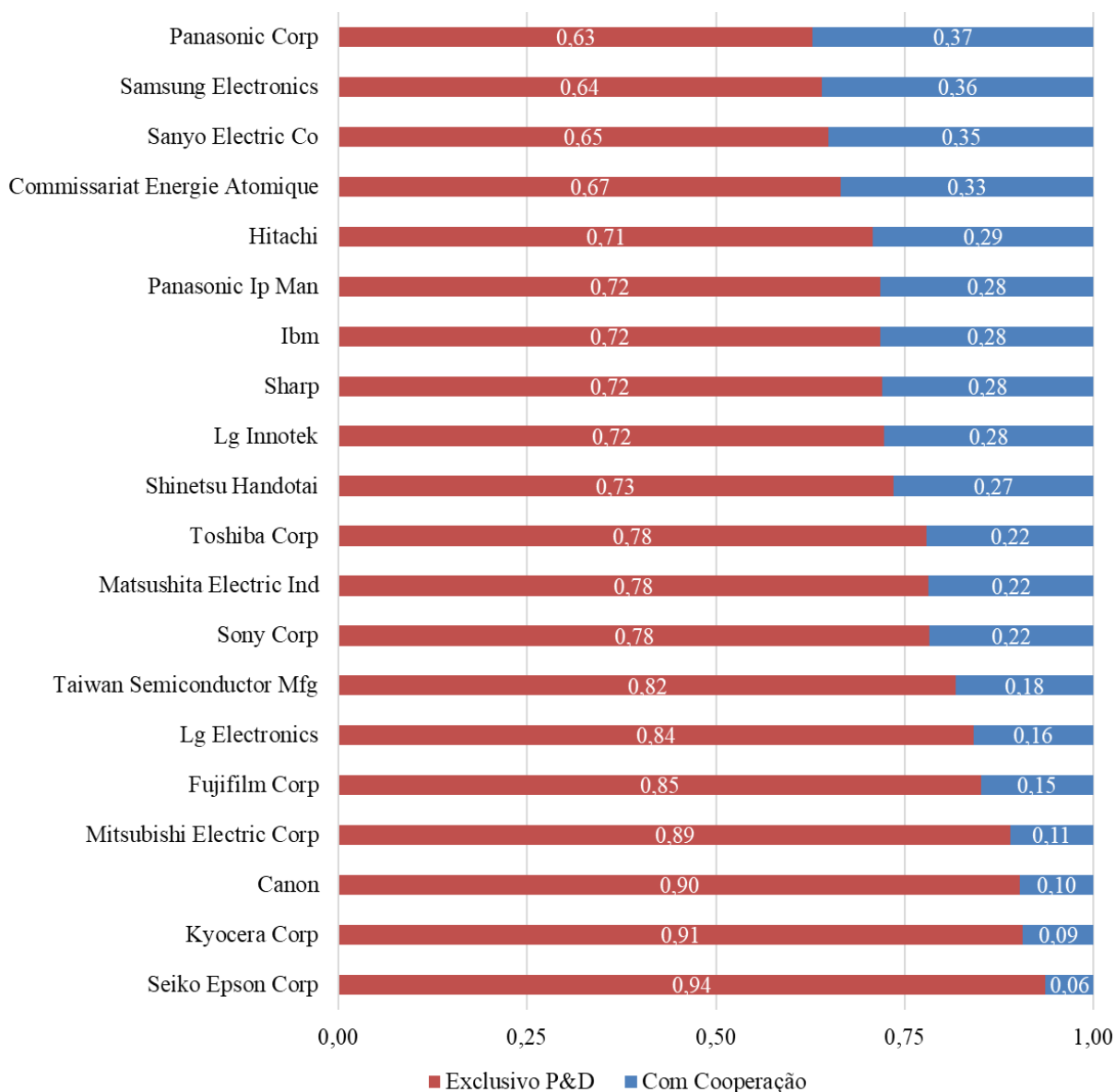
Figura 28 - Curva normal do percentual de cooperação dos titulares de patentes PV



Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar o índice de colaboração de cada titular, constatou-se que dentre os 20 maiores desenvolvedores (Figura 29), destacam-se a Panasonic Corp, Samsung Electronics, Sanyo Electric e Commissariat Energie Atomique, cuja média de colaboração está acima da média dos 20 maiores titulares, respectivamente 0,37, 0,36, 0,35 e 0,33. Esse comportamento pode ser resultado do fato destas empresas serem de grande porte, consolidadas no mercado, com grande capital investido em P&D&I e, conseqüentemente buscam além do sigilo tecnológico, desenvolver soluções exclusivas, como diferencial competitivo. As empresas que adotam com maior intensidade a cooperação, são em sua maioria pequenas, cuja dependência do ecossistema de inovação é maior e com isso buscam crescimento e sustentação para seus negócios por meio de parcerias.

Figura 29 - Perfil de desenvolvimento de patentes PV para os 20 maiores titulares



Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar os mercados de interesse de proteção (Tabela 5), os principais titulares são mostrados em ordem decrescente de quantidade de patentes depositadas, ao passo que os mercados de interesse estão ordenados conforme sua representatividade no total de depósitos realizados por este tipo de titular. Ou seja, o Japão é o país mais requerido para depósitos ao passo que Sharp é o titular com maior quantidade de patentes. Assim, observou-se que França, Brasil, Índia e Hong Kong despertam pouco interesse de proteção por parte dos maiores desenvolvedores PV. Já com interesse mediano, identificou-se a Europa (EPO), Taiwan e Alemanha. Os mercados do Japão, Estados Unidos, Coreia do Sul e China são os mais visados. O mapa de calor nesta tabela aponta em cores quentes as maiores concentrações de depósitos

para cada titular em cada mercado. Dessa forma, nota-se as empresas que estão focando em um nível mais acirrado de competição, como é o caso das empresas japonesas que concentram maior interesse de proteção de suas patentes PV em um mercado altamente competitivo como o Japão. Os Estados Unidos já se apresentam como um mercado mais equilibrado onde há uma distribuição mais uniforme dos depósitos, salvo a Samsung, Taiwan Semiconductors e IBM que focam mais neste mercado e que a maioria destes titulares buscam proteção. Nota-se também o mercado sul-coreano é mais priorizado pelas empresas daquele país. Um caso especial a se observar é da Commissariat Energie Atomique que é a empresa que mais protege na França (0,213), mas também busca numa mesma proporção outros mercados como Europa (0,175), PCT (0,173) e Estados Unidos (0,162).

Tabela 5 - Análise dos mercados de interesse de proteção dos 20 maiores titulares PV

Titular Patente	País Titular	Total Patentes	Mercados de Interesse											
			JP	US	PCT	KR	CN	EPO	TW	DE	FR	BR	IN	HK
Sharp	JP	1877	0,398	0,186	0,153	0,025	0,086	0,090	0,023	0,020	0,000	0,001	-	-
Mitsubishi Electric Corp	JP	1766	0,487	0,150	0,097	0,029	0,096	0,036	0,033	0,055	0,008	0,001	-	0,001
Kyocera Corp	JP	1392	0,588	0,131	0,131	0,003	0,060	0,077	0,001	0,009	-	-	-	-
Toshiba Corp	JP	1284	0,641	0,167	0,019	0,022	0,078	0,016	0,045	0,005	-	-	-	-
Sony Corp	JP	1082	0,301	0,208	0,092	0,090	0,150	0,059	0,069	0,008	0,000	0,007	0,001	0,001
Sanyo Electric Co	JP	1008	0,313	0,210	0,136	0,039	0,105	0,129	0,034	0,019	0,000	0,001	-	-
LG Electronics	KR	970	0,087	0,216	0,052	0,367	0,098	0,164	0,001	0,012	-	-	-	-
Samsung Electronics	KR	925	0,103	0,345	0,008	0,350	0,086	0,055	0,024	0,020	-	-	-	-
Canon	JP	904	0,489	0,232	0,019	0,017	0,075	0,070	0,006	0,036	-	0,001	-	-
Fujifilm Corp	JP	732	0,316	0,181	0,172	0,084	0,102	0,067	0,063	0,004	-	0,001	-	-
Hitachi	JP	730	0,445	0,191	0,083	0,052	0,056	0,062	0,062	0,032	0,001	0,002	0,001	0,001
Taiwan Semiconductor Mfg	TW	729	0,020	0,389	0,009	0,110	0,228	0,009	0,160	0,042	-	0,001	-	-
Commissariat Energie Atomique	FR	727	0,076	0,162	0,173	0,056	0,067	0,175	0,004	0,003	0,213	0,011	0,002	-
IBM	US	720	0,069	0,489	0,079	0,032	0,119	0,024	0,060	0,073	-	0,001	-	-
Matsushita Electric Ind	JP	705	0,516	0,176	0,033	0,042	0,110	0,064	0,031	0,024	-	-	-	-
Panasonic IP Man	JP	686	0,333	0,212	0,228	0,007	0,077	0,089	0,005	0,037	-	0,002	0,001	0,001
Seiko Epson Corp	JP	660	0,480	0,217	0,013	0,055	0,127	0,028	0,052	0,013	-	-	-	-
LG Innotek	KR	651	0,078	0,171	0,182	0,285	0,176	0,100	0,006	0,000	-	-	-	-
Panasonic Corp	JP	641	0,412	0,207	0,139	0,019	0,113	0,079	0,013	0,006	-	-	0,004	0,001
Shinetsu Handotai	JP	577	0,333	0,114	0,141	0,111	0,082	0,065	0,062	0,065	-	-	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: BR=Brasil; CN=China; DE=Alemanha; EPO=Escritório Europeu de Patentes; FR=França; HK=Hong Kong; IN=Índia; Japão=JP; KR=Coreia do Sul; PCT=Tratado de Cooperação Internacional; TW=Taiwan; US=Estado Unidos;

4.1.3 Áreas tecnológicas de atuação dos principais titulares

A Tabela 6 traz o foco e interesse no desenvolvimento tecnológico em PV para cada titular. As patentes sobre *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* são preferenciais para maioria dos titulares, sendo que LG Electronics, Panasonic IP Man, Samsung Electronics, IBM, Commissariat Energie Atomique e Fujifilm, tem mais de 2/3 das patentes PV desenvolvidas para este subgrupo. Em seguida destaca-se a *Montagem de uma pluralidade de células solares* cujos principais desenvolvedores com mais da metade das patentes da Mitsubishi Electric, Hitachi e Taiwan Semiconductor. *Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)* é mais desenvolvida pela Fujifilm e Sony Corp; *Silício; crescimento de cristal simples* é mais desenvolvido pela Shinetsu Handotai; patentes sobre *Carregamento de baterias* são produzidas mais pela LG e as patentes sobre *Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares* e *Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares* demonstram ter pouca prioridade entre os 20 maiores titulares de patentes PV. A relação dos 100 maiores titulares de patentes PV bem como a quantidade e depósitos por subgrupo tecnológico pode ser vista no Apêndice C.

A maior parte destes titulares tem uma evolução crescente na quantidade e picos de depósitos em tecnologias DSSC, sendo que Sanyo e Toshiba mantêm uma constância na quantidade de depósitos durante os períodos analisados, ao passo que Canon, Matsushita e Hitachi decrescem a quantidade depósitos, podendo caracterizar uma mudança de estratégia das companhias ou mesmo um desinteresse no desenvolvimento daquele tipo de tecnologia.

Tabela 6 - Distribuição das áreas tecnológicas de atuação dos 20 maiores titulares

Titular	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)	T5 (%)	T6 (%)	T7 (%)
IBM	1,1	0,1	0,0	0,1	84,6	0,3	13,8
Commissariat Energie Atomique	5,3	0,5	0,2	1,0	80,5	1,5	11,0
LG Electronics	0,2	0,2	0,2	0,0	80,5	1,6	17,2
Panasonic IP Man	0,5	1,7	1,0	1,3	76,7	7,7	11,0
Fujifilm Corp	0,2	0,0	0,2	14,9	73,3	0,0	11,5
Samsung Electronics	3,5	0,2	0,1	0,2	71,4	1,0	23,7
LG Innotek	0,2	0,4	0,3	0,1	68,7	0,8	29,5
Canon	9,4	3,0	0,5	1,4	62,8	1,5	21,5
Sanyo Electric Co	1,3	2,4	0,5	0,4	62,5	3,1	29,7
Kyocera Corp	5,7	2,4	0,1	1,8	62,0	5,0	23,0
Sharp	5,1	1,1	0,9	6,4	60,4	3,6	22,6
Sony Corp	2,9	0,8	0,2	9,7	58,6	4,2	23,5
Panasonic Corp	2,7	2,1	2,8	5,2	51,0	7,2	28,9
Matsushita Electric Ind	4,4	3,3	1,8	1,8	45,3	3,0	40,4
Toshiba Corp	3,3	1,4	0,1	4,3	44,2	4,4	42,3
Taiwan Semiconductor Mfg	1,3	0,0	0,1	0,0	44,0	0,0	54,6
Mitsubishi Electric Corp	1,3	1,8	0,1	0,3	40,4	3,6	52,4
Seiko Epson Corp	6,7	0,3	0,0	5,2	39,8	0,8	47,3
Hitachi	1,5	2,4	0,0	1,0	31,1	3,0	61,0
Shinetsu Handotai	84,4	0,0	0,0	0,0	12,7	0,0	2,9

Legenda: T1 = Silício; crescimento de cristal simples; T2 = Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T3 = Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T4 = Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T5 = Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T6 = Carregamento de baterias; T7 = Montagem de uma pluralidade de células solares
 Fonte: Elaboração própria.

Uma análise inicial sobre o perfil de cooperação por meio da co-titularidade das patentes aponta que a maior parte destes titulares realizam pouca colaboração, priorizando o desenvolvimento de inovações dentro das suas unidades de P&D (Tabela 7), na qual classificou-se a evolução do comportamento dos depósitos ao longo do período analisado e identificou-se os períodos de pico de depósitos. Além disso, o nível de cooperação para cada titular é categorizado, sendo “baixa” para até 1/3 das suas patentes foram desenvolvidas em parceria e “média” para mais de 1/3 feitas em cooperação. Não tiveram titulares entre os 20 maiores com mais de 2/3 de patentes desenvolvidas em parceria.

Tabela 7 - Resumo das características dos 20 maiores titulares de patentes PV

Titular	Ordem dos Maiores Depositantes	Comportamento dos depósitos		Existência de Cooperação	Principais Mercados de Interesse de Proteção	Tecnologias com maior foco de produção
		Evolução	Pico			
Sharp	1	Crescente	P3	Baixa	JP, US, CN	T5, T7, T4
Mitsubishi Electric Corp	2	Crescente	P3	Baixa	JP, US, CN	T7, T5, T6
Kyocera Corp	3	Crescente	P3	Baixa	JP, US, EPO	T5, T7, T1
Toshiba Corp	4	Estável	P4	Baixa	JP, US, CN	T5, T7, T6
Sony Corp	5	Crescente	P3	Baixa	JP, US, CN	T5, T7, T4
Sanyo Electric Co	6	Estável	P3	Média	JP, US, EPO	T5, T7, T6
LG Electronics	7	Crescente	P4	Baixa	KR, JP, US	T5, T7, T6
Samsung Electronics	8	Crescente	P3	Média	KR, US, JP	T5, T7, T1
Canon	9	Decrescente	P1	Baixa	JP, US, CN	T5, T7, T1
Fujifilm Corp	10	Crescente	P4	Baixa	JP, US, CN	T5, T4, T7
Hitachi	11	Decrescente	P1	Baixa	JP, US, TW	T7, T5, T6
Taiwan Semiconductor Mfg	12	Crescente	P4	Baixa	US, CN, TW	T7, T5, T1
Commissariat Energie Atomique	13	Crescente	P4	Média	FR, EPO, US	T5, T7, T1
IBM	14	Crescente	P4	Baixa	US, CN, DE	T5, T7, T1
Matsushita Electric Ind	15	Decrescente	P2	Baixa	JP, US, CN	T5, T7, T1
Panasonic IP Man	16	Crescente	P4	Baixa	JP, US, EPO	T5, T7, T6
Seiko Epson Corp	17	Decrescente	P2	Baixa	US, CN, TW	T5, T7, T4
LG Innotek	18	Crescente	P3	Baixa	CS, CN, US	T5, T7, T6
Panasonic Corp	19	Crescente	P3	Média	JP, US, CN	T5, T7, T6
Shinetsu Handotai	20	Estável	P1	Baixa	JP, US, CS	T1, T5, T7

Legenda: P1 = Depósitos de 1998 a 2002; P2 = Depósitos de 2003 a 2007; P3 = Depósitos de 2008 a 2012; P4 = Depósitos de 2013 a 2017; T1 = Silício; crescimento de cristal simples; T2 = Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T3 = Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T4 = Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T5 = Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T6 = Carregamento de baterias; T7 = Montagem de uma pluralidade de células solares

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, conclui-se que : (a) os maiores titulares de patentes PV são predominantemente japoneses, reflexo de uma indústria de desenvolvimento PV mais madura que os demais mercados, corroborando com Zhang et al. (2017); (b) tais titulares protegem suas tecnologias preferencialmente nos mercados japonês, americano, chinês, europeu e alinhado com a constatação de que asiáticos buscam mais seus próprios mercados (WIPO, 2018); (c) os 20 maiores titulares têm cooperação abaixo da média geral, o que resulta em um perfil de desenvolvimento PV mais proprietário, ou seja, com uso prioritariamente de P&D interno e sem contribuição de esforços tecnológicos externos; (d) os subgrupos tecnológicos *Dispositivos*

adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica (T5) e Montagem de uma pluralidade de células solares (T7) são aqueles de maior prioridade de desenvolvimento, buscando inovações PV com melhor eficiência e menor custo, o que corrobora com os outros estudos correlatos (KANNAN; VAKEESAN, 2016; MALINOWSKI; LEON; ABU-RUB, 2017; SAMPAIO; GONZÁLEZ, 2017).

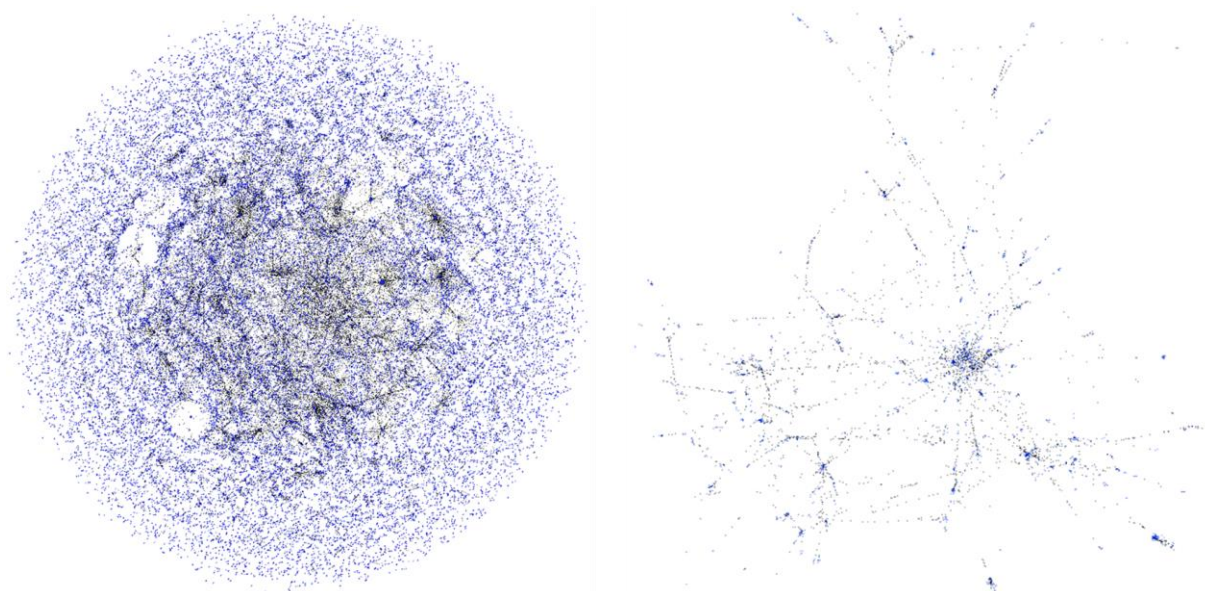
4.2 REDES DE COOPERAÇÃO DOS TITULARES DAS PATENTES PV

Esta seção aprofunda a análise das relações de parcerias para o desenvolvimento de tecnologias PV à luz da ARS. Foram mapeados e caracterizados os principais clusters e suas relações de cooperação bem como identificados os titulares com maior centralidade e maior influência na produção de patentes PV.

4.2.1 Análise geral da rede de cooperação tecnológica

Inicialmente foi construída a rede geral de cooperação contendo 26.592 nós (titulares) e 37.122 arestas (patentes), conforme Figura 30-a. Em seguida, selecionou-se os nós conectados, formando assim a rede do componente gigante dos titulares de patentes PV (Figura 30-b), que foi denominada “Rede Componente Gigante”. Como o objetivo é identificar os clusters mais relevantes e caracterizar a rede de cooperação, esta rede tornou-se a base para a identificação dos principais clusters de cooperação. Avaliar os componentes conectados de uma rede permite identificar o nível de fragmentação (sub-grafos) de uma rede. Em redes muito grandes, como é o caso da “Rede geral de cooperação de titulares”, a identificação visual é de difícil interpretação e por isso, utilizar o componente gigante auxilia numa melhor análise das conexões entre os nós.

Figura 30 - (a) Rede geral de cooperação de titulares PV; (b) Rede Componente Gigante



Fonte: Elaboração própria.

O coeficiente de clustering médio da rede mede a concentração da vizinhança de um nó. Tal métrica é muito semelhante entre ambas as redes indicando um comportamento comum dos nós se conectarem entre si. Por ser uma rede bem maior, é esperado que a Rede Geral tenha mais triangulações que a Rede Componente Gigante. No entanto, quando se observa a razão da quantidade de triangulações pelo total de nós de cada rede, nota-se uma proporção maior em “Rede do Componente Gigante de titulares PV” (46%), apontando que esta rede concentra os titulares com mais patentes PV desenvolvidas em parceria. Ambas as redes, tem o comprimento médio do caminho em torno de 7 passos médios de uma patente a outra, esta distância, indica o quão eficiente pode ser o fluxo de informações sobre tal rede (tabela 8).

Tabela 8 - Comparação das medidas da rede geral de cooperação de titulares PV e da rede de titulares PV

Métricas	Rede Geral de cooperação de titulares	Rede do Componente Gigante
Grau Médio	3,732	5,037
Grau Médio Ponderado	5,373	7,843
Número de comunidades	4.879	87
Componentes conectados	4814	1
Coeficiente de clustering médio	0,885	0,861
Número de triangulações	60.443	37.636
Razão de triangulações pelo total de nós da rede	2,27	3,32
Comprimento médio do caminho	6,998	7,002
Modularidade	0,972	0,947

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 9 traz os 20 titulares melhor posicionados em cada estatística de rede, ordenados pela métrica da Centralidade da intermediação, com destaque em cinza para os valores relevantes das demais métricas. Nota-se a presença de vários centros de pesquisa e universidades, especialmente as americanas, japonesas e chinesas. Isto pode ser constatado especialmente nas estatísticas de centralidade de proximidade, onde 9 dos 20 titulares selecionados são Universidades ou Centros de pesquisa, e na centralidade de intermediação, com 7 dos 20 titulares, o que reforça a relevância e influência deste tipo de organização no ecossistema de inovação no qual há cooperação para desenvolvimento de tecnologias PV. Também é observado que Samsung Electronics, Centre Nat Rech Scient e Sharp se diferenciam dos demais, pois estão classificados entre os 20 maiores para todas estatísticas analisadas. Constatou-se ainda, que 38% dos titulares (18) são japoneses, 31% americanos (15), 15% alemães e os demais distribuídas na França, Coreia do Sul, China e Taiwan. O Apêndice D traz o detalhamento destas estatísticas para os 100 principais titulares na rede de PV.

Tabela 9 - Ranking dos titulares PV com maiores estatísticas na rede de cooperação

Nome do Titular	Natureza do Titular	Origem do Titular	CI	CI*	CP	CP*	PR	PR*	G	G*	GMP	GMP*	NT	NT*
Samsung Electronics	Empresa	KR	2,39E+23	1	0,24351	1	0,00539	2	355	1	592	2	670	1
Nec Corp	Empresa	JP	1,25E+23	2	0,23660	2	0,00143	28	78	33	222	20	143	53
Centre Nat Rech Scient	Centro de Pesquisa	FR	9,04E+15	3	0,20798	20	0,00268	7	204	4	571	3	534	3
Massachusetts Inst Technology	Universidade	US	7,40E+15	4	0,22072	4	0,00137	32	80	32	97	63	98	101
Univ California	Universidade	US	7,13E+15	5	0,22419	3	0,00274	6	167	6	203	25	243	11
Emcore Corp	Empresa	US	5,60E+15	6	0,19796	126	0,00043	137	36	89	66	139	108	86
IBM	Empresa	US	5,27E+14	7	0,19360	411	0,00345	4	265	3	554	4	598	2
Infineon Technologies Ag	Empresa	DE	4,74E+15	8	0,20921	17	0,00196	18	113	19	142	42	160	30
Fraunhofer Ges Forschung	Centro de Pesquisa	DE	4,24E+15	9	0,17806	885	0,00207	17	147	7	285	11	294	8
Univ Tohoku	Universidade	JP	4,24E+15	10	0,21173	11	0,00095	50	67	39	93	69	150	50
Alliance Sustainable Energy	Empresa	US	4,12E+16	11	0,18765	495	0,00104	43	61	43	71	114	85	148
State Grid Corp China	Empresa	CN	3,91E+16	12	0,15659	4453	0,00855	1	328	2	609	1	215	14
California Inst of Technology	Universidade	US	3,77E+15	13	0,20936	16	0,00072	71	50	56	63	149	92	114
Merck Patent	Centro de Pesquisa	DE	3,65E+15	14	0,20268	43	0,00133	35	102	26	207	24	228	12
Univ Shanghai Jiaotong	Universidade	CN	3,60E+16	15	0,17914	840	0,00052	113	20	217	21	654	9	3502
Sandia Corp	Empresa	US	3,35E+16	16	0,17058	2109	0,00037	171	21	199	26	461	21	1180
Ecole Polytech	Universidade	FR	3,32E+15	17	0,18207	708	0,00062	89	33	97	77	103	22	1145
Bosch Robert	Empresa	DE	3,31E+15	18	0,18979	479	0,00214	14	126	15	160	33	175	19
Hewlett Packard Co	Empresa	US	3,28E+15	19	0,20305	38	0,00023	337	14	446	22	614	17	1676
Sharp	Empresa	JP	3,25E+15	20	0,21104	13	0,00394	3	187	5	379	7	190	17
Siemens Ag	Empresa	DE	2,99E+16	21	0,19065	474	0,00184	20	113	18	178	30	163	29
Micron Technology	Empresa	US	2,94E+15	22	0,21121	12	0,00237	12	135	11	266	14	207	15
Fujifilm Corp	Empresa	JP	2,63E+15	24	0,21384	7	0,00075	65	39	79	94	68	36	564
Nat Inst For Materials Science	Centro de Pesquisa	US	2,56E+15	26	0,21317	9	0,00022	359	14	464	17	898	16	1727
Univ Osaka	Universidade	JP	2,45E+16	28	0,21959	5	0,00073	70	37	86	85	83	26	1032
Dow Global Technologies	Empresa	US	2,33E+15	30	0,18115	720	0,00147	25	123	16	299	9	302	6
Applied Materials	Empresa	US	2,28E+16	32	0,13368	8293	0,00148	24	120	17	150	36	394	4
Commissariat Energie Atomique	Centro de Pesquisa	FR	2,25E+16	33	0,18085	730	0,00247	9	139	10	269	13	196	16
Hitachi	Empresa	JP	2,24E+16	34	0,21006	15	0,00245	11	145	9	390	6	298	7

Nome do Titular	Natureza do Titular	Origem do Titular	CI	CI*	CP	CP*	PR	PR*	G	G*	GMP	GMP*	NT	NT*
Taiwan Semiconductor Mfg	Empresa	TW	2188053	36	0,13531	8139	0,00210	16	109	23	118	50	135	60
Basf Se	Empresa	DE	2,15E+16	38	0,18971	480	0,00134	33	111	20	288	10	327	5
Osram Opto Semiconductors	Empresa	DE	2,09E+16	41	0,18504	521	0,00245	10	146	8	213	22	218	13
Toshiba Corp	Empresa	JP	2,03E+15	43	0,20481	28	0,00295	5	130	13	260	15	116	70
Mitsubishi Chem Corp	Empresa	JP	1,96E+16	44	0,21042	14	0,00087	54	47	65	109	57	59	297
Sunpower Corp	Empresa	US	1,85E+15	46	0,16510	3135	0,00222	13	128	14	222	19	188	18
Sony Corp	Empresa	JP	1,80E+16	47	0,20293	40	0,00250	8	110	22	154	35	102	92
Fujitsu	Empresa	JP	1,76E+16	48	0,21365	8	0,00093	51	49	57	90	72	75	209
Univ Leland Stanford Junior	Universidade	US	1,76E+15	49	0,20800	19	0,00061	90	43	72	50	199	97	104
Samsung Sdi	Empresa	KR	1,69E+16	51	0,20717	24	0,00145	26	110	21	243	16	292	9
Panasonic Corp	Empresa	JP	1,66E+16	52	0,19787	129	0,00191	19	108	24	452	5	174	20
Intel Corp	Empresa	US	1,62E+16	54	0,16595	2903	0,00214	15	132	12	193	27	251	10
Univ Tokyo	Universidade	JP	1,57E+15	57	0,21411	6	0,00074	68	43	71	86	81	48	385
Matsushita Electric Ind	Empresa	JP	1,05E+16	77	0,20280	42	0,00108	41	68	36	317	8	139	57
Univ Shinshu	Universidade	JP	9,62E+15	90	0,21206	10	0,00034	196	18	268	23	581	9	3500
Sumitomo Electric Ind	Empresa	JP	8,23E+15	98	0,20288	41	0,00108	40	54	49	225	17	79	162
Ibiden	Empresa	JP	4,11E+16	182	0,20822	18	0,00040	156	23	166	83	89	62	270
Matsushita Denki Sangyo	Empresa	JP	2,02E+16	308	0,18470	525	0,00093	52	59	44	284	12	113	82
Panasonic IP Man	Centro de Pesquisa	JP	1,56E+16	369	0,18142	717	0,00028	267	18	245	223	18	49	377

Legenda: CI=Centralidade da intermediação; CI*= ranking de centralidade da intermediação; CP=Centralidade de proximidade; CP*= ranking de centralidade de proximidade; PR=PageRank; PR*=ranking do pagerank; NT=Número de triangulações; NT*=ranking do número de triangulações; GMP=Grau médio ponderado; GMP*=ranking do grau médio ponderado; G=Grau; G*=ranking do grau; US=Estados Unidos; JP=Japão; DE=Alemanha; KR=Coréia do Sul; CN=China; TW=Taiwan; FR=França
Fonte: Elaboração própria.

Além das métricas utilizadas em ARS, esta pesquisa também fez uso de uma medida de cooperação para identificar a força da colaboração mútua entre titulares, a Medida de Salton, proposta por Salton e McGill (1983). A medida de Salton é uma variável interessante de ser associada aos estudos de cooperação baseados em ARS pois complementa as análises por meio de da mensuração da intensidade da relação de cooperação, o que não é identificado nas demais medidas e estatísticas comumente utilizadas em ARS.

A partir da categorização de cada um dos titulares, foi possível identificar qual perfil de cooperação é mais comum entre os titulares individualmente e entre as Universidade, Centro de Pesquisa e Empresa. Para isso, propôs-se uma segmentação da medida de Salton por faixas da força mútua da relação de cooperação (FMRC), sendo tais intervalos definidos da seguinte forma:

- *Cooperação Incipiente*: $0 \leq \text{FMRC} \leq 0,25$, o resultado da medida de Salton aponta uma relação fraca de cooperação mútua entre os titulares;
- *Cooperação Pontual*: $0,26 \leq \text{FMRC} \leq 0,50$, a medida retrata relações esporádicas de co-titularidade de patentes, caracterizando uma força de relação média-fraca;
- *Cooperação Frequente*: $0,51 \leq \text{FMRC} \leq 0,75$, a medida nesta faixa mostra relações média-forte com uma maior frequência de desenvolvimentos em parceria;
- *Cooperação Elevada*: $0,76 \leq \text{FMRC} \leq 1$, aponta fortes relações mútuas de cooperação com alta intensidade de parceria.

No entanto, a medida de Salton pode apresentar um viés no resultado quando os titulares na relação mútua de cooperação têm quantidades muito díspares de patentes. Ou seja, se um dos titulares possuir, em números absolutos, uma quantidade muito superior de patentes em relação ao seu parceiro, a medida será puxada para baixo, mesmo que o parceiro que tenha poucas patentes compartilhe 100% das mesmas. Para exemplificar, suponha que o titular A e B tenham depositado 100 e 20 patentes respectivamente, sendo 20 delas desenvolvidas em conjunto. Pela medida de Salton, o valor de FMRC é de 0,45, o que caracteriza uma relação de cooperação “Pontual”. Neste caso, observa-se a existência de uma dependência unilateral nesta relação para o titular B, cujo DURC é de 1. Isto é, o titular B depende completamente do titular A para desenvolver suas tecnologias. Então, embora seja necessário analisarmos com cuidado os resultados, os

mesmos além de nos permitirem identificar a força da cooperação, também permitem identificar uma relação de dependência tecnológica.

Assim, definiu-se neste estudo dois intervalos que caracterizam uma maior ou menor dependência unilateral da relação de cooperação (DURC):

- *Dependência Baixa:* $0 \leq \text{DURC} \leq 0,50$, o titular apresenta certa independência para o desenvolvimento de tecnologias PV ao ter menos da metade de suas patentes produzidas com um mesmo parceiro;
- *Dependência Alta:* $0,51 \leq \text{DURC} \leq 1$, o titular tem elevada dependência no desenvolvimento tecnológico por ter mais da metade de suas patentes feitas com um mesmo parceiro;

Uma vez definida a “cooperação mútua” e a “dependência unilateral”, obteve-se a distribuição percentual dessas medidas com base na frequência por tipo de titular (Tabela 10). Nota-se que Universidades e Centros de Pesquisa têm um perfil de FMRC e DURC semelhantes, onde há uma maior concentração de titulares na faixa Incipiente de cooperação mútua e baixa dependência das relações. Oposto a isso, as Empresas têm maior dependência unilateral dos seus parceiros e se concentram mais na faixa FMRC elevada. Isso pode ocorrer devido à grande concentração de titulares categorizados como Empresas e devido a grande diferença de quantidade de patentes produzidas por cada um deles.

Tabela 10 - Distribuição das faixas da FMRC e DURC por tipo de titular

Tipo do Titular	FMRC				DURC	
	% Incipiente	% Pontual	% Frequente	% Elevada	% Baixa	% Alta
Universidade	0,50	0,23	0,15	0,12	0,75	0,25
Centro de Pesquisa	0,59	0,14	0,11	0,15	0,70	0,30
Empresa	0,26	0,13	0,21	0,40	0,34	0,66
Total Geral	0,28	0,13	0,20	0,39	0,37	0,63

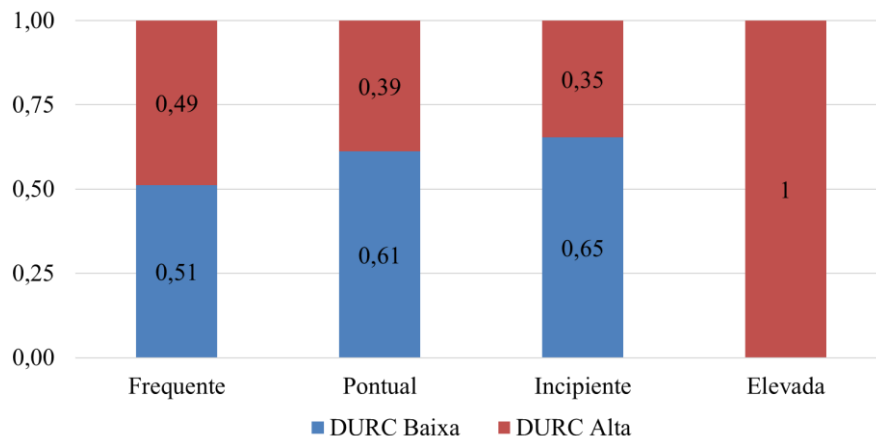
Legenda: FMRC=Força mútua da relação de cooperação; DURC=Dependência unilateral da relação de cooperação.

Fonte: Elaboração própria.

De uma forma geral, constata-se que quanto maior a força mútua da relação de cooperação (FMRC), maior é a dependência unilateral da relação de cooperação (DURC) para os titulares PV (Figura 31). Assim, para a faixa da FMRC “Incipiente”, 65% dos titulares têm dependência baixa. Ou seja, aproximadamente 2/3 destes titulares desenvolveram menos da metade das suas patentes com um mesmo parceiro. Ao

contrário, cerca de 1/3 dos titulares nesta faixa de FMRC desenvolvem mais de 50% das suas tecnologias PV com um mesmo parceiro, criando assim uma forte dependência na relação de cooperação (Figura 31).

Figura 31 - Distribuição da DURC para cada faixa de cooperação da FMRC.



Fonte: Elaboração própria.

Com estas duas medidas de intensidade das relações de cooperação, é possível identificar os titulares PV que mais cooperam e apontar se a intensidade das suas parcerias os tornam dependentes da relação de cooperação. Como este tipo de medida é obtido em cada relação de cooperação, foi adotado uma atribuição destas medidas com base na mediana dos valores da medida de Salton (FMRC) e da dependência unilateral (DURC) para cada titular PV. Dentre os 20 titulares que mais cooperam no desenvolvimento de patentes PV (Tabela 11), a Jinko Solar e Jinko Solar Holding mantêm uma relação exclusiva de parceria, possuem força mútua de cooperação elevada e alta dependência da relação. Para os demais, os valores das medianas apontam para uma baixa dependência unilateral bem como força mútua de cooperação incipientes.

Mesmo quando se analisa o valor máximo da FMRC para estes titulares, observa-se relações de cooperação incipientes, salvo para a Panasonic Corp, Centre Nat Rech Scient, Oceans King Lighting Science e IBM que cujo máximo FMRC se encaixa na faixa “Pontual”. Isso leva a constatação de que os titulares que mais optam pelo desenvolvimento de patentes PV em parceria o fazem sem criar fortes vínculos de exclusividade com outros titulares. Com isso, eles geram uma rede pulverizada de colaborações sem se colocarem em uma situação de dependência dos parceiros, o que pode ser percebido como algo positivo, uma vez que há diversas colaborações, muito provavelmente em distintos temas. O Apêndice E apresenta os 20 titulares que mais

cooperam, quais são os parceiros com maior intensidade na relação de cooperação, além de mostrar quão cada titular é dependente da parceria. Já o Apêndice F explora as medidas FMRC e DURC para os 100 titulares que mais cooperam no desenvolvimento de tecnologias PV, destaca a intensidade das parcerias e a dependência unilateral de cada titular.

Tabela 11 - Análise da FMRC e DURC para os 20 titulares com mais patentes PV desenvolvidas em cooperação

Titular	Origem do Titular	Tipo do Titular	Patentes em Cooperação	Mediana FMRC	Faixa FMRC	Máx FMRC	Mediana DURC	Faixa DURC	Máximo DURC
Sharp	JP	Empresa	526	0,023	Incipiente	0,080	0,001	Baixa	0,006
State Grid Corp China	CN	Empresa	370	0,052	Incipiente	0,249	0,003	Baixa	0,062
Sanyo Electric Co	JP	Empresa	353	0,031	Incipiente	0,189	0,001	Baixa	0,063
Samsung Electronics	KR	Empresa	333	0,033	Incipiente	0,088	0,001	Baixa	0,036
Toshiba Corp	JP	Empresa	283	0,028	Incipiente	0,163	0,001	Baixa	0,027
Panasonic Corp	JP	Empresa	255	0,038	Incipiente	0,293	0,001	Baixa	0,133
Oceans King Lighting Science	CN	Empresa	245	0,066	Incipiente	0,317	0,004	Baixa	0,164
Centre Nat Rech Scient	FR	Centro de Pesquisa	245	0,061	Incipiente	0,362	0,006	Baixa	0,101
Commissariat Energie Atomique	FR	Centro de Pesquisa	243	0,037	Incipiente	0,150	0,001	Baixa	0,026
Sony Corp	JP	Empresa	235	0,030	Incipiente	0,064	0,001	Baixa	0,006
Hitachi	JP	Empresa	213	0,037	Incipiente	0,189	0,001	Baixa	0,042
IBM	US	Empresa	203	0,037	Incipiente	0,281	0,003	Baixa	0,079
Jinko Solar	CN	Empresa	196	0,906	Elevada	0,906	0,875	Alta	0,875
Jinko Solar Holding	CN	Empresa	196	0,906	Elevada	0,906	0,938	Alta	0,938
Mitsubishi Electric Corp	JP	Empresa	194	0,024	Incipiente	0,151	0,001	Baixa	0,023
Toyota Motor Corp	JP	Empresa	185	0,045	Incipiente	0,115	0,002	Baixa	0,063
Panasonic IP Man	JP	Centro de Pesquisa	181	0,039	Incipiente	0,106	0,003	Baixa	0,109
LG Innotek	KR	Empresa	180	0,039	Incipiente	0,184	0,002	Baixa	0,034
Micron Technology	US	Empresa	178	0,046	Incipiente	0,222	0,002	Baixa	0,055
Sunpower Corp	US	Empresa	161	0,051	Incipiente	0,141	0,003	Baixa	0,055

Legenda: FMRC=Força mútua da relação de cooperação; DURC=Dependência unilateral da relação de cooperação.

Fonte: Elaboração própria.

Ao explorar um pouco mais a FMRC para os 20 maiores titulares (Tabela 12) e aqueles com melhores estatísticas na rede (Tabela 13), ambas tabelas ordenadas pela FMRC, nota-se que todos eles têm suas relações de parceria incipientes, com intensidade de cooperação e dependência da parceria baixos. Essa característica ocorre pelo fato de que tais titulares têm uma grande quantidade de patentes desenvolvidas com múltiplos titulares. Essa variedade faz com que os índices de cooperação mútua sejam baixos. Em contrapartida, uma diversificação de parcerias induz a uma estratégia comum neste segmento com o intuito de maximizar o desenvolvimento das tecnologias PV e não gerar dependência em relação a apenas alguns parceiros. Este resultado é reforçado com as expressivas estatísticas de rede destes titulares também observadas nas respectivas tabelas, o que permite concluir que os maiores ou os mais influentes titulares PV não criam relações intensas de cooperação que possam lhes causar dependência da relação mas se posicionam estrategicamente na rede cooperação, optam por ter muitas relações com diferentes parceiros, mantêm conexões com outros titulares relevantes e centralizam o fluxo de desenvolvimento das patentes PV nos seus clusters de atuação.

Tabela 12 - Distribuição por faixas da FMRC (Medida de Salton) para os 20 maiores titulares de patentes PV

Titular	FMRC			DURC			Medidas de Rede					
	Mediana	Faixa	Máximo	Mediana	Faixa	Máximo	G	GMP	PR	CP	CI	TR
Shinetsu Handotai	0,042	Incipiente	0,093	0,002	Baixa	0,064	24	75	0,00042	0,18239	5,45E+05	24
Panasonic IP Man	0,039	Incipiente	0,106	0,003	Baixa	0,109	18	223	0,00028	0,18142	1,56E+05	49
LG Innotek	0,039	Incipiente	0,184	0,002	Baixa	0,034	44	145	0,00087	0,16910	5,56E+05	53
Panasonic Corp	0,038	Incipiente	0,293	0,001	Baixa	0,133	108	452	0,00191	0,19787	1,66E+06	174
Matsushita Electric Ind	0,038	Incipiente	0,311	0,001	Baixa	0,139	68	317	0,00108	0,20280	1,05E+06	139
IBM	0,037	Incipiente	0,281	0,003	Baixa	0,079	265	554	0,00345	0,19360	5,27E+06	598
Commissariat Energie Atomique	0,037	Incipiente	0,150	0,001	Baixa	0,026	139	269	0,00247	0,18085	2,25E+06	196
Taiwan Semiconductor Mfg	0,037	Incipiente	0,052	0,001	Baixa	0,005	109	118	0,00210	0,13531	2,19E+06	135
Hitachi	0,037	Incipiente	0,189	0,001	Baixa	0,042	145	390	0,00245	0,21006	2,24E+06	298
Fujifilm Corp	0,037	Incipiente	0,165	0,001	Baixa	0,033	39	94	0,00075	0,21384	2,63E+06	36
Canon	0,033	Incipiente	0,067	0,001	Baixa	0,004	28	37	0,00085	0,15069	2,98E+05	8
Samsung Electronics	0,033	Incipiente	0,088	0,001	Baixa	0,036	355	592	0,00539	0,24351	2,39E+07	670
LG Electronics	0,032	Incipiente	0,120	0,001	Baixa	0,014	97	203	0,00150	0,17993	1,54E+06	150
Sanyo Electric Co	0,031	Incipiente	0,189	0,001	Baixa	0,063	64	216	0,00140	0,20590	1,18E+06	67
Sony Corp	0,030	Incipiente	0,064	0,001	Baixa	0,006	110	154	0,00250	0,20293	1,80E+06	102
Toshiba Corp	0,028	Incipiente	0,163	0,001	Baixa	0,027	130	260	0,00295	0,20481	2,03E+06	116
Kyocera Corp	0,027	Incipiente	0,071	0,001	Baixa	0,005	66	121	0,00139	0,18907	9,91E+05	64
Mitsubishi Electric Corp	0,024	Incipiente	0,151	0,001	Baixa	0,023	72	159	0,00144	0,20693	1,26E+06	104
Sharp	0,023	Incipiente	0,080	0,001	Baixa	0,006	187	379	0,00394	0,21104	3,25E+06	190
Sekisui Chemical	0,013	Incipiente	0,046	0,002	Baixa	0,009	18	25	0,00037	0,19182	5,26E+05	10

Legenda: G=Grau; GMP=Grau Médio Ponderado; PR=Pagerank; CP=Centralidade de Proximidade; CI=Centralidade de Intermediação; TR=Quantidade de Triangulações; FMRC=Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC=Dependência Unilateral da Relação de Cooperação

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13 - Distribuição por faixas da Medida de Salton para os titulares com melhores estatísticas

Titular	FMRC			DURC			Medidas de Rede					
	Mediana	Faixa	Máximo	Mediana	Faixa	Máximo	G	GMP	PR	CP	CI	TR
Hewlett Packard Co	0,178	Incipiente	0,241	0,043	Baixa	0,304	14	22	0,00023	0,20305	3,28E+06	17
Univ Leland Stanford Junior	0,164	Incipiente	0,232	0,027	Baixa	0,081	43	50	0,00061	0,20800	1,76E+06	97
Sandia Corp	0,144	Incipiente	0,250	0,021	Baixa	0,063	21	26	0,00037	0,17058	3,35E+06	21
California Inst of Technology	0,121	Incipiente	0,248	0,015	Baixa	0,074	50	63	0,00072	0,20936	3,77E+06	92
Ecole Polytech	0,118	Incipiente	0,167	0,014	Baixa	0,319	33	77	0,00062	0,18207	3,32E+06	22
Emcore Corp	0,116	Incipiente	0,240	0,019	Baixa	0,315	36	66	0,00043	0,19796	5,60E+06	108
Univ Tohoku	0,113	Incipiente	0,261	0,013	Baixa	0,103	67	93	0,00095	0,21173	4,24E+06	150
Alliance Sustainable Energy	0,110	Incipiente	0,247	0,012	Baixa	0,061	61	71	0,00104	0,18765	4,12E+06	85
Univ Shanghai Jiaotong	0,108	Incipiente	0,152	0,012	Baixa	0,023	20	21	0,00052	0,17914	3,60E+06	9
Massachusetts Inst Technology	0,099	Incipiente	0,171	0,010	Baixa	0,029	80	97	0,00137	0,22072	7,40E+06	98
Matsushita Denki Sangyo	0,084	Incipiente	0,311	0,007	Baixa	0,695	59	284	0,00093	0,18470	2,02E+05	113
Siemens Ag	0,078	Incipiente	0,175	0,006	Baixa	0,086	113	178	0,00184	0,19065	2,99E+06	163
Basf Se	0,078	Incipiente	0,425	0,006	Baixa	0,181	111	288	0,00134	0,18971	2,15E+06	327
Merck Patent	0,075	Incipiente	0,212	0,006	Baixa	0,051	102	207	0,00133	0,20268	3,65E+06	228
Dow Global Technologies	0,075	Incipiente	0,317	0,006	Baixa	0,101	123	299	0,00147	0,18115	2,33E+06	302
Univ California	0,072	Incipiente	0,203	0,005	Baixa	0,041	167	203	0,00274	0,22419	7,13E+06	243
Fraunhofer Ges Forschung	0,071	Incipiente	0,267	0,005	Baixa	0,071	147	285	0,00207	0,17806	4,24E+06	294
Applied Materials	0,070	Incipiente	0,141	0,005	Baixa	0,025	120	150	0,00148	0,13368	2,28E+06	394
Centre Nat Rech Scient	0,061	Incipiente	0,362	0,006	Baixa	0,164	204	571	0,00268	0,20798	9,04E+06	534
Mitsubishi Chem Corp	0,060	Incipiente	0,104	0,004	Baixa	0,032	47	109	0,00087	0,21042	1,96E+06	59
Univ Shinshu	0,060	Incipiente	0,192	0,037	Baixa	0,111	18	23	0,00034	0,21206	9,62E+05	9
Intel Corp	0,060	Incipiente	0,139	0,004	Baixa	0,025	132	193	0,00214	0,16595	1,62E+06	251
Bosch Robert	0,058	Incipiente	0,116	0,003	Baixa	0,017	126	160	0,00214	0,18979	3,31E+06	175
Infineon Technologies Ag	0,058	Incipiente	0,102	0,003	Baixa	0,047	113	142	0,00196	0,20921	4,74E+06	160

Titular	FMRC			DURC			Medidas de Rede					
	Mediana	Faixa	Máximo	Mediana	Faixa	Máximo	G	GMP	PR	CP	CI	TR
Samsung Sdi	0,057	Incipiente	0,345	0,003	Baixa	0,119	110	243	0,00145	0,20717	1,69E+06	292
State Grid Corp China	0,052	Incipiente	0,249	0,003	Baixa	0,062	328	609	0,00855	0,15659	3,91E+06	215
Sunpower Corp	0,051	Incipiente	0,141	0,003	Baixa	0,055	128	222	0,00222	0,16510	1,85E+06	188
Univ Osaka	0,051	Incipiente	0,199	0,013	Baixa	0,260	37	85	0,00073	0,21959	2,45E+06	26
Osram Opto Semiconductors	0,049	Incipiente	0,148	0,002	Baixa	0,029	146	213	0,00245	0,18504	2,09E+06	218
Micron Technology	0,046	Incipiente	0,222	0,002	Baixa	0,055	135	266	0,00237	0,21121	2,94E+06	207
Fujitsu	0,044	Incipiente	0,117	0,002	Baixa	0,027	49	90	0,00093	0,21365	1,76E+06	75
Sumitomo Electric Ind	0,042	Incipiente	0,228	0,002	Baixa	0,084	54	225	0,00108	0,20288	8,23E+05	79
Nec Corp	0,039	Incipiente	0,326	0,002	Baixa	0,112	78	222	0,00143	0,23660	1,25E+07	143
Ibiden	0,037	Incipiente	0,167	0,018	Baixa	0,082	23	83	0,00040	0,20822	4,11E+05	62
Univ Tokyo	0,034	Incipiente	0,199	0,011	Baixa	0,133	43	86	0,00074	0,21411	1,57E+06	48
Nat Inst For Materials Science	0,028	Incipiente	0,127	0,016	Baixa	0,032	14	17	0,00022	0,21317	2,56E+06	16

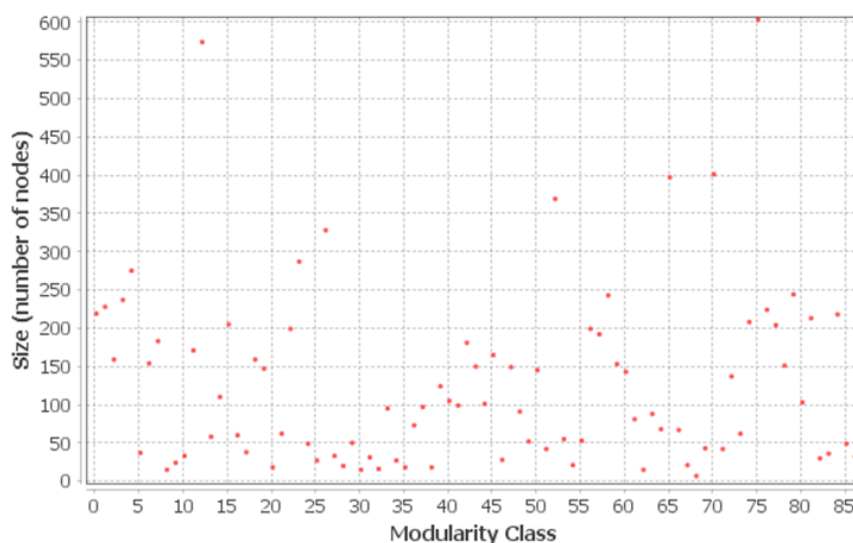
Legenda: G=Grau; GMP=Grau Médio Ponderado; PR=Pagerank; CP=Centralidade de Proximidade; CI=Centralidade de Intermediação; TR=Quantidade de Triangulações; FMRC=Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC=Dependência Unilateral da Relação de Cooperação

Fonte: Elaboração própria.

4.2.2 Caracterização dos clusters de cooperação de titulares PV

Na Rede Componente Gigante de titulares PV foram identificados 87 clusters, distribuídos de forma dispersa no que se refere à afinidade dos titulares (nós), bem como o tamanho dos mesmos (Figura 32). Essa distribuição permite identificar de forma bem distinta as relações de cooperação, suas principais características, assim como os tipos de tecnologias que são foco de cada cluster.

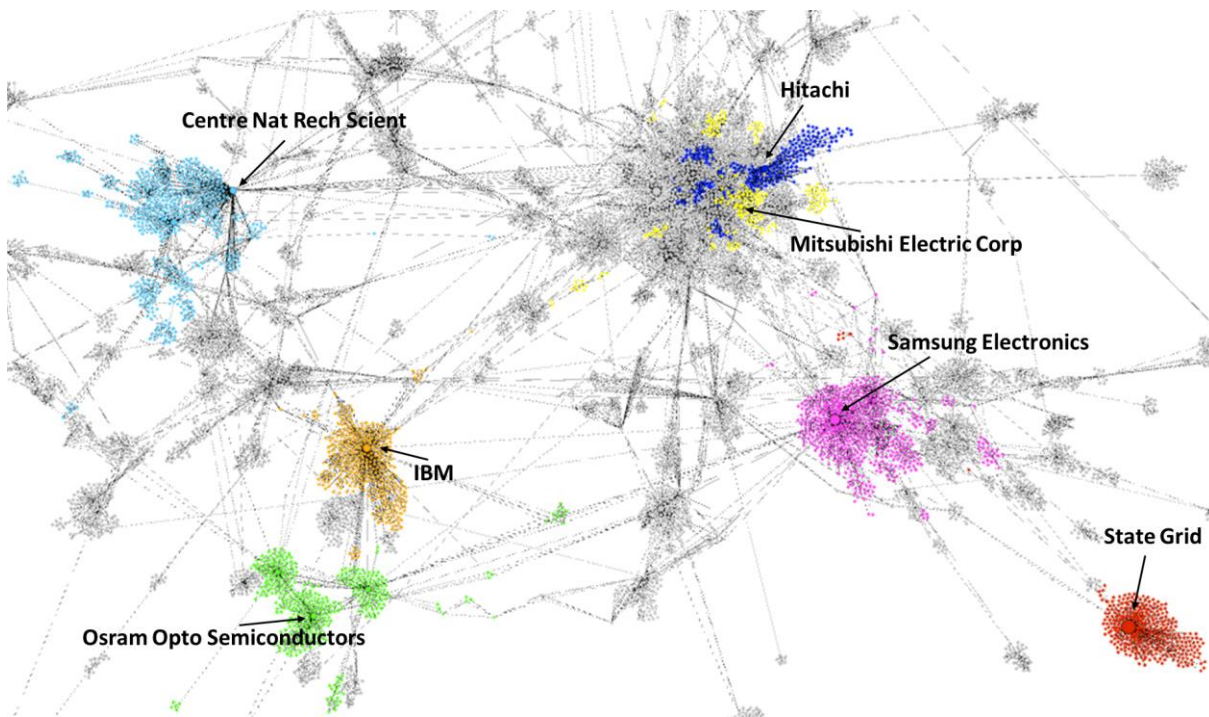
Figura 32 - Distribuição dos clusters de titulares de patentes PV



Fonte: Elaboração própria a partir do Gephi.

Dentre os 87 clusters, foram selecionados aqueles considerados mais relevantes em termos das melhores estatísticas de rede e os que continham os maiores depositantes de patentes PV. Desta forma, selecionou-se 7 clusters, que representam 24% dos titulares da rede (Figura 33) e 23% do total de patentes. Estes clusters possuem titulares que atendem os seguintes critérios: tem grande representatividade de ligações na rede (grau) e amplas parcerias (número de triangulações), possuem alta capacidade de controle e interligação (centralidades de proximidade e intermediação), são nós relevantes e estão conectados a outros nós também relevantes (pagerank). Além disso, possuem titulares de diferentes países, o que também colabora para identificar se a nacionalidade do titular influencia no seu perfil de cooperação tecnológica. O tamanho do nó aponta os titulares de maior pagerank em cada cluster. Os gráficos com as estatísticas da rede de cooperação podem ser visto no Apêndice G e uma visão consolidada das principais estatísticas de cada cluster é apresentada no Apêndice H.

Figura 33 - Principais clusters da rede de cooperação dos titulares PV



Fonte: Elaboração própria.

A seguir são apresentadas análises mais detalhadas de cada cluster, identificando seus principais titulares, predominância das tecnologias desenvolvidas, países de maior interesse de proteção, bem como o perfil dos principais titulares e suas relações. Os clusters serão identificados pelo nome do ator central naquela comunidade.

4.2.2.1 Rede de cooperação - Cluster Mitsubishi Electric

Esta Rede de Cooperação (RC), cujo ator central é a Mitsubishi Electric Corp, apresenta 402 patentes compartilhadas entre 246 titulares, com um grau médio de 3,26 arestas conectadas à um nó e grau médio ponderado 5,74, considerando a média do peso das ligações sobre todos os nós desta comunidade (Tabela 14). Ao observar o diâmetro da rede constatou-se a existência de 9 conexões intermediárias existentes entre estes nós. Destaca-se que este é uma das redes mais densas (0,013), com um patamar superior à média dos demais, o que nos leva a crer que o fluxo de informações no interior dessa comunidade é mais eficaz que em outras. Esta RC possui a menor quantidade de triangulações e a segunda menor quantidade de triangulações por nó, indicando uma força de cooperação mútua menor quando comparado aos demais. Além disso, o comprimento médio do caminho indica a necessidade de 4,4 passos para alcançar um nó a partir de outro.

Tabela 14 - Estatísticas da RC da Mitsubishi Electric

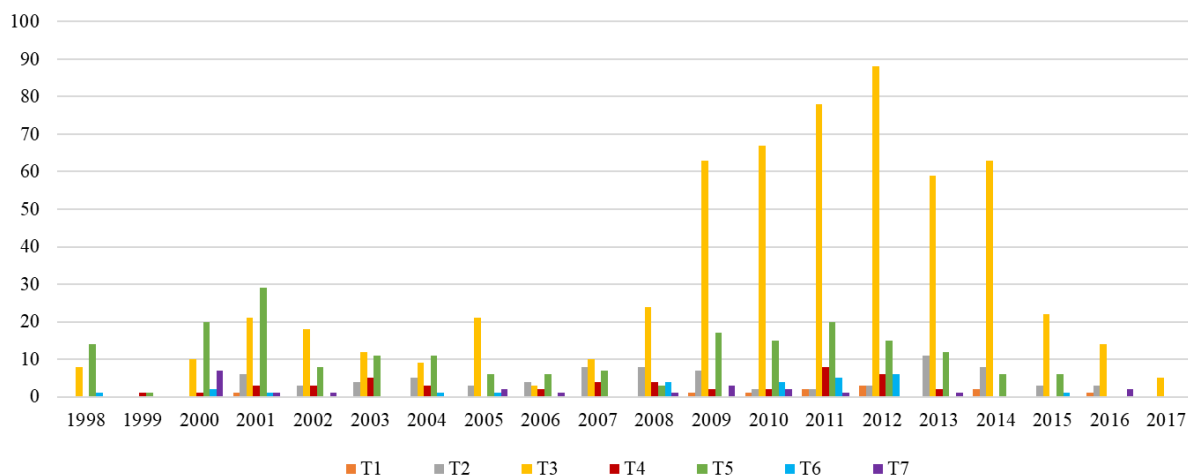
Métrica da Rede de Cooperação	Valor
Nós	246
Arestas	402
Representatividade do Cluster	2,17%
Grau	3,268
Grau Médio Ponderado	5,748
Diâmetro da Rede	9
Densidade	0,013
Triangulações	228
Triangulações por nó	0,9
Comprimento médio do caminho	4,446

Fonte: Elaboração própria.

Esta RC tem características semelhantes à rede geral de cooperação em energias PV no que tange principais tecnologias desenvolvidas, sendo que três grupos, *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica*, *Montagem de uma pluralidade de células solares* e *Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)*, tecnológicos totalizam 89,3% das patentes (Figura 34). Vale destacar que as tecnologias sobre este tipo de dispositivo tiveram um aumento linear ao longo do período analisado, com uma maior intensidade de depósitos entre 2009 e 2014. Ao contrário, as patentes sobre *Montagem de uma pluralidade de células solares* tiveram períodos de maior produção tecnológica entre 1998 e 2001 e entre 2009 a 2013. As patentes dos demais grupos tecnológicos tiveram depósitos esparsos ao longo do tempo, o que pode indicar iniciativas isoladas de desenvolvimento de alguma tecnologia, ou mesmo o desenvolvimento de algo relacionado às tecnologias de maior interesse. Os termos mais frequentes nos resumos das patentes desta RC são: *layer*, *semiconductor*, *surface*, *substrate*, *electrode*, *film*, *solar*, *conversion* e *organic*.

No que tange os mercados de interesse de proteção, as patentes da Rede de Cooperação (RC) da Mitsubishi Electric foram aplicadas prioritariamente no Japão (49,8%) e Estados Unidos (35,5%). A Coreia do Sul também foi um mercado de interesse para depósito das patentes desse grupo até 2004, sendo que após este período não ocorreram mais depósitos de patentes PV (Figura 35). Vale ressaltar ainda que 59,4% das patentes foram aplicadas em mercados asiáticos, podendo caracterizar um interesse mais comum por esta região.

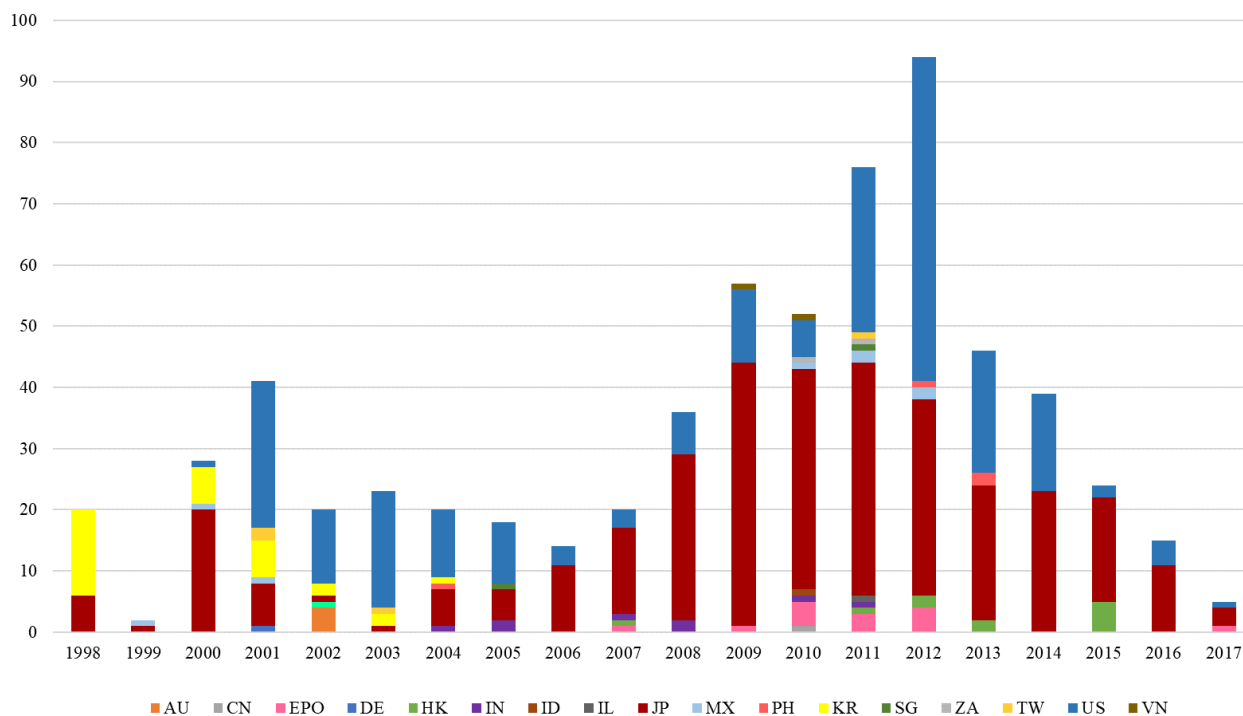
Figura 34 - Evolução das patentes PV na RC Mitsubishi Electric entre 1998 a 2017



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1=Carregamento de baterias; T2=Células solares sensibilizadas por corrente (DSSC); T3=Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T4=Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T5=Montagem de uma pluralidade de células solares; T6=Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T7=Silício; crescimento de cristal simples

Figura 35 - Evolução das patentes na RC Mitsubishi Electric por país de depósito



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: AU=Austrália; CN=China; EPO=Escritório Europeu; DE=Alemanha; HK=Hong Kong; IN=Índia; ID=Indonésia; IL=Israel; JP=Japão; MX=México; PH=Filipinas; KR=Coreia do Sul; SG=Singapura; ZA=África do Sul; TW=Taiwan; US=Estados Unidos; VN=Vietnã

Observa-se que nesta RC a força mútua das relações de cooperação é mais concentrada na faixa Incipiente (56,1%) e há mais titulares sem dependência da relação de parceria (Tabela 15). Já para as demais faixas da medida de Salton, nota-se que há tendência à uma exclusividade

e dependência na relação de cooperação para um dos titulares. Apesar da espessura das arestas mostradas na rede onde se identifica o peso deste tipo de relação, a força de cooperação mútua para estes titulares predomina na faixa Incipiente (56,1% das relações). Em contrapartida, 59,3% das relações de cooperação tem alta dependência unilateral, mostrando que, especialmente entre os titulares com menor quantidade de patentes, predominam relações de alta dependência para o desenvolvimento de tecnologias PV.

Tabela 15 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC da Mitsubishi Electric

Faixa da FMRC	DURC		Total (%)
	Baixa (%)	Alta (%)	
Incipiente	29,4	26,8	56,1
Pontual	5,2	6,7	11,9
Frequente	6,1	6,0	12,1
Elevada	-	19,9	19,9
Total	40,7%	59,3%	100%

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Dentre as demais características, identificou-se que a cooperação geral Empresa-Universidade e Empresa-Centro de Pesquisa é de 14,4%. Vale destacar a formação de colaboração entre empresas pertencentes ao mesmo grupo empresarial, por exemplo, nas relações da Mitsubishi, Oki, Konica e seus parceiros. Percebe-se ainda a predominância de relação com força mútua incipiente, cujos titulares com maior quantidade de patentes (titular A), tem dependência unilateral baixa e alguns titulares menores (titular B) têm dependência unilateral alta (Tabela 16).

Tabela 16 - Maiores relações de parceria para a RC da Mitsubishi Electric

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	FMRC	Faixa FMRC	Titular A		Titular B	
					Total Patentes	Faixa DURC	Total Patentes	Faixa DURC
Asahi Glass	Agc Flat Glass North America	10	0,16	Incipiente	198	Baixa	19	Alta
	Agc Glass Euro	5	0,08	Incipiente	198	Baixa	20	Baixa
	Tokyo Inst Tech	5	0,04	Incipiente	198	Baixa	64	Baixa
Eveready Battery	Eveready Battery Co	6	0,25	Incipiente	35	Baixa	17	Baixa
Konica Minolta	Konica Corp	9	0,09	Incipiente	152	Baixa	63	Baixa
Konica Minolta Holdings	Konica Corp	55	0,44	Pontual	250	Baixa	63	Alta
	Konica Minolta	8	0,04	Incipiente	250	Baixa	152	Baixa
Mitsubishi Electric Corp	Mitsubishi Denki	41	0,15	Incipiente	1766	Baixa	42	Alta
	Mitsubishi Elec R&D Ct Europe	9	0,07	Incipiente	1766	Baixa	10	Alta
	Ryoden Semiconductor Syst Eng	8	0,07	Incipiente	1766	Baixa	8	Alta
	Hitachi Chemical	5	0,01	Incipiente	1766	Baixa	409	Baixa
Nippon Kayaku	Univ Tokyo Metropolitan	6	0,16	Incipiente	107	Baixa	13	Baixa
	Univ Hiroshima	5	0,09	Incipiente	107	Baixa	29	Baixa
Oki Electric Ind	Oki Semiconductor	11	0,12	Incipiente	141	Baixa	64	Baixa
	Oki Denki Kogyo	6	0,21	Incipiente	141	Baixa	6	Alta
	Miyazaki Oki Denki	4	0,17	Incipiente	141	Baixa	4	Alta
	Lapis Semiconductor	4	0,05	Incipiente	141	Baixa	47	Baixa
Oki Semiconductor	Lapis Semiconductor	6	0,11	Incipiente	64	Baixa	47	Baixa
Seiko Epson Corp	Jsr Corp	7	0,04	Incipiente	660	Baixa	39	Baixa

Fonte: Elaboração própria.

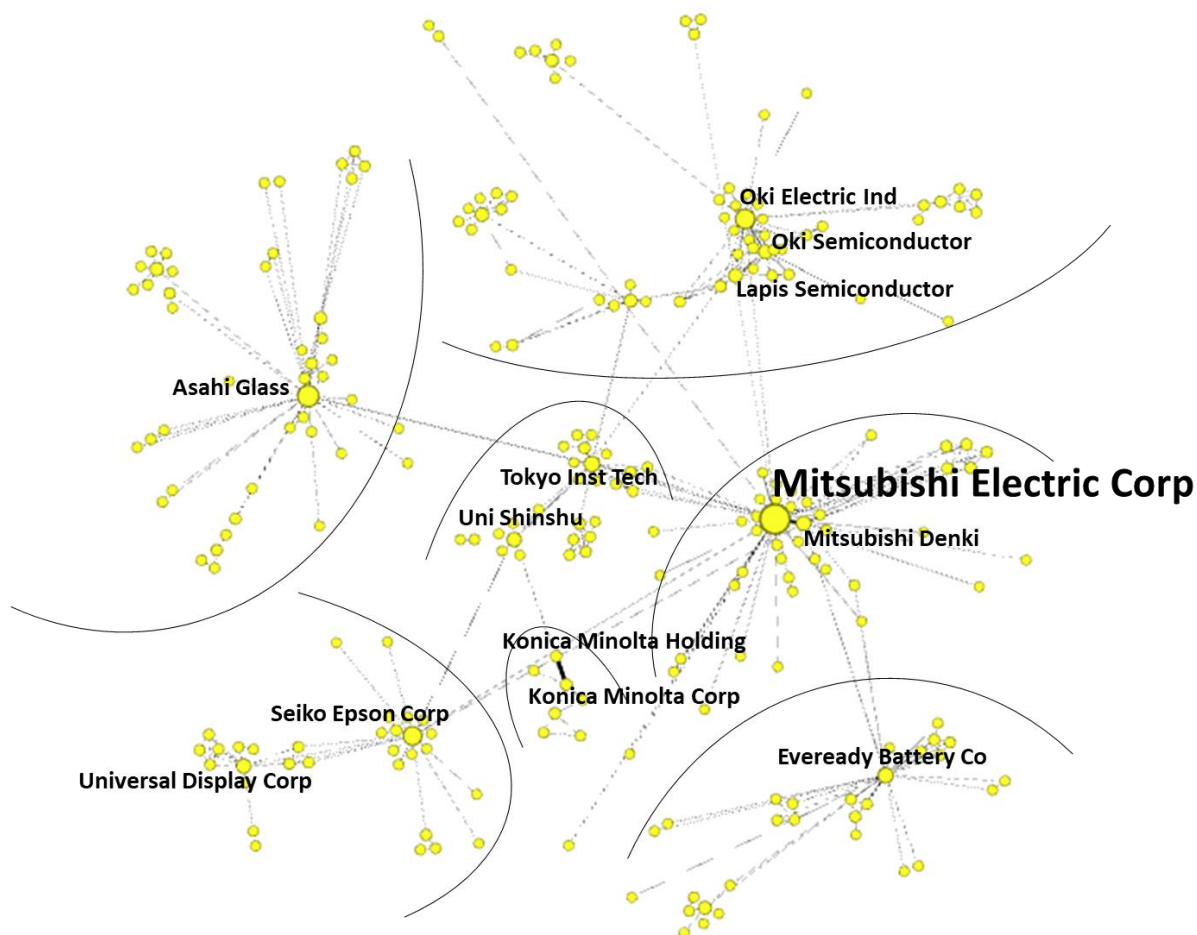
Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

É uma comunidade de formação descentralizada com visíveis sub-agrupamentos e que, de forma direta ou indireta, passa por um controle da Mitsubishi Electric Corp (Figura 36), a qual possui o maior pagerank e as melhores estatísticas desta comunidade, constituindo-se assim no titular mais importante nesta comunidade. Dessa forma, sua presença interfere em todo ecossistema de desenvolvimento de tecnologias PV ao qual está interligado. Das 71 relações de cooperação feitas com a Mitsubishi Electric, apenas 6 ocorreram com universidades e institutos de pesquisa, tais como Tokyo Inst Technology, Mitsubishi Res Inst, Univ Tokyo e Univ Saitama. Isso aponta uma baixa diversidade de interação com diferentes tipos de titulares (8,5%), sinalizando uma opção prioritária por cooperação Empresa-Empresa.

A Mitsubishi Electric Corp desenvolveu 59 patentes em parceria com suas subsidiárias, como é o caso da Mitsubishi Denki (41) e Mitsubishi Elec R&D Ct Europe (9). Constatou-se ainda que 57,7% dos parceiros da Mitsubishi Electric tem alta dependência da relação de cooperação, o que leva a reafirmar que este titular, conforme demonstram as estatísticas da rede, centraliza as interações e tem uma rede de cooperação parcerias claras. Nota-se também que a

maioria das empresas com as quais coopera são de origem japonesa, assim como a própria empresa. A exceção nas parcerias firmadas com Eveready Battery Co e Universal Display Corp, ambas americanas.

Figura 36 - Rede de cooperação da Mitsubishi Electric Corp



Fonte: Elaboração própria.

Por último, constatou-se claramente a diversidade dos setores de atuação das empresas que realizaram parcerias nesta RC, desde aquelas especializadas em vidros (Asahi Glass), desenvolvedoras de materiais emissores de luz (Universal Display Corp), baterias (Eveready Battery Co), instrumentos ópticos (Konica Minolta), semicondutores (Oki e Lapis) até companhias que desenvolvem equipamentos eletrônicos e de automação (Seiko Epson Corp). Isso demonstra o interesse das empresas em complementar seus portfólios de tecnologias PV.

4.2.2.2 Rede de cooperação - Cluster Hitachi

Com 628 patentes (arestas) e 289 titulares (nós), o cluster azul tem como ator central a empresa Hitachi e se apresenta como uma comunidade também descentralizada e com densidade baixa. Possui um grau médio de 4,346 e grau médio ponderado 8,858. Observa-se um perfil de rede mais conectado, com uma maior quantidade de conexões entre os nós e conexões estas com peso maior (Tabela 17). No que tange as demais estatísticas desta rede temos: (i) diâmetro: a maior distância entre dois nós da rede é de 7, o que permite que as informações fluam rapidamente quando necessário; (ii) com uma medida próxima à da RC da Mitsubishi Electric, a RC da Hitachi também tem um adensamento de nós que indica um bom uso da capilaridade da rede (0,015); (iii) apesar de possuir uma quantidade de triangulações de 2,47 por nós, possui uma média quantidade de triangulações (713) comparada aos demais clusters, indicando uma baixa força de cooperação mútua entre os titulares; (iv) com um comprimento médio do caminho de 3,25, observa que nesta rede o esforço para alcançar um nó a partir de outro é menor que na RC Mitsubishi Electric.

Tabela 17 - Estatísticas de rede - cluster Hitachi

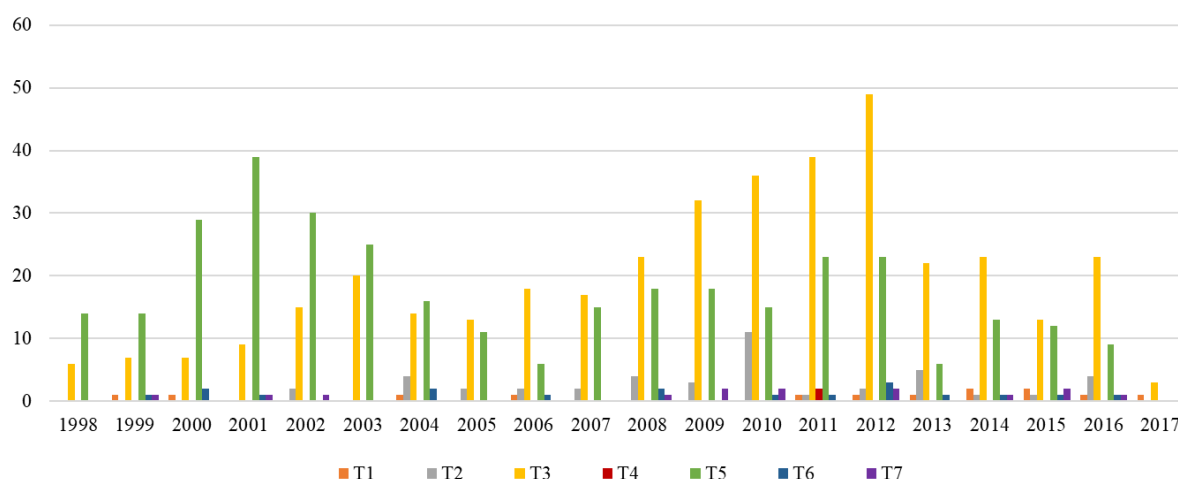
Métrica	Valor
Nós	289
Arestas	628
Representatividade do Cluster	2,55
Grau	4,35
Grau Médio Ponderado	8,86
Diâmetro da Rede	7
Densidade	0,015
Triangulações	713
Triangulações por nó	2,47
Comprimento médio do caminho	3,25

Fonte: Elaboração própria.

Para este cluster, 94,2% das patentes são aplicadas com foco em tecnologias Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica (47,7%), Montagem de uma pluralidade de células solares (41,1%) e Células solares sensibilizadas por corante - DSSC (5,4%), conforme pode ser observado na Figura 37. Apesar de investir no desenvolvimento de patentes dos mesmos grupos tecnológicos que o cluster Mitsubishi Electric, podendo assim

caracterizar uma concorrência entre os titulares destes grupos, o cluster Hitachi tem um foco maior em patentes sobre Montagem de uma pluralidade de células solares, praticamente o dobro de depósitos que este outro cluster. O interesse por este tipo de tecnologia é intenso desde o início do período analisado (1998). Já as patentes sobre Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica tiveram um pico de depósitos entre 2009 e 2012. As patentes dos demais grupos tecnológicos foram depositadas pontualmente ao longo do tempo, mas demonstram patentes isoladas ou tecnologias complementares. Os principais termos encontrados nos resumos das patentes deste cluster são: *semiconductor, layer, surface, device, power, substrate, chip, electrode e film*.

Figura 37 - Evolução das patentes PV na RC Hitachi entre 1998 a 2017

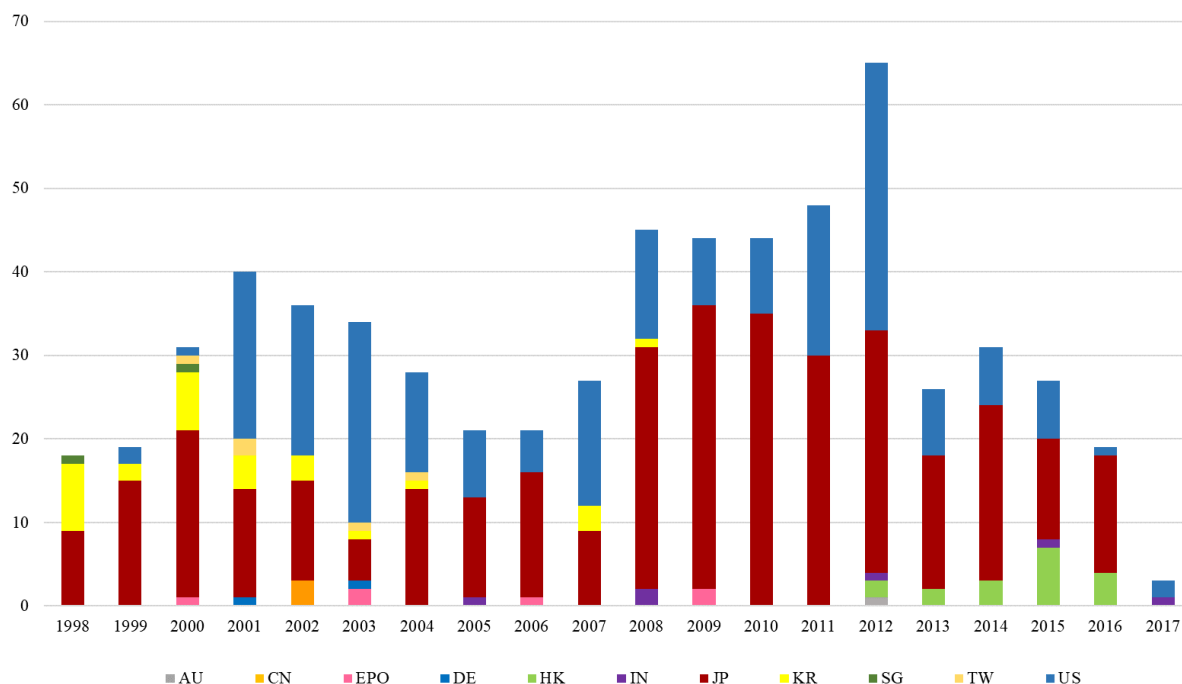


Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1=Carregamento de baterias; T2=Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T3=Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T4=Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T5=Montagem de uma pluralidade de células solares; T6=Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T7=Silício; crescimento de cristal simples

Referente ao interesse de proteção, as patentes desta rede foram submetidas prioritariamente no Japão (54,9%) e Estados Unidos (33,5%). A Coreia do Sul também foi um mercado de interesse para depósito das patentes desse grupo até 2008, não havendo mais depósitos para este país depois desse ano. Já Hong Kong tem se mostrado um mercado atrativo para os titulares deste cluster, iniciando os depósitos neste país em 2012 e crescendo gradativamente ano após ano. Por último, para esta comunidade dois terços das patentes são priorizadas para o mercado asiático, reforçando assim a constatação de que os titulares priorizam seus mercados de origem (Figura 38).

Figura 38 - Evolução das patentes PV da RC da Hitachi por país de depósito



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: AU=Australiá; CN=China; EPO=Escritório Europeu; DE=Alemanha; HK=Hong Kong; IN=Índia; JP=Japão; KR=Coréia do Sul; SG=Singapura; TW=Taiwan; US=Estados Unidos

Nota-se nesta rede, a força mútua das relações de cooperação é bastante concentrada na faixa Incipiente (58,6%) e possui mais titulares que dependem da relação de parceria. Para as demais faixas, os titulares têm uma relação de exclusividade e dependência na parceria para o desenvolvimento de patentes PV (Tabela 18).

Tabela 18 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares no cluster Hitachi

Faixa da FMRC	DURC		Total (%)
	Baixa (%)	Alta (%)	
Incipiente	27,4	31,2	58,6
Pontual	6,3	5,3	11,6
Frequente	5,6	6,0	11,6
Elevada	-	18,2	18,2
Total	39,3	60,7	100,0

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Ao analisar outros aspectos que caracterizam esta comunidade, constatou-se os seguintes pontos. Em primeiro lugar, a cooperação entre empresa-universidade para toda a RC é de 12,9%. Em segundo lugar, nota-se nesta rede a formação de três sub-agrupamentos: (i) a Hitachi desenvolvendo patentes com suas próprias subsidiárias; (ii) outro agrupamento fortemente

baseado em parceria com a Renesas Technology e Renesas Electronics; (iii) agrupamento mais diversificado com participação de empresas como Rohm, Pioneer, NTT, Mitsubishi Chem e as Universidades de Kyoto e Nagoaka. Novamente se observa a relação estreita de co-titularidade entre empresas subsidiárias como nos casos da Renesas Technology, Pioneer Electronics, Hitachi, entre outras (Tabela 19). Percebe-se ainda a predominância de relação com força mútua incipiente, cujos titulares com maior quantidade de patentes (titular A), tem dependência unilateral baixa e alguns titulares menores (titular B) têm dependência unilateral alta.

Tabela 19 - Maiores relações de parceria para a RC da Hitachi

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	FMRC	Faixa FMRC	Titular A		Titular B	
					Total Patentes	Faixa DURC	Total Patentes	Faixa DURC
Elpida Memory	Hitachi Ulsi Sys	9	0,11	Incipiente	157	Baixa	41	Baixa
Hitachi	Hitachi Ulsi Sys	31	0,18	Incipiente	730	Baixa	41	Alta
	Renesas Technology Corp	29	0,06	Incipiente	730	Baixa	276	Baixa
	Renesas Technology	27	0,15	Incipiente	730	Baixa	44	Alta
	Hitachi Seisakusho	26	0,19	Incipiente	730	Baixa	26	Alta
	Elpida Memory	19	0,06	Incipiente	730	Baixa	157	Baixa
	Hitachi Tobu Semiconductor	12	0,12	Incipiente	730	Baixa	14	Alta
	Hitachi Car Eng	11	0,12	Incipiente	730	Baixa	11	Alta
	Renesas Electronics Corp	10	0,02	Incipiente	730	Baixa	379	Baixa
Mitsubishi Chem Corp	Univ Kyoto	8	0,03	Incipiente	730	Baixa	74	Baixa
	Univ Kyoto	9	0,06	Incipiente	277	Baixa	74	Baixa
	Pioneer Electronic Corp	8	0,08	Incipiente	277	Baixa	33	Baixa
Nippon Telegraph and Telephone	Japan Science and Technology Agency	8	0,07	Incipiente	277	Baixa	50	Baixa
	Ntt Electronics Corp	18	0,31	Pontual	129	Baixa	26	Alta
Pioneer Electronic Corp	Pioneer Micro Technology Corp	9	0,50	Pontual	33	Baixa	10	Alta
	Pioneer Corp	9	0,38	Pontual	33	Baixa	17	Alta
Renesas Electronics Corp	Renesas Technology Corp	26	0,08	Incipiente	379	Baixa	276	Baixa
	Renesas Technology	15	0,12	Incipiente	379	Baixa	44	Baixa
Renesas Technology	Hitachi Seisakusho	14	0,41	Pontual	44	Baixa	26	Alta

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Esta rede também é caracterizada por uma formação descentralizada e com sub-grupamentos bem definidos (Figura 39), mas se observa nitidamente uma polarização em torno da Hitachi. Este titular tem as melhores estatísticas desta rede e é o desenvolvedor PV mais importante e influente neste cluster, uma vez que tem as medidas de centralidade de proximidade e intermediação mais expressivas, demonstrando assim seu poder de intervenção e

como idioma e outros valores, até mesmo aspectos econômicos relacionados a fomento e incentivos à pesquisa e desenvolvimento tecnológico de uma determinado país ou região.

Por último, observa-se também multiplicidade de parcerias para diferentes áreas tecnológicas tais como semicondutores (Rohm, Renesas Technology, Pioneer Micro Tech, Opnext Japan, Hitachi Ulsi Sys), estruturas e facilidades prediais (NTT Facilities, Hitachi Building), equipamentos eletrônicos (Pioneer Electronics, Hitachi Int Electric), displays (Fujitsu Hitachi Plasma), química (Mitsubishi Chem), componentes automotivos (Hitachi Automotive Systems) e serviços (Hitachi Keiyo Eng). Essa diversidade de co-titulares e áreas tecnológicas, além de não gerar uma dependência entre parceiros, pode tornar mais ágil o desenvolvimento tecnológico e assim caracterizar um importante diferencial competitivo dos atores que integram a presente rede.

4.2.2.3 Rede de cooperação - Cluster Centre Nat Rech Scient

O cluster azul claro tem como titular central o instituto de pesquisa francês Centre Nat Rech Scient (CNRS). Com uma representatividade de 5,09 da rede titulares PV, este cluster tem grau médio de 5,23 ligações, grau médio ponderado 9,22 e o diâmetro de 11 conexões intermediárias existentes entre estes nós. A RC do CNRS possui uma quantidade de triangulações (2173) acima da média das 7 redes analisadas (1066) e a segunda maior quantidade de triangulações por nó (3,77). Além disso, o comprimento médio do caminho indica a necessidade média de 3,71 passos para alcançar um nó a partir de outro, apesar de ser uma das RC com uma das maiores medidas de diâmetro da rede PV (Tabela 20).

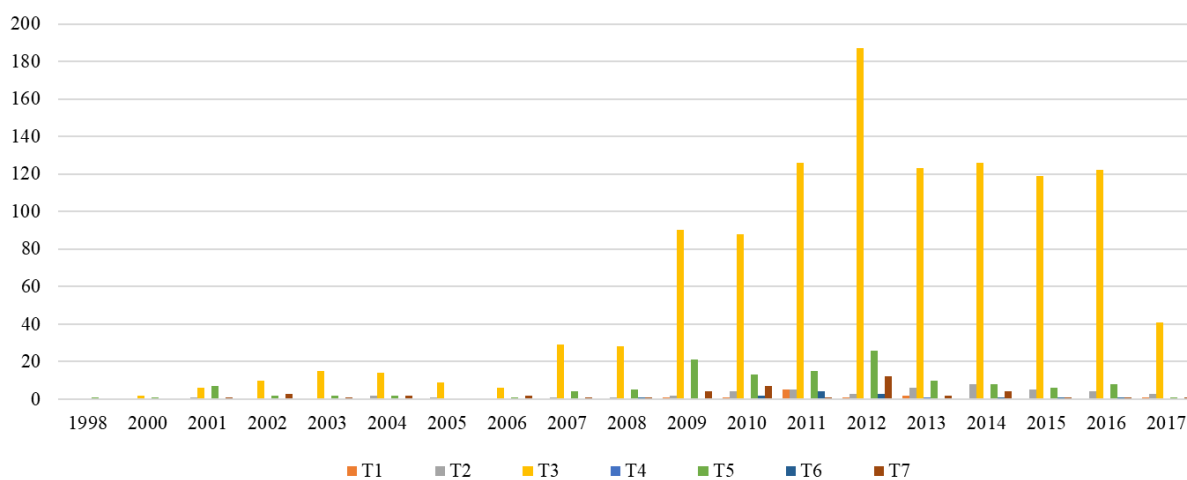
Tabela 20 - Estatísticas de rede de cooperacao do Centre Nat Rech Scient

Métrica	Valor
Nós	576
Arestas	1506
Representatividade do Cluster	5,09%
Grau	5,23
Grau Médio Ponderado	9,22
Diâmetro da Rede	11
Densidade	0,009
Triangulações	2173
Triangulações por nó	3,77
Comprimento médio do caminho	3,71

Fonte: Elaboração própria.

Esta rede tem características semelhantes à rede geral de cooperação em energias PV no que tange principais tecnologias desenvolvidas, sendo que três grupos, *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* e *Montagem de uma pluralidade de células solares* totalizam 91,7% das patentes (Figura 40). Vale destacar que as tecnologias sobre *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* tiveram um aumento linear ao do longo do período analisado, com uma maior intensidade de depósitos em 2012. Ao contrário, as patentes sobre *Montagem de uma pluralidade de células solares* tiveram de períodos maior produção entre 2009 e 2012. As patentes dos demais grupos tecnológicos tiveram depósitos pontuais e esparsos ao longo do tempo, o que pode indicar iniciativas isoladas de desenvolvimento de alguma tecnologia, ou mesmo o desenvolvimento de algo relacionado às tecnologias de maior interesse dos titulares deste cluster. Os principais termos encontrados nos resumos das patentes deste cluster são: *layer, surface, photovoltaic, couche, substrate, material, device e semiconductor*.

Figura 40 - Evolução das patentes PV na RC Centre Nat Rech Scient entre 1998 a 2017

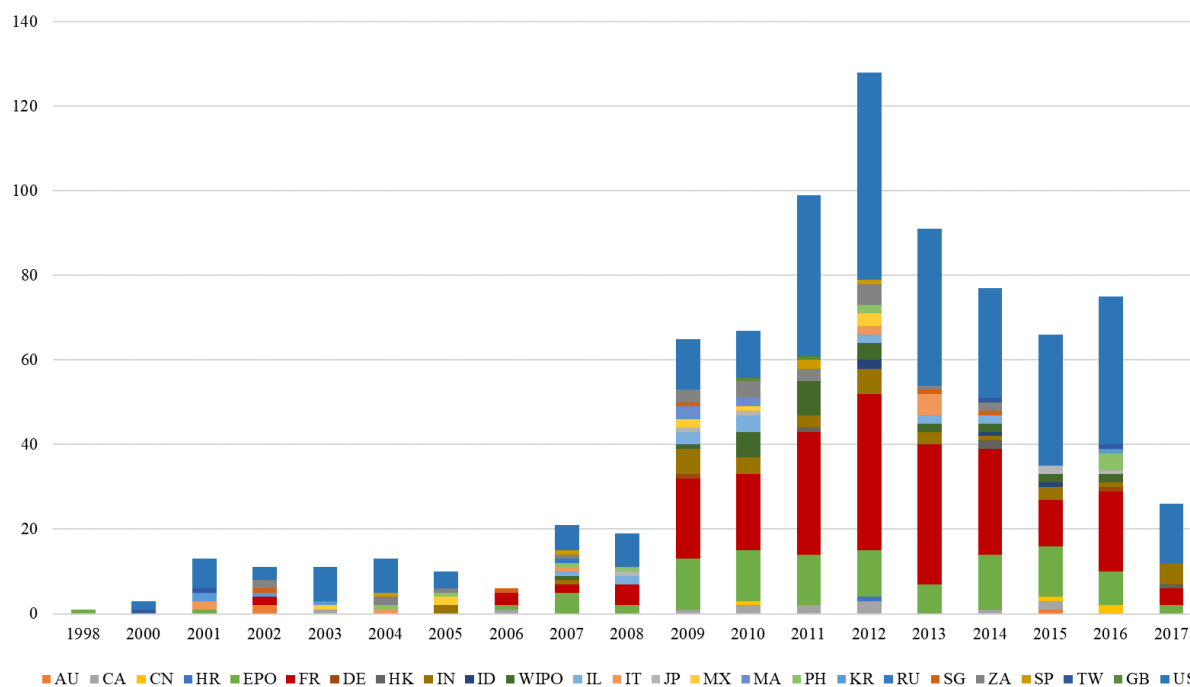


Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1=Carregamento de baterias; T2=Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T3=Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T4=Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T5=Montagem de uma pluralidade de células solares; T6=Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T7=Silício; crescimento de cristal simples

Referente aos mercados de interesse de proteção das tecnologias PV, esta rede possui apenas 8,9% de depósitos em países da Ásia e os escritórios de maior interesse são os Estados Unidos (37,3%), a França (25,8%) e o EPO (12,3%). Observa-se que até 2005, os depósitos ocorriam em sua maioria nos Estados Unidos. A partir de 2006, se intensificaram os depósitos em escritório da França e Europa (Figura 41).

Figura 41 - Evolução das patentes PV na RC Centre Nat Rech Scient por país de depósito



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: AU=Austrália; CA=Canadá; CN=China; HR=Croácia; EPO= Escritório Europeu; FR=França; DE=Alemanha; HK=Hong Kong; IN=Índia; ID=Indonésia; WIPO=International Bureau of WIPO; IL=Israel; IT=Itália; JP=Japão; MX=México; MA=Marrocos; PH=Filipinas; KR=Coreia do Sul; RU=Rússia; SG=Singapura; ZA=África do Sul; SP=Espanha; TW=Taiwan; GB=Reino Unido; US=Estados Unidos

Observa-se que nesta RC a força mútua das relações de cooperação tem uma distribuição diferente das demais redes analisadas até então. A intensidade medida nas faixas “Incipiente” e “Frequente” se destacam das demais. Com exceção das relações pontuais de cooperação, para as demais faixas, predomina relações de alta dependência por parte de um dos titulares (Tabela 21), cujo total de titulares com cooperação rumo a exclusividade de parceira é de 67,3%.

Tabela 21 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC Centre Nat Rech Scient

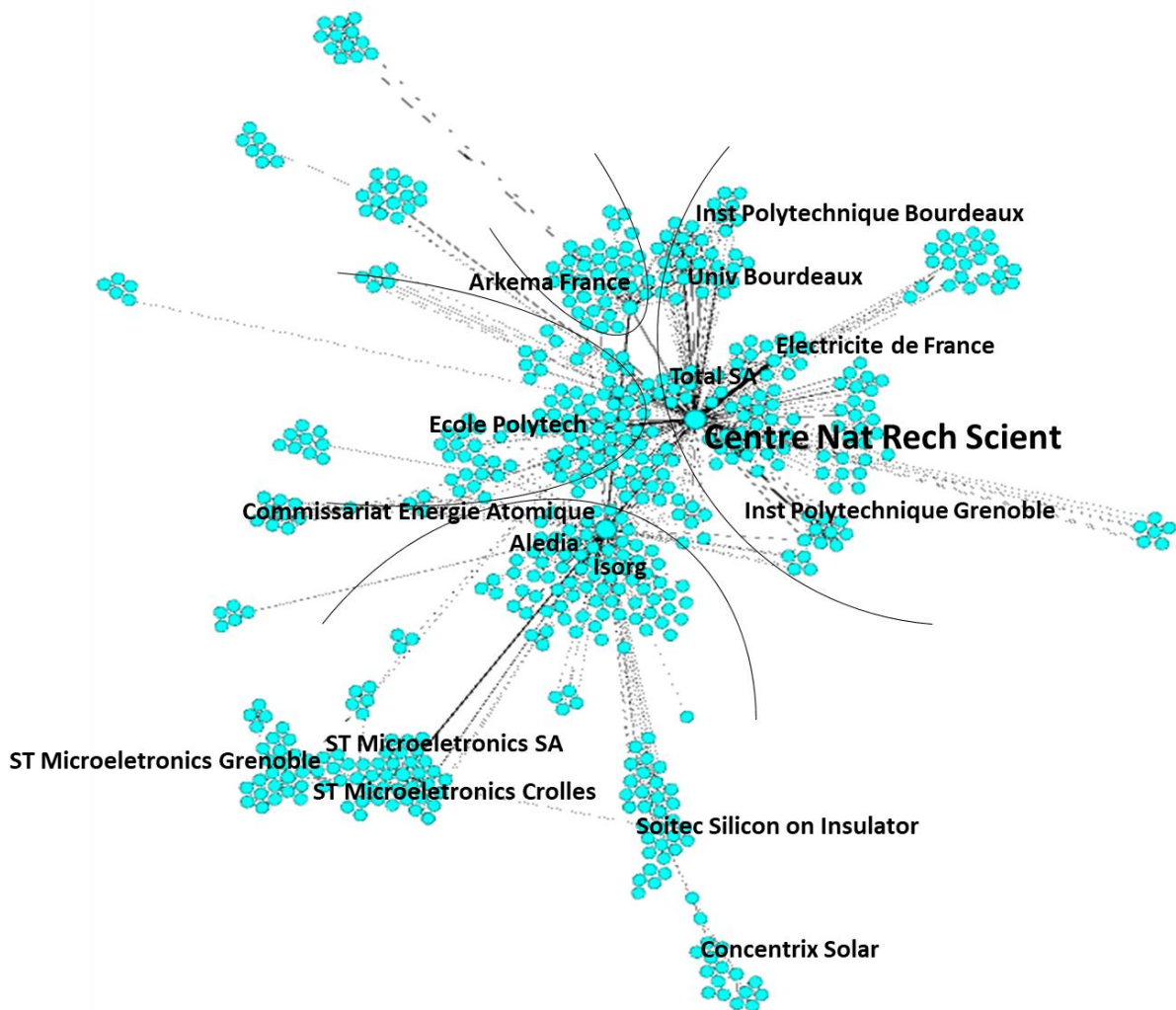
Faixa da FMRC	DURC		Total (%)
	Baixa (%)	Alta (%)	
Incipiente	12,7	18,2	30,9
Pontual	10,1	7,6	17,7
Frequente	9,8	10,6	20,4
Elevada	-	31,0	31,0
Total	32,7	67,3	100,0

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

A RC da CNRS tem uma localização mais periférica na rede de titulares PV, o que a mais afasta das outras e limita sua interação com outros titulares fora da sua própria rede. Possui 1506 patentes entre 576 titulares e dois sub-agrupamento bem definidos e polarizados pelos titulares Commissariat Energie Atomique e CNRS. O primeiro possui a maior centralidade de proximidade desta RC, o que o coloca numa posição privilegiada de interação com os demais titulares. Já o CNRS tem as melhores estatísticas de pagerank, centralidade de intermediação e quantidade de triangulações. Apesar do titular Commissariat Energie Atomique ter maior produção de patentes PV do que o Centre Nat Rech Scient (727 versus 269), sob a ótica de cooperação tecnológica e das estatísticas de rede, sem dúvida, CNRS é o titular mais importante nesta rede de cooperação (Figura 42).

Figura 42 - Rede de cooperação da Centre Nat Rech Scient



Fonte: Elaboração própria.

Dentre as demais características analisadas, destaca-se em primeiro, a cooperação entre empresa-universidade para todo o cluster é de 35,7%, sendo esta a RC com maior percentual de patentes desenvolvidas neste tipo de parceria. Esta rede também tem uma característica de relações com maior intensidade e dependência das parcerias (Tabela 22).

Tabela 22 - Maiores relações de parceria para o cluster CNRS

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	FMRC	Faixa FMRC	Titular A		Titular B	
					Total Patentes	Faixa DURC	Total Patentes	Faixa DURC
Arcelormittal-Stainless and Nickel Alloys	Aperam Alloys Imphy	14	0,75	Elevada	23	Alta	15	Alta
	Solarte	11	0,66	Frequente	23	Baixa	12	Alta
Arkema France	Inst Polytechnique Bordeaux	10	0,28	Pontual	97	Baixa	13	Alta
Centre Nat Rech Scient	Electricite De France	44	0,36	Pontual	269	Baixa	55	Alta
	Total Sa	28	0,29	Pontual	269	Baixa	34	Alta
	Total Marketing Services	28	0,22	Incipiente	269	Baixa	58	Baixa
	Ecole Polytech	23	0,17	Incipiente	269	Baixa	72	Baixa
	Inst Polytechnique Bordeaux	13	0,22	Incipiente	269	Baixa	13	Alta
	Ecole Polytechnique	13	0,20	Incipiente	269	Baixa	16	Alta
	Rhodia Operations	11	0,15	Incipiente	269	Baixa	19	Alta
	Total Raffinage Marketing	10	0,17	Incipiente	269	Baixa	13	Alta
Commissariat Energie Atomique	Isorg	19	0,15	Incipiente	727	Baixa	22	Alta
	Arkema France	18	0,07	Incipiente	727	Baixa	97	Baixa
	St Microelectronics Sa	15	0,06	Incipiente	727	Baixa	86	Baixa
	Aledia	14	0,10	Incipiente	727	Baixa	26	Alta
	Centre Nat Rech Scient	14	0,03	Incipiente	727	Baixa	269	Baixa
St Microelectronics Sa	St Microelectronics Crolles 3	18	0,38	Pontual	86	Baixa	26	Alta
Total Marketing Sernaces	Total Sa	16	0,36	Pontual	58	Baixa	34	Baixa
	Total Raffinage Marketing	12	0,44	Pontual	58	Baixa	13	Alta
	Ecole Polytechnique	12	0,39	Pontual	58	Baixa	16	Alta

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Ao analisar a Commissariat Energie Atomique, das 134 relações de cooperação identificadas, 84,3% ocorreram com empresas e 15,7% com universidades ou centros de pesquisa. Dentre essas, as principais foram: Isorg, Arkema France, St Microelectronic SA, Aledia e CNRS. Apesar das várias parcerias, observa-se que a força mútua das relações desse titular tem intensidade fraca, se concentrando na faixa de relações incipientes. No entanto, observa-se que para 75,4% dos titulares que se relacionam com a Commissariat Energie Atomique há dependência unilateral alta, como é o caso da Isorg com 86% das patentes desenvolvidas em conjunto com este titular.

Já a CNRS possui 65,8% das 193 relações de cooperação realizadas com empresas e 34,2% com universidades e centros de pesquisa, tendo as principais parcerias: Electricite De France, Tonal SA, Total Marketing Services, Ecole Polytech, Commissariat Energie Atomique, Inst Polytechnique Bordeaux e Rhodia Operations. De acordo com a força de cooperação mútua com a CNRS, 86,4% dos parceiros tem relações de alta dependência unilateral, demonstrando que este titular detém domínio nas relações sobre desenvolvimento PV.

Por último, nota-se que a maioria dos titulares que cooperam com a CNRS e Commissariat Energie Atomique são também de origem francesa, o que reforça a tendência de formação de clusters de cooperação por atores de mesma nacionalidade. Além disso, nota-se um foco muito específico no desenvolvimento de *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* por meio das parcerias com centros de pesquisa e Universidade (Inst Polytechnique Bordeaux, Ecole Polytech, Univ Bourdeaux), além de empresas de setores como geração de energia (Electricite De France e Total SA), dispositivos eletrônicos orgânicos (Isorg), indústria química, fibras sintéticas e polímeros (Rodhia Operations e Arkema France), componentes eletrônicos e semicondutores (ST Microelectronics) e tecnologias para telas de LED (Aledia).

4.2.2.4 Rede de cooperação - Cluster IBM

As estatísticas de rede indicam 325 titulares e 1045 patentes, com um grau médio de 6,43 arestas conectadas à um nó e grau médio ponderado 6,63, considerando a média do peso das ligações sobre todos os nós desta comunidade (Tabela 23). Dentre as 7 RC selecionados, esta é o que tem maior densidade (0,20), menor diâmetro (6), maior quantidade de triangulações por nó (5,11) e o menor comprimento médio (2,09), o que o caracteriza como uma comunidade com alta capacidade de fluidez de informações e conhecimento, apesar de ser uma rede que tem localização mais periférica na rede de titulares PV.

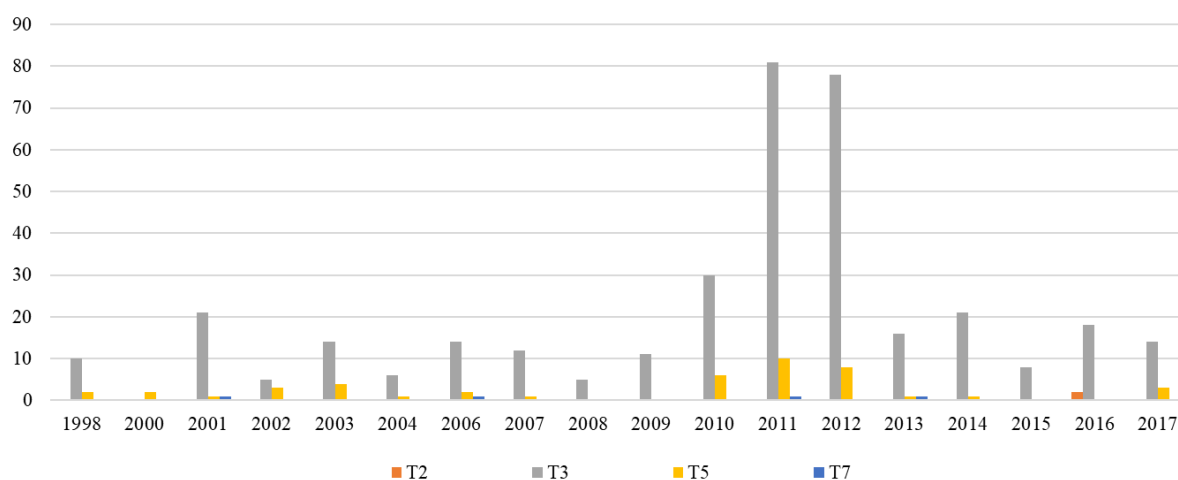
Tabela 23 - Estatísticas de rede de cooperacao da IBM

Métrica	Valor
Nós	325
Arestas	1045
Representatividade do Cluster	2,91%
Grau	6,43
Grau Médio Ponderado	6,63
Diâmetro da Rede	6
Densidade	0,020
Triangulações	1660
Triangulações por nó	5,11
Comprimento médio do caminho	2,09

Fonte: Elaboração própria.

A RC da IBM tem foco principal no desenvolvimento de Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica (87,7%), mas também desenvolve 10,8% de patentes sobre Montagem de uma pluralidade de células solares. Tem uma média de 14 depósitos por ano, salvo em 2011 e 2012 em que houve uma maior quantidade de depósitos feitos pela IBM (Figura 43). As patentes dos demais grupos tecnológicos tiveram depósitos poucas ao longo do tempo, caracterizando desenvolvimentos pontuais de alguma tecnologia relacionada ao tema de maior interesse. Os termos mais frequentes nos resumos das patentes deste cluster são: *layer, substrate, semiconductor, material, surface, structure e silicon*.

Figura 43 - Evolução das patentes PV na RC IBM entre 1998 a 2017

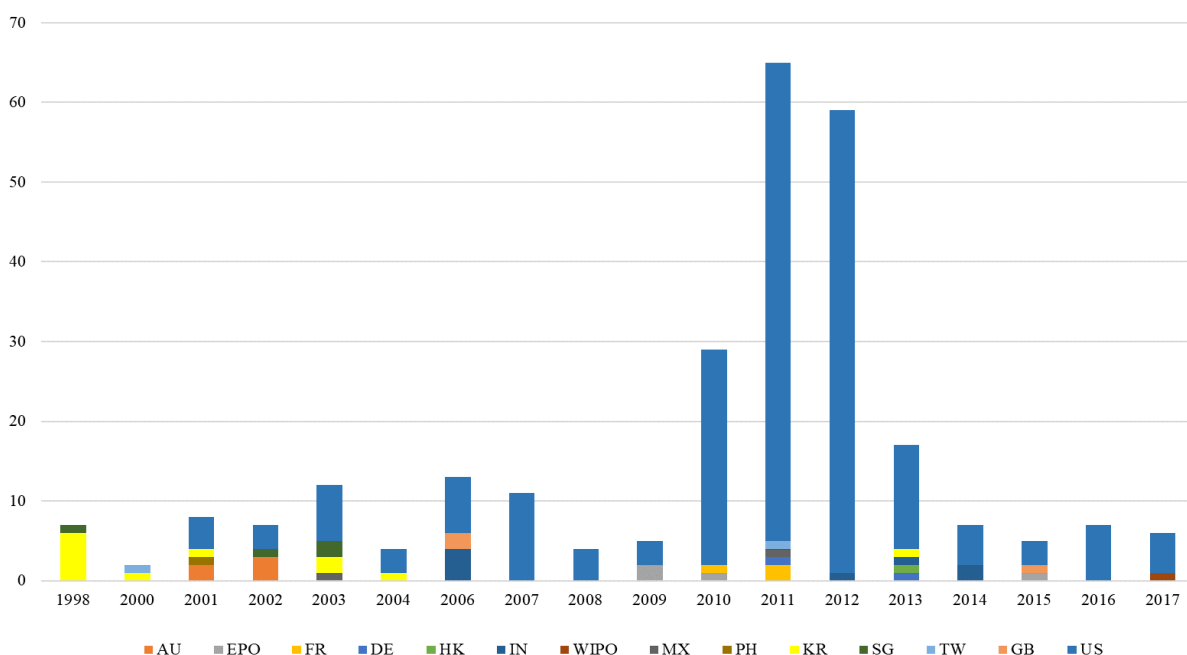


Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T2=Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T3=Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T5=Montagem de uma pluralidade de células solares; T7=Silício; crescimento de cristal simples

A respeito dos mercados de interesse de proteção, 82,1% das patentes foram aplicadas nos Estados Unidos, 10,4% em países da Ásia, especialmente Coréia do Sul, e 4,5% em países europeus. No entanto, observa-se na linha do tempo (Figura 44), que a proteção em vários mercados ocorre de forma mais constante nos Estados Unidos, mas de maneira muito irregular nos demais escritórios, como por exemplo, Coréia do Sul em 1998, 2003, 2004 e 2013, EPO em 2009, 2010, 2015 e França em 2010 e 2011, não sendo possível assim caracterizar para este cluster outros mercados de interesse além do americano.

Figura 44 - Evolução das patentes PV na RC da IBM por país de depósito



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: AU=Austrália; CN=China; EPO=Escritório Europeu; DE=Alemanha; HK=Hong Kong; IN=Índia; ID=Indonésia; IL=Israel; JP=Japão; MX=México; PH=Filipinas; KR=Coréia do Sul; SG=Cingapura; ZA=África do Sul; TW=Taiwan; US=Estados Unidos; VN=Vietnã

Ao investigar o perfil de cooperação, nota-se que a força mútua das relações de cooperação tem uma maior proporção nas faixas Incipiente e Elevada (Tabela 24). Adicionalmente, nota-se uma grande dependência da relação de parceria (70,7%), especialmente com a IBM.

Tabela 24 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC IBM

Faixa da FMRC	DURC		Total (%)
	Baixa (%)	Alta (%)	
Incipiente	8,4	18,6	26,9
Pontual	9,7	4,2	13,9
Frequente	11,3	11,2	22,5
Elevada	-	36,7	36,7
Total	29,3%	70,7	100,0

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Esta rede, diferentemente das demais analisados até agora, tem uma formação totalmente centralizada, caracterizando como uma rede ego, centralizada pela IBM. A cooperação entre empresa-universidade é de apenas 1,6%. Nesta rede a maioria das relações de cooperação ocorrem com indivíduos, possivelmente pesquisadores autônomos ou vinculados à própria IBM. Apesar dos esforços para suprimir este perfil de atores, devido à quantidade de relações deste tipo, sobressaiu-se no caso da RC da IBM (Tabela 25).

Tabela 25 - Maiores relações de parceria para o cluster IBM

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	FMRC	Faixa FMRC	Titular A		Titular B	
					Total Patentes	Faixa DURC	Total Patentes	Faixa DURC
IBM	Shahrjerdi Davood	22	0,17	Incipiente	720	Baixa	22	Alta
	Fogel Keith E	18	0,16	Incipiente	720	Baixa	18	Alta
	Hekmatshoar-Tabari Bahman	18	0,16	Incipiente	720	Baixa	18	Alta
	Hong Augustin J	16	0,15	Incipiente	720	Baixa	16	Alta
	Shahidi Ghavam G	16	0,15	Incipiente	720	Baixa	16	Alta
	Bedell Stephen W	15	0,14	Incipiente	720	Baixa	15	Alta
	Hovel Harold J	9	0,11	Incipiente	720	Baixa	9	Alta
	Egypt Nanotechnology Center	9	0,05	Incipiente	720	Baixa	9	Alta
	Martin Yves C	8	0,10	Incipiente	720	Baixa	9	Alta
	Abou-Kandil Ahmed	7	0,10	Incipiente	720	Baixa	7	Alta
	Van Kessel Theodore G	7	0,10	Incipiente	720	Baixa	7	Alta

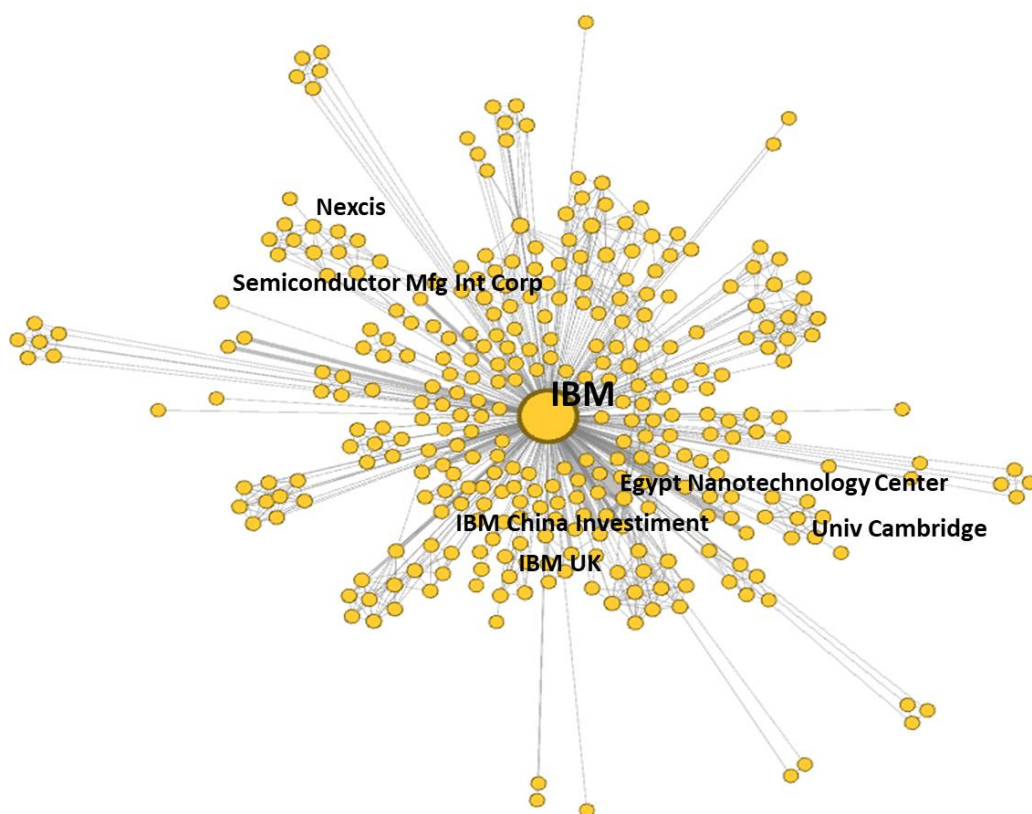
Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Percebe-se ainda a predominância de relação com força mútua incipiente, cujos titulares com maior quantidade de patentes tem dependência unilateral baixa e titulares menores têm dependência unilateral alta. No entanto, a análise da cooperação para titulares indivíduos não é objeto de análise e aprofundamento neste estudo, mas sim relações de cooperação entre organizações.

Observa-se uma formação de parcerias da IBM (Figura 45), especialmente com algumas de suas empresas subsidiárias, sendo as principais parcerias com o Egypt Nanotechnology Center, IBM UK, King Abdulaziz City Sci and Tech e IBM China Investment. A parceria com a Egypt Nanotechnology Center tem produzido células solares baseadas em grafeno e alguns tipos de dispositivos PV, ao passo que a relação com a King Abdulaziz City Sci and Tech, um centro de pesquisa da Arábia Saudita, tem desenvolvido inovações sobre concentradores solares.

Figura 45 - Rede de cooperação da IBM



Fonte: Elaboração própria.

4.2.2.5 Rede de cooperação - Cluster Samsung Electronics

Esta é a maior RC dentro da rede de titulares PV, com 605 titulares e 1.686 patentes. Também possui a maior quantidade de triangulações (2.495), a segunda maior proporção de

triangulações por nó (4,12), uma densidade baixa (0,009) e um comprimento médio de 3 nós de distância para se chegar de um nó a outro (Tabela 26), se destacando assim como uma comunidade com intensa atividade colaborativa.

Tabela 26 - Estatísticas de rede de cooperacao da Samsung Electronics

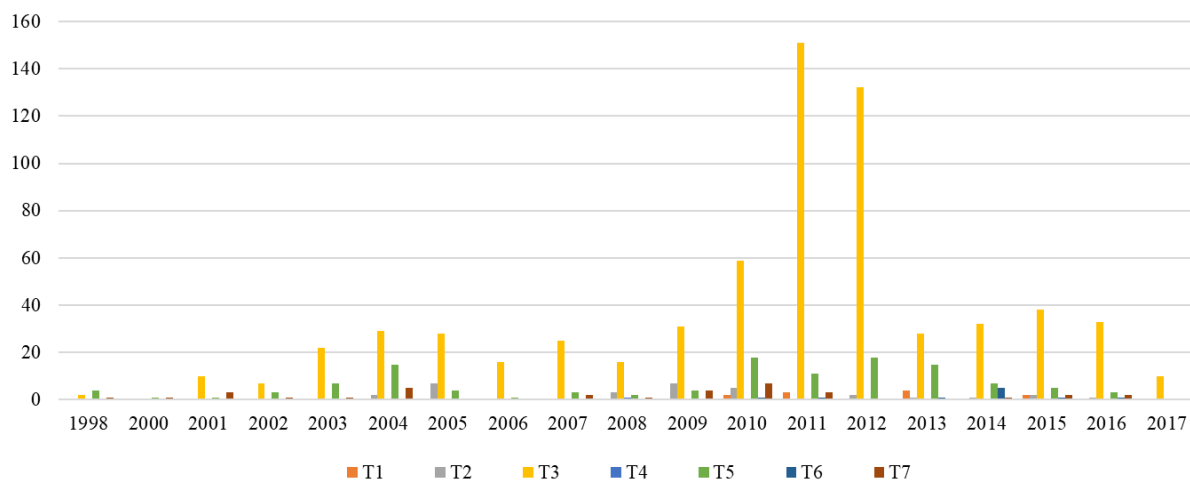
Métrica	Valor
Nós	605
Arestas	1686
Representatividade do Cluster	5,34%
Grau	5,56
Grau Médio Ponderado	8,01
Diâmetro da Rede	8
Densidade	0,009
Triangulações	2495
Triangulações por nó	4,12
Comprimento médio do caminho	3,00

Fonte: Elaboração própria.

Os titulares desta rede tem foco em tecnologias sobre Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica (76,2%) e Montagem de uma pluralidade de células solares (13,9%). Assim como na RC da IBM, ocorreu um pico de depósitos nos anos de 2011 e 2012 para patentes de Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica, depositadas numa maior quantidade pela Samsung Electronics, Samsung Sdi, Samsung Electro Mech, Samsung Mobile Display e Samsung Display (Figura 46). Ainda relacionado ao perfil tecnológico desta rede, os principais termos nos resumos são: *layer*, *substrate*, *electrode*, *solar*, *cell* e *semiconductor*.

No que tange mercado de interesse de proteção, 77,1% das patentes foram depositadas nos Estados Unidos (Figura 47). A Coreia do Sul também é um mercado de interesse para depósito das patentes desse grupo a partir de 2006, concentrando 15,8% dos depósitos desta rede. Alguns depósitos também foram feitos na China a partir de 2010, mas sem muita representatividade no geral.

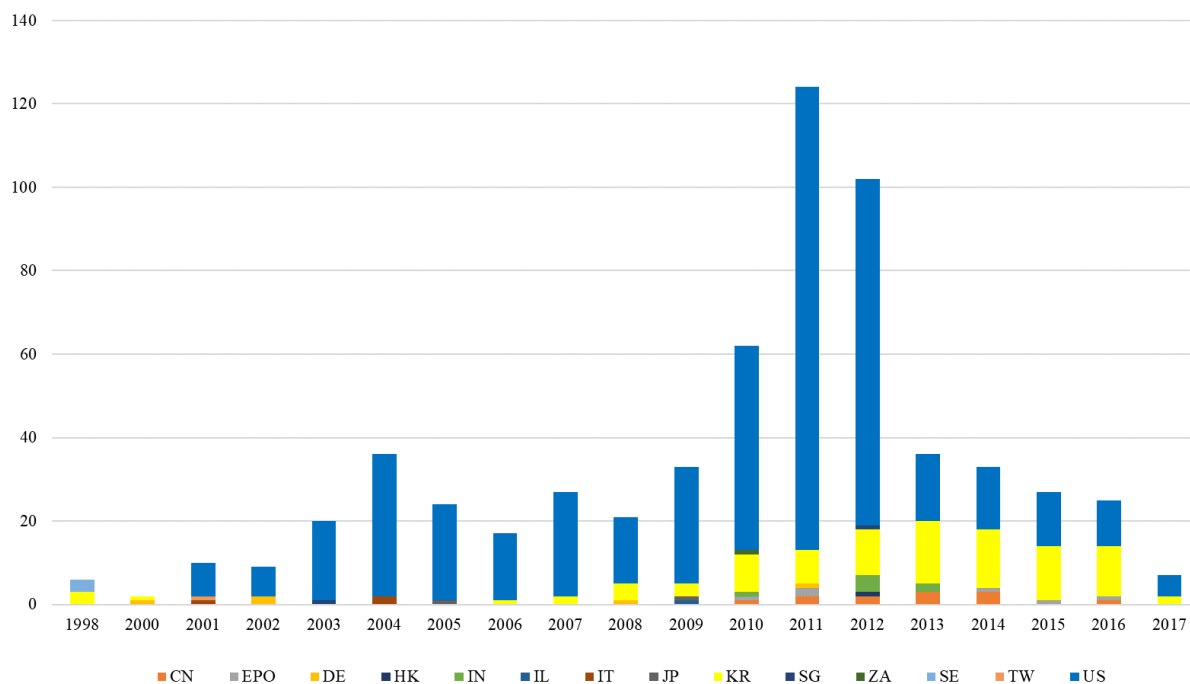
Figura 46 - Evolução das patentes PV na RC Samsung Electronics entre 1998 a 2017



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1=Carregamento de baterias; T2=Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T3=Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T4=Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T5=Montagem de uma pluralidade de células solares; T6=Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T7=Silício; crescimento de cristal simples

Figura 47 - Evolução das patentes PV na RC da Samsung Electronics por país de depósito



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: CN=China; EPO=Escritório Europeu; DE=Alemanha; HK=Hong Kong; IN=Índia; IL=Israel; IT=Itália; JP=Japão; KR=Coreia do Sul; SG=Cingapura; ZA=África do Sul; SE=Suécia; TW=Taiwan; US=Estados Unidos

Nota-se neste cluster uma força mútua das relações de cooperação concentrada nas faixas Incipiente (28,1%) e Elevada (29,6%). A dependência e exclusividade da relação de parceria de pelos menos um dos titulares é de 65,9%, reforçando que para esse perfil de relação quanto

maior intensidade da cooperação, maior será a dependência e exclusividade da relação por um dos titulares (Tabela 27).

Outra característica identificada nesta rede é que as relações de parceria mais fortes ocorrem entre organizações prioritariamente coreanas. Destaca-se ainda a colaboração entre empresas subsidiárias, como ocorre com a Samsung Electronics, Samsung Sdi, Samsung Denkan, Samsung Display e Samsung Semiconductor Cn R&D. Assim como ocorre na RC Mitsubishi Electric, há predominância de força mútua relação incipiente, dependência unilateral baixa para os maiores titulares e alta para os menores (Tabela 28).

Tabela 27 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC Samsung Electronics

Faixa da FMRC	DURC		Total (%)
	Baixa (%)	Alta (%)	
Incipiente	10,3	17,8	28,1
Pontual	10,4	5,3	15,7
Frequente	13,5	13,2	26,6
Elevada	0,0	29,6	29,6
Total	34,1	65,9	100,0

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

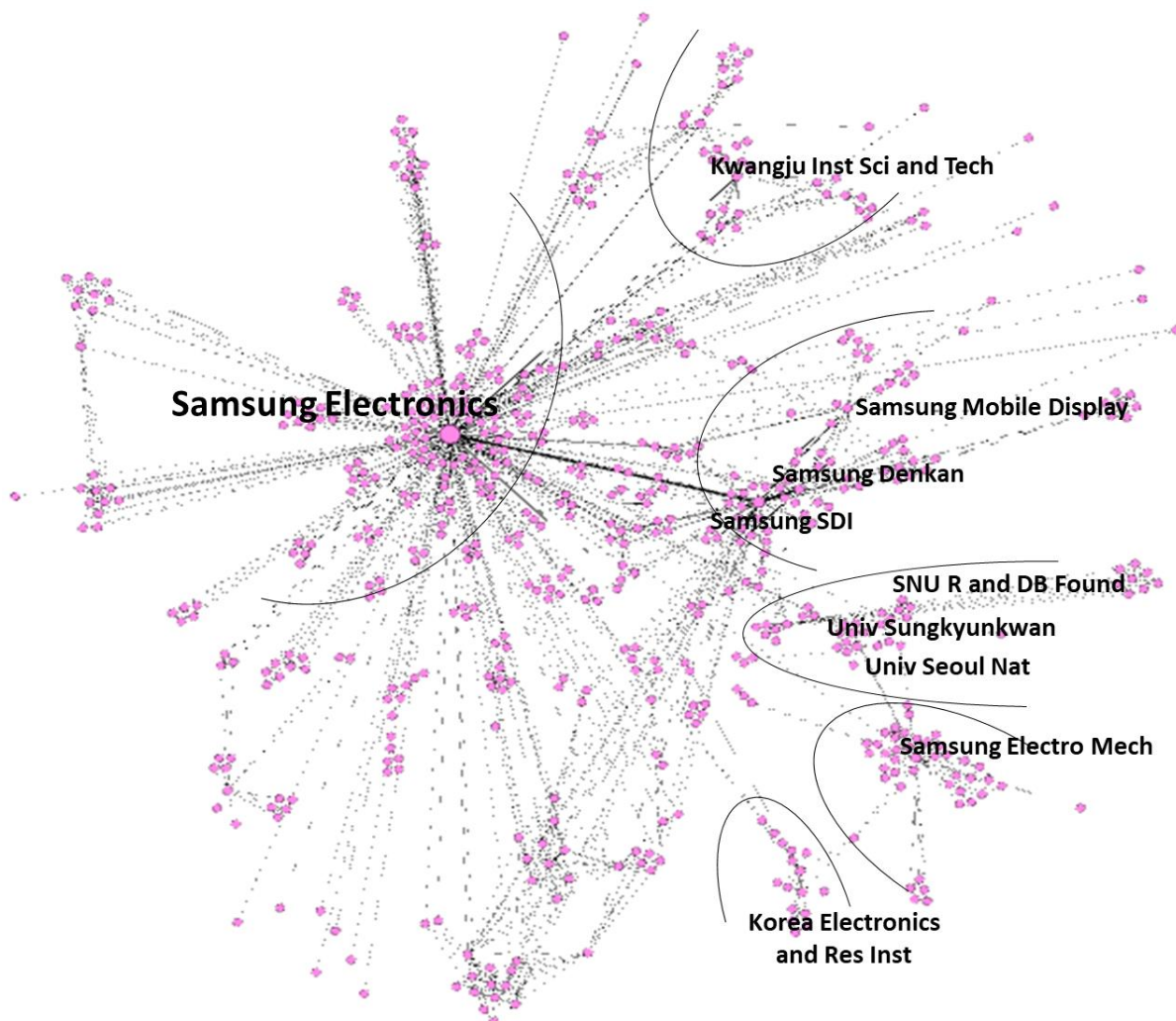
Tabela 28 - Maiores relações de parceria na RC da Samsung Electronics

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	FMRC	Faixa FMRC	Titular A		Titular B	
					Total Patentes	Faixa DURC	Total Patentes	Faixa DURC
Electronics&Tele com Res Inst	Korea Electronic Communication	7	0,80	Elevada	11	Alta	7	Alta
Samsung Denkan	Samsung Mobile Display	6	0,17	Incipiente	37	Baixa	33	Baixa
Samsung Display	Samsung Mobile Display	6	0,11	Incipiente	83	Baixa	33	Baixa
Samsung Electro Mech	Univ Sungkyunkwan Res and Bus	7	0,06	Incipiente	135	Baixa	89	Baixa
Samsung Electronics	Samsung Sdi	33	0,06	Incipiente	925	Baixa	311	Baixa
	Samsung Display	10	0,04	Incipiente	925	Baixa	83	Baixa
	Oh M	8	0,09	Incipiente	925	Baixa	9	Alta
	Samsung Semiconductor Cn R&D	7	0,09	Incipiente	925	Baixa	7	Alta
	Univ Sungkyunkwan Res and Bus	7	0,02	Incipiente	925	Baixa	89	Baixa
Samsung Sdi	Samsung Denkan	37	0,34	Pontual	311	Baixa	37	Alta
	Yang N	9	0,14	Incipiente	311	Baixa	13	Alta
	Samsung Mobile Display	9	0,09	Incipiente	311	Baixa	33	Baixa
	Oh M	7	0,13	Incipiente	311	Baixa	9	Alta
	Song N	7	0,13	Incipiente	311	Baixa	9	Alta
	Kim Hyun-Chul	6	0,12	Incipiente	311	Baixa	8	Alta

Fonte: Elaboração própria.

Nesta rede, observou-se a formação de uma comunidade descentralizada e com visíveis sub-agrupamentos, no entanto, fortemente dependente da Samsung Electronics. Estes sub-agrupamentos de maneira direta ou indireta se interligam a este titular (Figura 48), que possui não só as melhores estatísticas desta RC, mas também maiores estatísticas de centralidade de intermediação, proximidade, triangulações e grau de toda rede de titulares PV e as segundas maiores estatísticas de pagerank e grau médio ponderado. Dessa forma, este titular tem uma grande influência não apenas nesta rede, mas também indiretamente em todo ecossistema de desenvolvimento de tecnologias PV.

Figura 48 - Rede de cooperação da Samsung Electronics



Fonte: Elaboração própria.

A cooperação entre empresa-universidade é de 9,4% e se aproxima das outras RC, mas é proporcionalmente baixa diante do total de cooperações desta comunidade. Ao analisar especificamente o principal titular, das suas 355 parcerias, 38 foram desenvolvidas com

universidades e institutos de pesquisa, tais como Univ Sungkyunkwan Res and Bus, Kwangju Inst Sci and Tech, Univ Yonsei Iacf, Unist Academy Ind Res Corp e Univ Leland Stanford Junior. Algumas outras universidades fora da Coréia do Sul também tiveram relações de cooperação pouco expressivas (apenas uma patente) com a Samsung, como por exemplo Univ California, Univ Fudan, Univ of California Berkeley, Univ Osaka e Univ Tokyo. Vale ressaltar que 77,5% das parcerias entre outros titulares com a Samsung Electronics têm exclusividade alta na relação superior a 50%. Ou seja, os demais titulares, desenvolveram, no mínimo, metade das suas patentes em conjunto com a Samsung Electronics e com isso, a maior parte do ecossistema de cooperação em torno da Samsung tem forte dependência da sua atuação para o desenvolvimento de patentes PV.

4.2.2.6 Rede de cooperação - Cluster Osram Opto Semiconductors

Esta rede representa 3,56% das patentes de cooperação PV (Tabela 29). Quando comparado as demais, possui medidas de grau médio ponderado (5,83), diâmetro (9) e densidade (0,012) muito semelhantes a RC da Mitsubishi. Quando se analisa a quantidade de triangulações (1081), quantidade de triangulações por nó (2,68) e comprimento médio do caminho, se assemelha mais a RC da Hitachi. Apesar destas similaridades, a RC da Osram (cluster verde claro) é bem periférica na rede de titulares PV ao contrário das redes da Mitsubishi e da Hitachi, o que a torna mais limitada em termos de interações com outros clusters da rede geral.

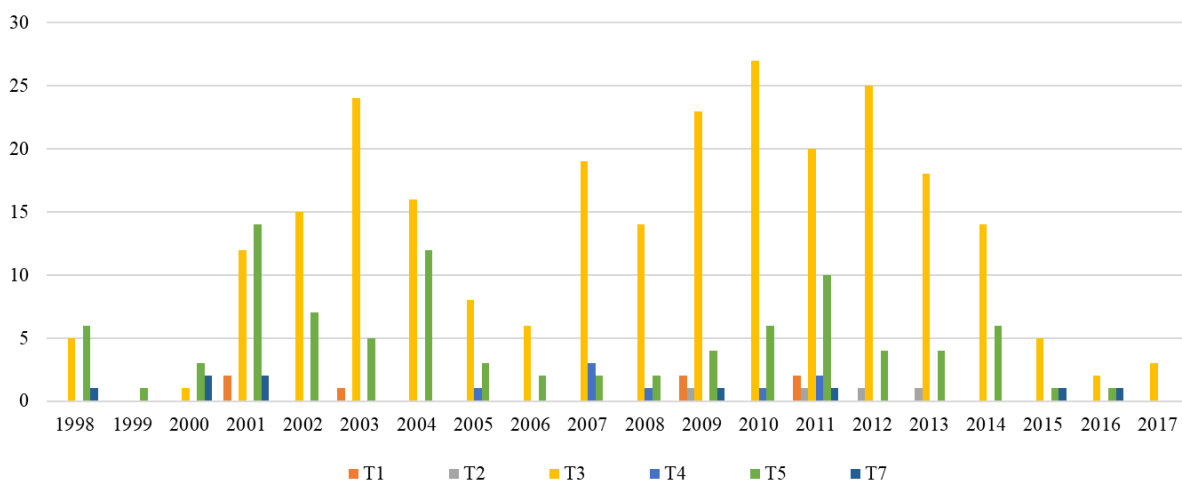
Tabela 29 - Estatísticas de rede - cluster Osram Opto Semiconductors

Métrica	Valor
Nós	403
Arestas	964
Representatividade do Cluster	3,56%
Grau	4,78
Grau Médio Ponderado	5,83
Diâmetro da Rede	9
Densidade	0,012
Triangulações	1081
Triangulações por nó	2,68
Comprimento médio do caminho	3,02

Fonte: Elaboração própria.

Esta RC tem características semelhantes à rede geral de cooperação em energias PV no que tange principais tecnologias desenvolvidas, sendo que três grupos, *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* e *Montagem de uma pluralidade de células solares* totalizam 92,6% das patentes (Figura 49). Vale destacar que as tecnologias sobre *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* tiveram produção média de 13 patentes ao longo do período analisado, com alguns períodos de mais produção com em 2003 e entre 2009 e 2013. Ao contrário, as patentes sobre *Montagem de uma pluralidade de células solares* tiveram maior produção em 2001, 2004 e 2011, com uma média de 5 patentes entre 1998 e 2017. As patentes dos demais grupos tecnológicos tiveram depósitos esparsos ao longo do tempo, caracterizando iniciativas pontuais de desenvolvimento de tecnologias complementares aos interesses dos titulares deste cluster. Os principais termos encontrados nos resumos das patentes deste cluster são: *layer, semiconductor, surface, chip, componente, substrate, device e optoelectronic*.

Figura 49 - Evolução das patentes PV na RC Osram Opto Semiconductors entre 1998 a 2017



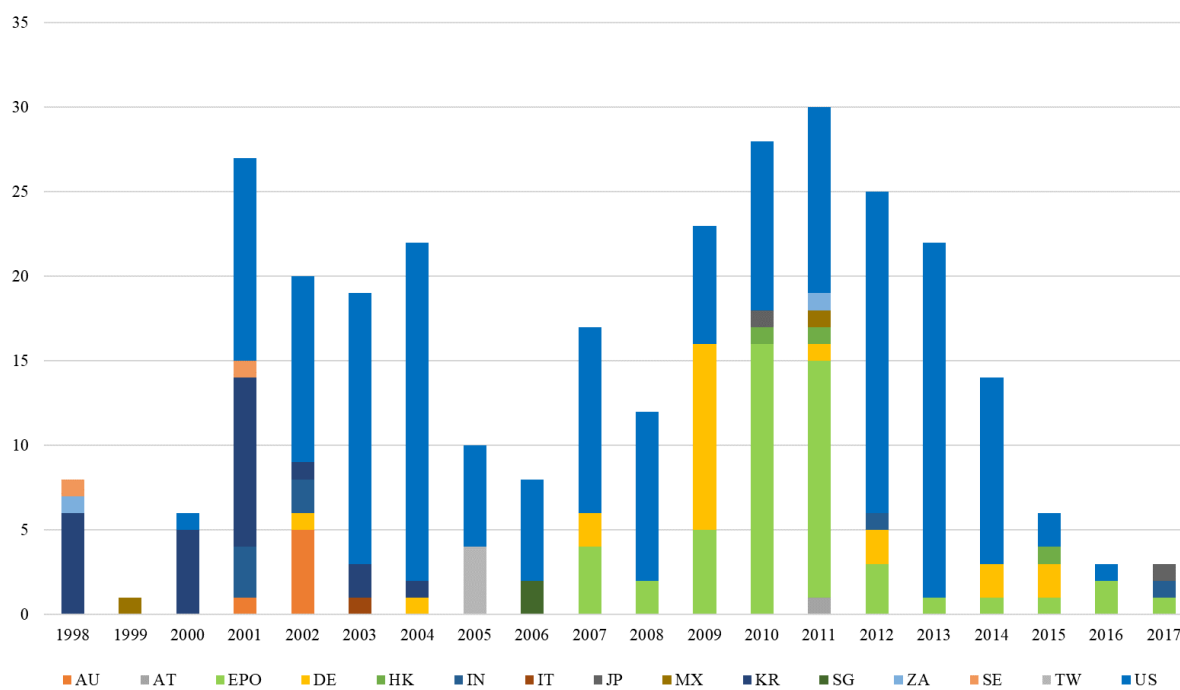
Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1=Carregamento de baterias; T2=Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T3=Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T4=Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T5=Montagem de uma pluralidade de células solares; T7=Silício; crescimento de cristal simples

Os titulares que compõem este RC mostraram interesse proteção de suas tecnologias PV em diferentes países, mas especialmente nos Estados Unidos (57,6%), EPO (16,4%), Coreia do Sul (8,2%) e Alemanha (7,2%). No entanto, esse interesse no mercado coreano ocorreu apenas entre 1998 e 2004. Já as proteções das patentes nos escritórios europeu e da Alemanha,

ocorreram a partir de 2002 logo após a Osram Opto Semiconductors fortalecer sua parceria com a Siemens AG (Figura 50).

Figura 50 - Evolução das patentes PV na RC Osram Opto Semiconductors por país de depósito



Fonte: Próprio autor.

Legenda: AU=Austrália; AT=Áustria; EPO=Escritório Europeu; DE=Alemanha; HK=Hong Kong; IN=Índia; IT=Itália; JP=Japão; MX=México; KR=Coréia do Sul; SG=Singapura; ZA=África do Sul; SE=Suécia; TW=Taiwan; US=Estados Unidos

Observa-se que nesta RC a força mútua das relações de cooperação é também mais concentrada nas faixas Incipiente e Elevada e apenas 30,5% de titulares tem baixa dependência unilateral da relação de parceria (Tabela 30). Além disso, mais da metade das relações de parcerias tem intensidade da relação frequente ou elevada.

Tabela 30 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC da Osram Opto Semiconductors

Faixa da FMRC	DURC		Total (%)
	Baixa (%)	Alta (%)	
Incipiente	11,6	20,0	31,6
Pontual	7,3	4,4	11,7
Frequente	11,6	10,2	21,8
Elevada	-	34,9	34,9
Total	30,5%	69,5%	100,0%

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Uma peculiaridade desta rede está na cooperação Empresa-Universidade e Empresa-Centro de Pesquisa ao se restringir a apenas duas destas entidades: Shell Int Res Mij e Michelin Rech Tech. Diferente das demais redes, aqui constatou-se raras parcerias com as próprias subsidiárias do ator central. No entanto, prevalece a constatação pela opção de cooperação com organizações de mesma nacionalidade (Tabela 31).

Tabela 31 - Maiores relações de parceria para o cluster Osram Opto Semiconductors

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	FMRC	Faixa FMRC	Titular A		Titular B	
					Total Patentes	Faixa DURC	Total Patentes	Faixa DURC
Chartered Semiconductor Mfg	Globalfoundries Singapore Pte	4	0,52	Frequente	15	Baixa	4	Alta
Infineon Technologies Ag	Siemens Ag	14	0,06	Incipiente	300	Baixa	163	Baixa
	Qimonda Ag	5	0,10	Incipiente	300	Baixa	8	Alta
Osram Opto Semiconductors	Siemens Ag	12	0,05	Incipiente	410	Baixa	163	Baixa
	Hoeppe Lutz	9	0,15	Incipiente	410	Baixa	9	Alta
	Ramchen Johann	6	0,12	Incipiente	410	Baixa	6	Alta
	Von Malm Norwin	5	0,11	Incipiente	410	Baixa	5	Alta
	Rode Patrick	4	0,10	Incipiente	410	Baixa	4	Alta
	Osram		4	0,03	Incipiente	410	Baixa	36
Siemens Ag	Hayden Oliver	5	0,18	Incipiente	163	Baixa	5	Alta
	Shell Solar	5	0,10	Incipiente	163	Baixa	16	Baixa
	Fuerst J	4	0,16	Incipiente	163	Baixa	4	Alta
	Sramek Maria	3	0,14	Incipiente	163	Baixa	3	Alta
	Tedde Sandro Francesco	3	0,14	Incipiente	163	Baixa	3	Alta
Telefonaktiebolaget Ericsson L M	Telefon Ericsson Publ Ab L M	4	0,53	Frequente	14	Baixa	4	Alta

Fonte: Elaboração própria.

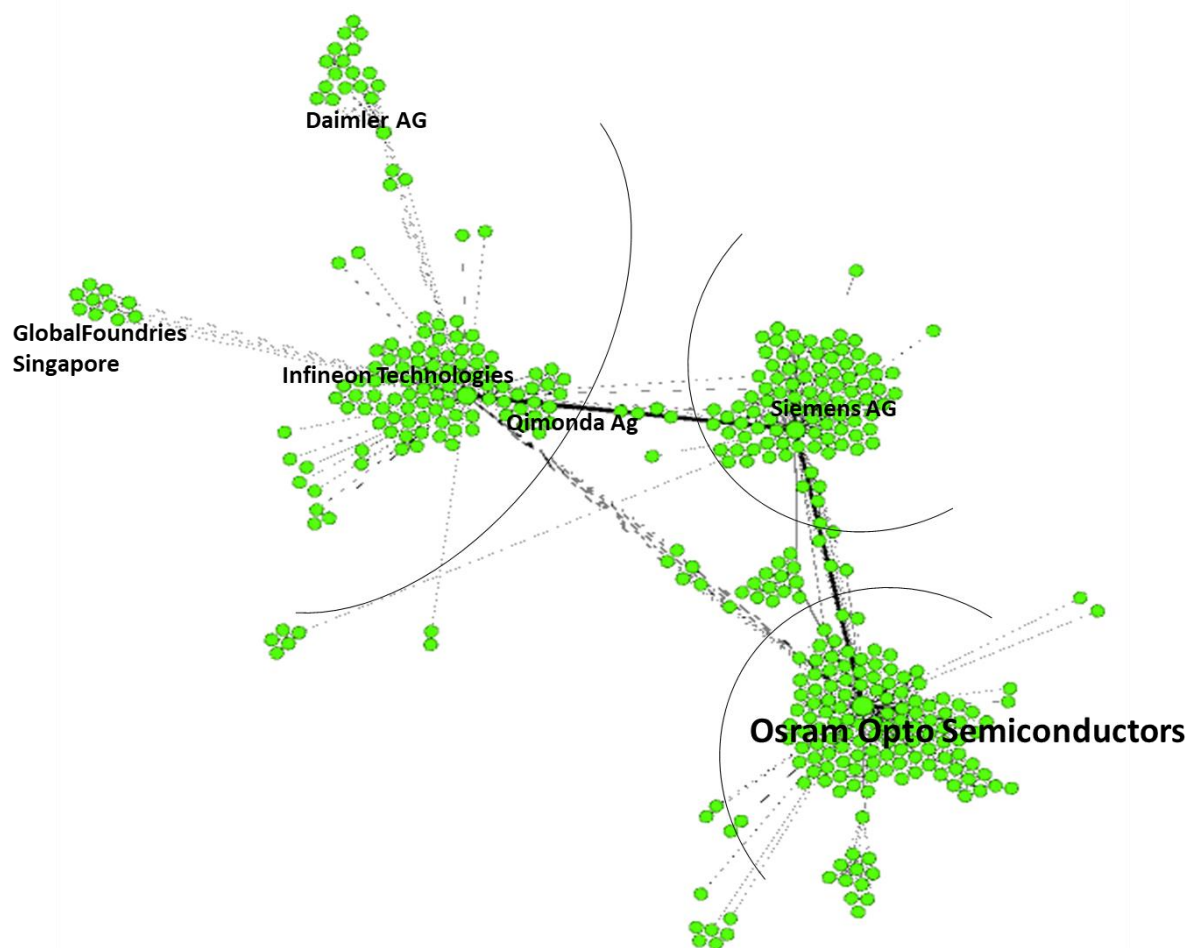
Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

A RC da Osram Opto Semiconductors também apresenta uma localização mais periférica na rede de titulares PV, o que a afasta das demais RC e limita sua interação com outros titulares fora da sua própria rede. Possui 964 patentes desenvolvidas em parceria por 403 titulares, sendo possível identificar três sub-agrupamentos polarizados pelos titulares Osram Opto Semiconductors, Siemens AG e Infineon Technologies (Figura 51).

A Osram Opto Semiconductors possui o maior *pagerank* desta rede, colocando-o em uma posição privilegiada de interação com outros titulares também importantes da rede. Tem todas suas relações de parceria com força na faixa Incipiente, sendo que 95% dos seus parceiros

tem dependência de cooperação. A Osram Opto não possui nenhuma parceria com universidades ou centros de pesquisa, sendo que seus maiores parceiros são Siemens Ag, Osram e Infineon Technologies Ag.

Figura 51 - Rede de cooperação do cluster verde claro (principal titular Osram Opto Semiconductors)



Fonte: Elaboração própria.

Destaca-se que embora a Siemens AG não tenha as melhores estatísticas da rede, mas é o titular que se destaca por intermediar a relação entre a Osram Opto e a Infineon Technologies. A Siemens AG possui apenas uma única relação de cooperação com um centro de pesquisa (Michelin Rech Tech) e seus principais parceiros são Infineon Technologies, Osram Opto Semiconductors, Osram, Siemens Healthcare e Saint-Gobana Glass France Sa. Dentre os seus parceiros, 80,7% apresenta dependência alta em relação à Siemens AG para o desenvolvimento de patentes PV.

Por último, a Infineon Technologies AG, que também polariza parte das relações desta RC, possui centralidade intermediação e proximidade melhor que os demais titulares desta

comunidade, o que a coloca numa situação privilegiada para absorção e controle do fluxo de informações das cooperações deste cluster. Apesar dessa posição, a Infineon Technologies AG possui um perfil semelhantes aos outros dois titulares acima: tem relações mútuas de cooperação fracas (faixa FMRC Incipiente), sendo que 87,3% dos seus parceiros tem dependência alta para o desenvolvimento de patentes PV. Suas maiores parcerias são com Siemens Ag e Qimonda Ag.

Seguindo a tendência das demais redes, a maioria dos titulares que cooperam com a Osram Opto Semiconductors, Siemens AG e Infineon Technologies são também de origem alemã. Algumas poucas relações com baixo grau de cooperação são observadas com organizações de Taiwan (Nanya Technology Corp), Singapura (Chartered Semiconductor Mfg), França (Michelin) e Hong Kong (Transpacific Activa), mas estas parcerias não têm relevância suficiente para mudar a característica de cooperação na RC da Osram.

4.2.2.7 Rede de cooperação - Cluster State Grid

Com 596 patentes e 371 titulares, grau médio (3,21), diâmetro (6) e densidade (0,009) baixos quando comparado aos clusters analisados aqui, a RC tem um típico perfil de rede ego, centralizada em um único titular State Grid Corp China, o que torna fluída os trâmites de informações na rede, mas tende a maioria das vezes, este titular intermediando a comunicação (Tabela 32).

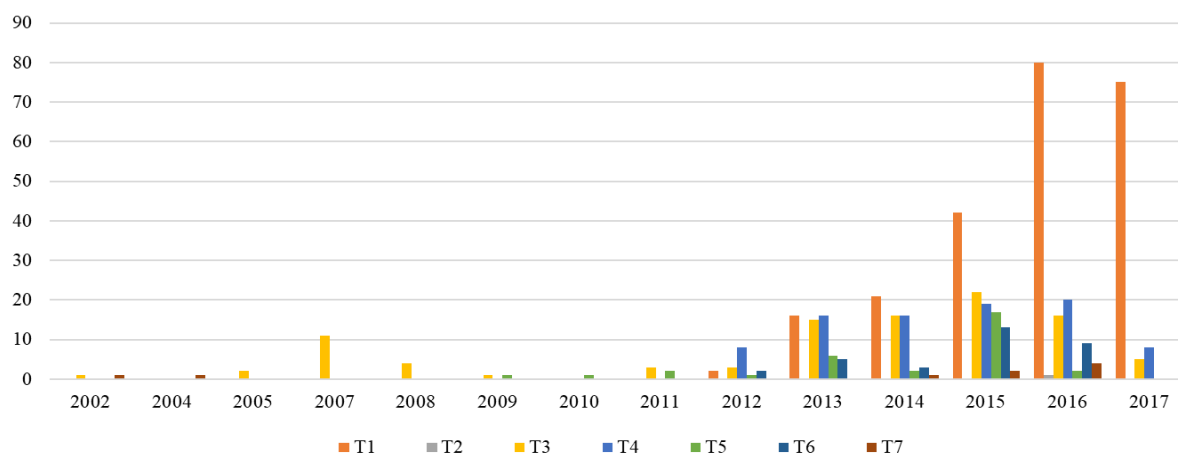
Tabela 32 - Estatísticas de rede de cooperação da State Grid Corp China

Métrica	Valor
Nós	371
Arestas	596
Representatividade do Cluster	3,28%
Grau	3,21
Grau Médio Ponderado	5,79
Diâmetro da Rede	6
Densidade	0,009
Triangulações	327
Triangulações por nó	0,88
Comprimento médio do caminho	2,26

Fonte: Elaboração própria.

Ao contrário dos demais, este cluster tem 47,6% das patentes com foco em Carregamento de baterias, 20% em Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica e 17,5% em Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares. No entanto, apenas este último grupo tecnológico teve depósito ao longo do período analisado. Os outros dois grupos tiveram patentes desenvolvidas a partir de 2012, com crescimento ano a ano até 2017 (Figura 52).

Figura 52 - Evolução das patentes PV na RC do State Grid Corp China entre 1998 a 2017

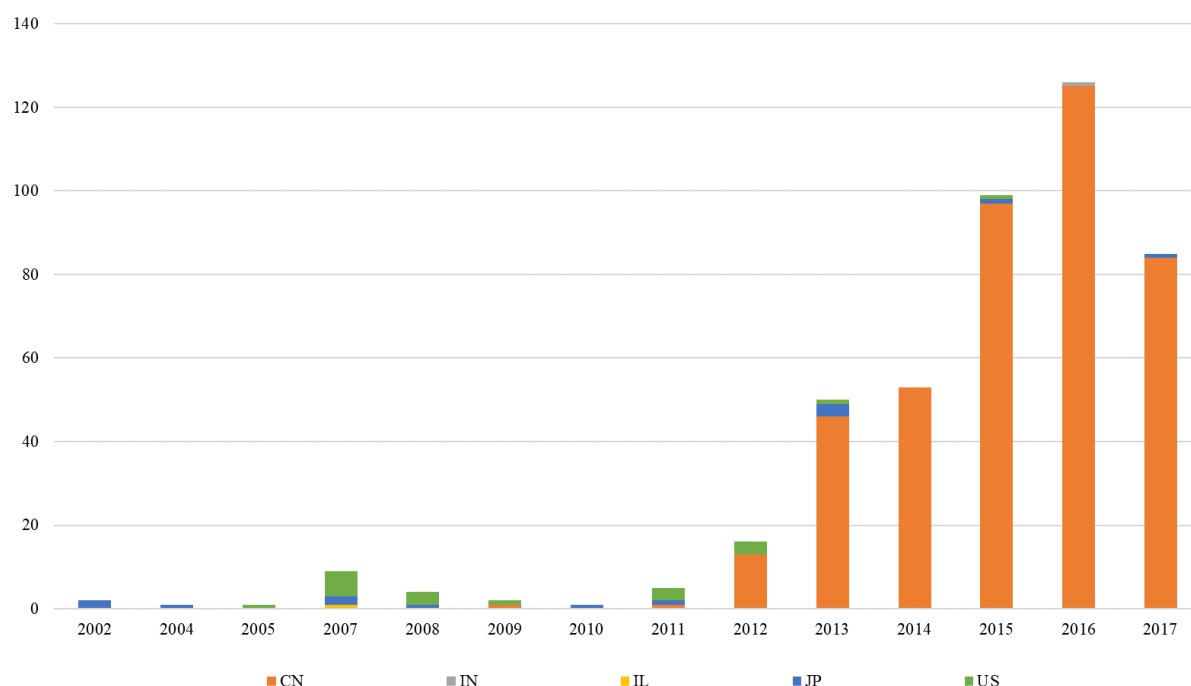


Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1=Carregamento de baterias; T2=Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T3=Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T4=Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T5=Montagem de uma pluralidade de células solares; T6=Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T7=Silício; crescimento de cristal simples

Outra característica deste cluster está no mercado de interesse de proteção, no qual 92,5% das patentes foram depositadas prioritariamente no escritório chinês e apenas 4,2% nos Estados Unidos e 2,9% no Japão. Os depósitos na China ocorrem de maneira crescente a partir 2012 e muito focados em patentes sobre *Carregamento de baterias*. Já os depósitos nos Estados Unidos e Japão são pontuais e esparsos ao longo do período e com maior foco em *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica* (Figura 53). Mais uma vez reforça a constatação de que, em geral os titulares priorizam seus mercados de origem.

Figura 53 - Evolução das patentes PV na RC do State Grid Corp China por país de depósito



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: CN=China; IN=Índia; IL=Israel; JP=Japão; US=Estados Unidos

Ao investigar o perfil de cooperação, nota-se que a força mútua das relações de cooperação tem uma maior proporção na faixa Incipiente (Tabela 33). Adicionalmente, nota-se uma dependência unilateral da relação de parceria para 68,6% das cooperações identificadas, sendo esta dependência ainda mais intensa quando o parceiro é a State Grid Corp China.

Tabela 33 - Análise da FMRC e DURC para as relações entre titulares na RC State Grid Corp China

Faixa da FMRC	DURC		Total (%)
	Baixa (%)	Alta (%)	
Incipiente	15,1	38,2	53,3
Pontual	8,9	7,0	15,9
Frequente	7,5	6,8	14,3
Elevada	-	16,6	16,6
Total	31,4	68,6	100,0

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Identificou-se nesta rede a cooperação Empresa-Universidade e Empresa-Centro de Pesquisa é de 17,7%, um percentual considerável quando comparado as demais redes analisadas. Nota-se ainda a formação de colaboração entre empresas pertencentes ao mesmo grupo empresarial, por exemplo, State Grid e Yingli Solar China. Apesar da predominância de

relações incipientes nesta rede, percebe-se que as maiores parcerias têm característica de intensidade elevada de cooperação, bem como alta dependência das relações (Tabela 34).

Tabela 34 - Maiores relações de parceria para o cluster State Grid Corp China

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	FMRC	Faixa FMRC	Titular A		Titular B	
					Total Patentes	Faixa DURC	Total Patentes	Faixa DURC
Nanping Electric Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	Lin Shuyan	10	1,00	Elevada	10	Alta	10	Alta
	Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	10	1,00	Elevada	10	Alta	10	Alta
	Lin Xiaoming	10	1,00	Elevada	10	Alta	10	Alta
Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	Lin Shuyan	10	1,00	Elevada	10	Alta	10	Alta
	Lin Xiaoming	10	1,00	Elevada	10	Alta	10	Alta
State Grid Corp China	Jiangsu Electric Power Co	23	0,25	Incipiente	370	Baixa	23	Alta
	State Grid Hebei Electric Power Co	14	0,19	Incipiente	370	Baixa	15	Alta
	State Grid Fujian Electric Power	12	0,18	Incipiente	370	Baixa	12	Alta
	Lin Shuyan	10	0,16	Incipiente	370	Baixa	10	Alta
	Lin Xiaoming	10	0,16	Incipiente	370	Baixa	10	Alta
	Nanping Electric Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	10	0,16	Incipiente	370	Baixa	10	Alta
	Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	10	0,16	Incipiente	370	Baixa	10	Alta
	State Grid Beijing Electric Power Co	10	0,16	Incipiente	370	Baixa	11	Alta
State Grid Fujian Electric Power	Lin Shuyan	10	0,91	Elevada	12	Alta	10	Alta
	Lin Xiaoming	10	0,91	Elevada	12	Alta	10	Alta
	Nanping Electric Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	10	0,91	Elevada	12	Alta	10	Alta
	Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	10	0,91	Elevada	12	Alta	10	Alta
Yingli Solar China	Yingli Group	10	0,08	Incipiente	147	Baixa	100	Baixa
	Baoding Tianwei Yingli New Energy	9	0,20	Incipiente	147	Baixa	14	Alta

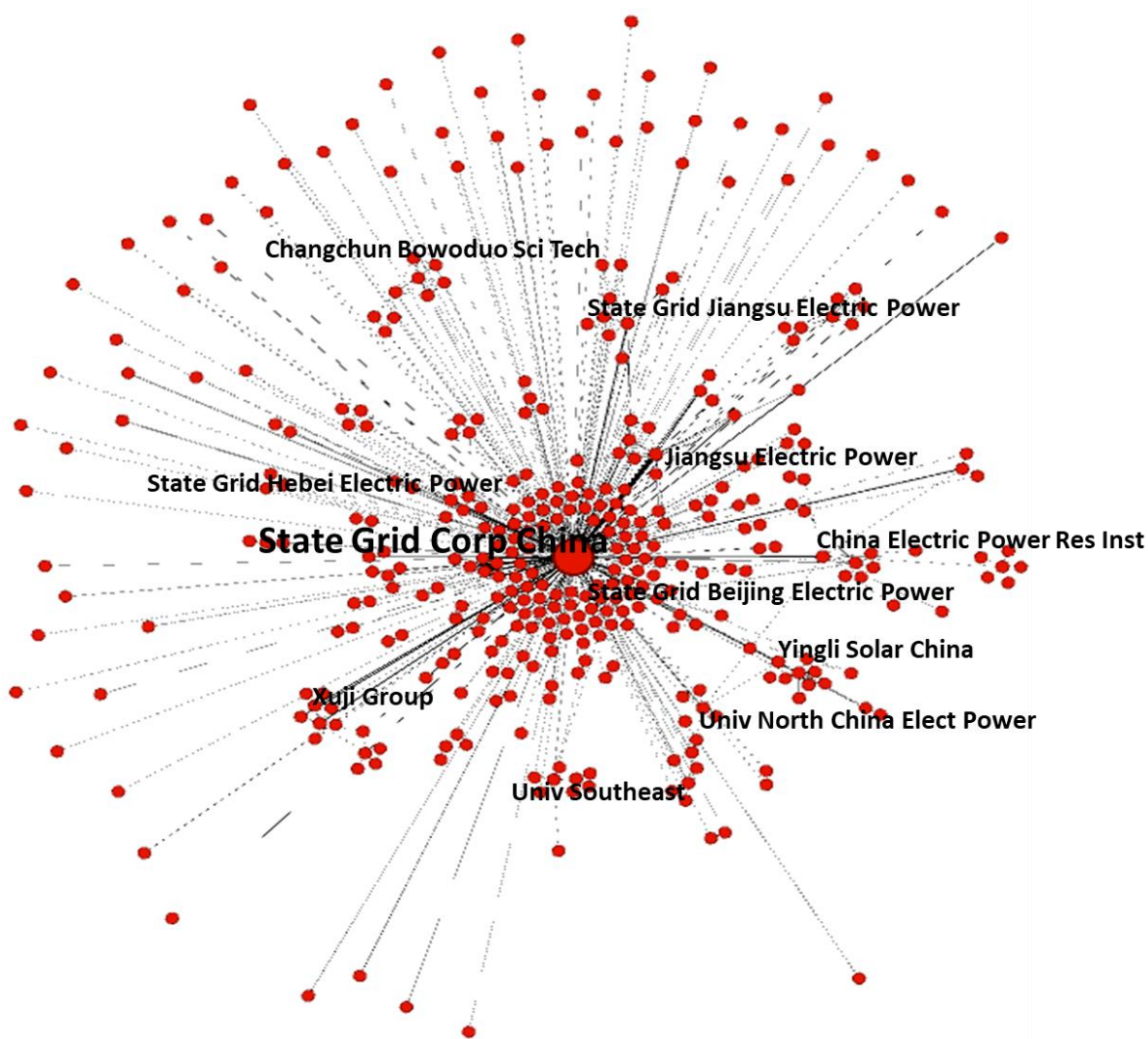
Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Quando se observa a State Grid (Figura 54), das suas 328 parcerias, 58 são desenvolvidas em conjunto com universidades e institutos de pesquisa chineses, tais como China Electric Power Res Inst, Univ Hohai, Univ. North China Elec Power e Electric Science Res Inst of Jiangsu Electric Power Co. Ratificando as análises das RC anteriores, observou-se ainda, nesta

comunidade, que todos os principais titulares que cooperam com a State Grid são organizações chinesas, reforçando assim que a cooperação tecnológica acontece mais intensamente entre organizações de mesma nacionalidade, possivelmente devido a questões como idioma, valores socioculturais, até mesmo aspectos econômicos relacionados no caso Chines, há de se destacar as políticas públicas com forte direcionamento a investimentos em P&D em determinadas áreas consideradas chaves para o governo, dentre as quais encontra-se a energia PV.

Figura 54 - Rede de cooperação da State Grid Corp China



Fonte: Elaboração própria.

4.2.3 Discussão dos resultados das Redes de Cooperação

Ao analisar uma rede de cooperação muito densa como a rede PV inicial com o objetivo de descobrir os principais titulares, suas características, relações, dependências e influência na rede, verificou-se que a eliminação de clusters que não estão conectados ao componente

gigante, tem pouca interferência na análise. Em termos de representatividade dos titulares e das relações segundo as estatísticas de rede, os mais relevantes estão presentes na rede do componente gigante. Dessa forma, titulares e pequenas comunidades que não se interligam à esta rede maior de cooperação têm pouca interferência no ecossistema de desenvolvimento de tecnologias PV quando se avalia aspectos ligados à cooperação.

Atribuir a relevância de um titular apenas pela sua quantidade de depósitos pode oferecer um viés de interpretação. Isso porque não necessariamente quem mais deposita patentes tem as melhores conexões ou a maior influência na rede de cooperação. Via de regra, os titulares com mais patentes têm sua importância, como mostrado por Reuters (2016), mas isto não significa dizer que têm sólidas relações de cooperação nem que exercem algum domínio sobre seus parceiros ou sobre o ecossistema de desenvolvimento PV. Exemplo disso são titulares como Kyocera, Toshiba, Sony e Sanyo que estão entre os maiores depositantes de patentes PV, mas não apresentaram papel de destaque na rede de cooperação como a Samsung Electronics, a CNRS, a State Grid, a Sharp, a Hitachi e a IBM.

No que tange relação Empresa-Universidade, Etzkowitz et al. (2000) destaca a importância da universidade como uma entidade empreendedora e colaboradora para a inovação. Nesta linha, constatou-se que entre os 20 maiores titulares, há apenas um centro de pesquisa, o Commissariat Energie Atomique. Por outro lado, ao analisar a relevância dos titulares com base nas estatísticas de rede, nota-se uma presença maior de universidades e centro de pesquisa. Estas instituições destacaram-se em relação as estatísticas como centralidade de proximidade e de intermediação, o que as colocam em condição privilegiada de controle de conhecimento, bem como influência no fluxo de desenvolvimento das tecnologias PV. Isso reforça o essencial papel das universidades como geradores de conhecimento e atores essenciais na difusão e aceleração do fluxo de conhecimento tecnológico sobre energia PV, conceitos esses já discutidos em outros estudos (ETZKOWITZ et al., 2000; CANTNER; GRAF, 2006; FREITAS; VERSPAGEN, 2017). Destaque para instituições como University of California, Commissariat Energie Atomique, Fraunhofer Ges Forschung, MIT, University of Tohoku e California Institute of Technology que estão simultaneamente entre os 20 melhores indicadores de centralidade de proximidade, intermediação, *pagerank* e triangulações, podendo assim serem apontadas como as instituições de pesquisa com maior influência na rede de cooperação para desenvolvimento de tecnologias PV. Importante reforçar que esta influência se define com base na expressividade das estatísticas de rede destes titulares, definindo assim o poder destes atores segundo suas conexões e posicionamento na rede.

Os resultados obtidos com a aplicação da medida de Salton apontam para uma maior concentração das relações mútuas de cooperação nas faixas “Incipiente” (28,3%) e “Elevada” (38,6%). Nas cooperações incipientes estão concentrados os titulares mais relevantes da rede bem como os maiores depositantes de patentes. Já na faixa elevada, encontram-se as organizações de menor porte (poucas patentes) que criam uma relação de sinergia e dependência, tornando assim mutuamente forte a relação de cooperação. Esse tipo de comportamento é comum em um ecossistema de inovação, especialmente entre empresas de menor porte ou startups. Se por um lado, empresas menores tem maior dependência das relações, as maiores empresas PV buscam não criar vínculos de dependência com seus parceiros tecnológicos, reduzindo os laços fortes de cooperação por meio da diversificação de parcerias. Ocorreram raras situações de parcerias entre os titulares de RC diferentes, caracterizando assim limites claros de cooperação e concorrência entre os desenvolvedores de patentes PV. Conclui-se que há uma estratégia bem definida de multiplicidade de parcerias por parte dos principais titulares PV, onde estes optam por cooperar com titulares de menor porte (que produzem menor quantidade de patentes), organizações do mesmo grupo societário e mesma nacionalidade (ZEDTWITZ; GASSMANN, 2002; TURCHI et al., 2013), estabelecem assim limites claros de cooperação, apesar de ocasionalmente cooperarem com titulares de outras RC. Assim, constroem redes de cooperação exclusivas, em que parte destes parceiros menores têm dependência na relação de cooperação. Constatou-se que os principais titulares sustentam estatísticas de rede que os diferenciam dos demais titulares devido às suas posições na rede de cooperação e que lhes permite centralizar interações e o fluxo de conhecimento bem como mantêm laços com outros titulares relevantes na rede de cooperação sobre patentes PV. Estas características de definição de parcerias podem ser reflexo de um processo de domínio do ecossistema que os maiores desenvolvedores PV têm ao seu redor, bem como ser parte de uma estratégia de maior envolvimento com empresas menores para melhorar a inovação corporativa (WEIBLEN; CHESBROUGH, 2015).

A tabela 35 consolida as principais características das RC de titulares. Adicionalmente aos resultados já discutidos anteriormente, constatou-se que no geral, as empresas japonesas estão em redes mais centralizadas em relação a rede geral de titulares, o que demonstra a influência das organizações daquele país no desenvolvimento de tecnologias PV. Outras redes dominadas por titulares japoneses como Sony, Sharp, Panasonic, Toshiba Corp, Kyocera Corp, NEC Corp, Sanyo Electric e Matsushita Electric têm posição centralizada na rede geral de cooperação. Isso reforça a importância do Japão no desenvolvimento de tecnologias e reafirma as descobertas de que centralidade indica uma maior capacidade

inovativa, poder e influência na rede (BRASS, 1984; SHIPILOV; LI, 2008). Apesar de estarem centralizadas na rede geral e próximas umas das outras, observa-se a baixa relação de parceria entre os maiores titulares japoneses que se mostram restritos às relações dentro das suas respectivas redes de cooperação. Diante de tal proximidade na rede, pode se dizer que as empresas japonesas, direta ou indiretamente, usufruem de um ecossistema de inovação comum. Observa se também que para as redes mais centralizadas como os japoneses, a força mútua da relação e dependência unilateral da relação são menores quando comparado as demais.

Tabela 35 - Resumo das principais características das Redes de Cooperação PV

Nome da RC / Ator Central	Principais Parcerias com o Ator Central	Relações mais Relevantes na RC	Formação da RC e Perfil das Relações	Faixas com Maior Concentração % de Titulares	Foco Tecnológico	Principais Mercados de Interesse
Mitsubishi Electric Corp	<ul style="list-style-type: none"> - Mitsubishi Denki - Konica Minolta Holding - Seiko Epson Corp - Tokyo Inst tech - Oki Electric Ind 	<ul style="list-style-type: none"> - Konica Corp Konica Minolta Holdings (55) - Mitsubishi Denki Mitsubishi Electric Corp (41) - Oki Electric Ind Oki Semiconductor (11) - Agc Flat Glass North America Asahi Glass (10) - Mitsubishi Elec R&D Ct Europe Mitsubishi Electric Corp (9) - Konica Corp Konica Minolta (9) - Mitsubishi Electric Corp Ryoden Semiconductor Syst Eng (8) - Konica Minolta Konica Minolta Holdings (8) - Daicel Corp Tokyo Inst Tech (8) 	<ul style="list-style-type: none"> - Centralizado na rede geral - Formação interna descentralizada - 17,4% relação E-U - Presença de relações entre subsidiárias - Cooperação preferencial com organizações de mesma nacionalidade (Japão) 	<ul style="list-style-type: none"> - 58,6% FMRC Incipiente - 60,7% DURC Alta 	<ul style="list-style-type: none"> 60,3% T3 21,0% T5 	<ul style="list-style-type: none"> 49,8% JP 35,5% US
Hitachi	<ul style="list-style-type: none"> - Renesas Technology - Hitachi Ulsi Sys - Hitachi Seisakusho - Rohm - Mitsubishi Chem Corp - Univ Tokyo 	<ul style="list-style-type: none"> - Hitachi Hitachi Ulsi Sys (31) - Hitachi Renesas Technology Corp (29) - Hitachi Renesas Technology (27) - Hitachi Hitachi Seisakusho (26) - Renesas Electronics Corp Renesas Technology Corp (26) - Elpida Memory Hitachi (19) - Nippon Telegraph and Telephone Ntt Electronics Corp (18) - Hitachi Seisakusho Renesas Technology Corp (15) - Renesas Electronics Corp Renesas Technology (15) - Hitachi Seisakusho Renesas Technology (14) - Hitachi Hitachi Tobu Semiconductor (12) - Hitachi Hitachi Car Eng (11) - Hitachi Renesas Electronics Corp (10) - Pioneer Electronic Corp Pioneer Micro Technology Corp (9) - Pioneer Corp Pioneer Electronic Corp (9) - Elpida Memory Hitachi Ulsi Sys (9) - Mitsubishi Chem Corp Univ Kyoto (9) - Mitsubishi Chem Corp Pioneer Electronic Corp (8) 	<ul style="list-style-type: none"> - Centralizado na rede geral - Formação interna descentralizada - 12,9% relação E-U - Presença de relações entre subsidiárias - Cooperação preferencial com organizações de mesma nacionalidade (Japão) 	<ul style="list-style-type: none"> - 56,1% FMRC Incipiente - 59,3% DURC Alta 	<ul style="list-style-type: none"> 47,7% T3 41,1% T5 	<ul style="list-style-type: none"> 54,9% JP 33,5% US

Nome da RC / Ator Central	Principais Parcerias com o Ator Central	Relações mais Relevantes na RC	Formação da RC e Perfil das Relações	Faixas com Maior Concentração % de Titulares	Foco Tecnológico	Principais Mercados de Interesse
Centre Nat Rech Scient	<ul style="list-style-type: none"> - Electricite De France - Total Sa - Total Marketing Services - Ecole Polytech - Commissariat Energie Atomique - Inst Polytechnique Bordeaux - Rhodia Operations - Total Raffinage Marketing - Arkema France 	<ul style="list-style-type: none"> - Centre Nat Rech Scient Electricite De France (44) - Centre Nat Rech Scient Total Sa (28) - Centre Nat Rech Scient Total Marketing Serv (28) - Centre Nat Rech Scient Ecole Polytech (23) - Commissariat Energie Atomique Isorg (19) - St Microelectronics Crolles 3 St Microelectronics Sa (18) - Arkema France Commissariat Energie Atomiq (18) - Total Marketing Services Total Sa (16) - Commissariat Energie Atomique St Microelectronics Sa (15) - Aperam Alloys Imphy Arcelormittal-Stainless and Nickel Alloys (14) - Aledia Commissariat Energie Atomique (14) - Centre Nat Rech Scient Commissariat Energie Atomique (14) - Centre Nat Rech Scient Inst Polytechnique Bordeaux (13) - Centre Nat Rech Scient Ecole Polytechnique (13) - Total Marketing Services Total Raffinage Marketing (12) - Ecole Polytechnique Total Marketing Services (12) 	<ul style="list-style-type: none"> - Descentralizado na rede geral - Formação interna descentralizada - 35,7% relação E-U - Presença de relações entre subsidiárias - Cooperação preferencial com organizações de mesma nacionalidade (França) 	<ul style="list-style-type: none"> - 31% FMRC Incipiente e 31% Elevada - 67,3% DURC Alta 	82,1% T3	<ul style="list-style-type: none"> 37,3% US 25,8% FR 12,3% EPO
IBM	<ul style="list-style-type: none"> - Egypt Nanotechnology Center - IBM UK - King Abdulaziz City Sci and Tech - IBM China Investment - Univ Cambridge 	<ul style="list-style-type: none"> - Egypt Nanotechnology Center IBM (9) - IBM IBM Uk (6) - Egypt Nanotechnology Cent IBM China Investm (2) - Egypt Nanotechnology Cent IBM Res (2) - IBM China Investment IBM Res (2) - IBM China Investment IBM (2) - IBM Res IBM (2) - IBM IBM China Investment (2) - IBM IBM Res (2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Descentralizado na rede geral - Formação interna centralizada (ego) - 1,6% relação E-U - Poucas relações entre subsidiárias - Cooperação preferencial com organizações de nacionalidade diversas 	<ul style="list-style-type: none"> - 36,7% FMRC Elevada - 70,7% DURC Alta 	87,7% T3	82,1% US

Nome da RC / Ator Central	Principais Parcerias com o Ator Central	Relações mais Relevantes na RC	Formação da RC e Perfil das Relações	Faixas com Maior Concentração % de Titulares	Foco Tecnológico	Principais Mercados de Interesse
Samsung Electronics	<ul style="list-style-type: none"> - Samsung SDI - Samsung Denkan - Samsung Display - Korea Electronic Communication - Univ Sungkyunkwan Res and Bus - Kwangju Inst Sci and Tech - Univ Yonsei Iacf 	<ul style="list-style-type: none"> - Samsung Denkan Samsung Sdi (37) - Samsung Electronics Samsung Sdi (33) - Samsung Display Samsung Electronics (10) - Samsung Mobile Display Samsung Sdi (9) - Electronics&Telecom Res Inst Korea Electronic Communication (7) - Samsung Electronics Samsung Semiconductor Cn R&D (7) - Samsung Electro Mech Univ Sungkyunkwan Res and Bus (7) - Samsung Electronics Univ Sungkyunkwan Res and Bus (7) - Samsung Denkan Samsung Mobile Display (6) - Samsung Display Samsung Mobile Display (6) - Samsung Display Samsung Sdi (6) - Samsung Electronics Univ Yonsei Iacf (6) - Kwangju Inst Sci and Tech Samsung Electro (6) 	<ul style="list-style-type: none"> - Descentralizado na rede geral - Formação interna centralizada (ego) - 9,4% relação E-U - Predominância de relações entre subsidiárias - Cooperação preferencial com organizações de mesma nacionalidade (Coréia do Sul) 	<ul style="list-style-type: none"> - 29,6% FMRC Elevada - 65,9% DURC Alta 	76,2% T3	77,1% US
Osram Opto Semiconductors	<ul style="list-style-type: none"> - Siemens Ag - Osram - Infineon Technologies Ag - Osram Oled - Siemens Healthcare - Qimonda Ag 	<ul style="list-style-type: none"> - Infineon Technologies Ag Siemens Ag (14) - Osram Opto Semiconductors Siemens Ag (12) - Infineon Technologies Ag Qimonda Ag (5) - Shell Solar Siemens Ag (5) - Telefon Ericsson Publ Ab L M Telefonaktiebolaget Ericsson L M (4) - Chartered Semiconductor Mfg Globalfoundries Singapore Pte (4) - Osram Osram Opto Semiconductors (4) - Osram Siemens Ag (3) - Infineon Technologies Ag IBM (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Descentralizado na rede geral - Formação interna centralizada (ego) - 0,3% relação E-U - Presença de poucas relações entre subsidiárias - Cooperação preferencial com organizações de mesma nacionalidade (Alemanha) 	<ul style="list-style-type: none"> - 34,9% FMRC Elevada - 69,5% DURC Alta 	68% T3 24,6% T5	57,6% US 16,4% EPO

Nome da RC / Ator Central	Principais Parcerias com o Ator Central	Relações mais Relevantes na RC	Formação da RC e Perfil das Relações	Faixas com Maior Concentração % de Titulares	Foco Tecnológico	Principais Mercados de Interesse
State Grid Corp China	<ul style="list-style-type: none"> - Jiangsu Electric Power - State Grid Hebei Electric Power - State Grid Fujian Electric Power - Nanping Electric Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power - Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power - State Grid Beijing Electric Power Co - Huzhou Power Supply Co of State Grid Zhejiang Electric Power - China Electric Power Res Inst - Smart Grid Res Inst of State Grid - Univ Hohai 	<ul style="list-style-type: none"> - Jiangsu Electric Power Co State Grid Corp China (23) - State Grid Corp China State Grid Hebei Electric Power Co (14) - State Grid Corp China State Grid Fujian Electric Power (12) - Nanping Electric Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power (10) - Nanping Electric Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power State Grid Fujian Electric Power (10) - Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power State Grid Fujian Electric Power (10) - Nanping Electric Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power State Grid Corp China (10) - Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power State Grid Corp China (10) - State Grid Beijing Electric Power Co State Grid Corp China (10) - Yingli Group Yingli Solar China (10) - Baoding Tianwei Yingli New Energy Yingli Solar China (9) 	<ul style="list-style-type: none"> - Descentralizado na rede geral - Formação interna centralizada (ego) - Rede ego com muitos buracos estruturais - 19,4% relação E-U - Presença de muitas relações entre subsidiárias - Cooperação preferencial com organizações de mesma nacionalidade (China) 	<ul style="list-style-type: none"> - 53,3% FMRC Incipiente - 68,6% DURC Alta 	<ul style="list-style-type: none"> 47,6% T1 20,0% T3 17,5% T4 	<ul style="list-style-type: none"> 92,5% CN

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC = Força Mútua da Relação de Cooperação; DURC = Dependência Unilateral da Relação

Ainda baseado na tabela 35, outras duas características comuns a maior parte das RC avaliadas está no papel dos conglomerados industriais, em especial do Japão e da Coréia do Sul, onde é evidente a parceria entre as empresas e suas subsidiárias. Assim, destaca-se o perfil de colaboração preferencial com subsidiárias indicando que estas empresas adotam modelos ora centralizados na matriz ora de P&D distribuído entre os vários locais de desenvolvimento das suas subsidiárias ou empresas parcerias (ZEDTWITZ; GASSMANN, 2002; GASSMANN; ZEDTWITZ, 1999) e com organizações de mesma nacionalidade, corroborando com Lei et al. (2013) que já havia apontado que a cooperação tecnológica acontece principalmente entre organizações de um mesmo país. Também corrobora com a visão de que a transmissão de conhecimento exige convivência entre os parceiros, simetria nas relações de poder, partilha de valores e padrões de custo, base cognitiva semelhante e credibilidade, que são elementos analisados na teoria do capital social (PUTNAM, 2000; BOURDIEU, 2004; TURCHI et al., 2013). Desta maneira, destaca-se o papel dos conglomerados industriais, em especial do Japão e da Coréia do Sul, onde é evidente parceria entre as empresas e suas subsidiárias.

Referente aos mercados de interesse de proteção, além de focar em seus próprios mercados, as empresas das RC investigadas têm interesse comum no mercado americano, salvo RC State Grid (vermelha) com predominância de empresas chinesas que têm interesse prioritário no mercado interno. Na contramão das semelhanças entre as RC, esta também se diferencia das demais referente ao foco tecnológico, pois enquanto os demais titulares priorizam o desenvolvimento de patentes sobre *Dispositivos adaptados para conversão de energia de radiação em energia elétrica* e *Montagem de uma pluralidade de células solares*, nesta rede há a busca por se diferenciar pelo desenvolvimento de tecnologias sobre *Carregamento de baterias*.

Por último, há de se destacar que muito se discute sobre a participação Chinesa no desenvolvimento tecnológico no campo da energia fotovoltaica. Ao contrário dos escritórios dos Estados Unidos e Japão, que no contexto histórico EUA foram pioneiros no desenvolvimento de tecnologias PV, e têm respectivamente 81% e 52% dos seus depósitos de patentes PV em cooperação, a China possui apenas 12%. Ou seja, as organizações chinesas optam claramente por desenvolvimento patentes PV sem quaisquer parcerias. Além disso, não se constatou nas redes de cooperação tecnológica um papel preponderante das empresas e instituições de pesquisa desse país como nós centrais ou intermediadoras dos relacionamentos. Alguns titulares tais como State Grid, Jinko Solar, Oceans King Lighting Science, Changshu Csi Adv Solar e Csi Solar Power China se destacam, no entanto, são minoria quando comparado

à toda produção de patentes PV da China. Mesmo a State Grid, que tem um papel essencial na rede na qual está inserida, ainda assim influencia pouco o ecossistema de colaboração sobre energia PV. Dessa forma, até o momento da coleta de dados e com base nos resultados obtidos, pode se concluir que a China se encontra numa “bolha”, priorizando mais os depósitos em seu mercado interno, optando por desenvolvimento tecnológico exclusivamente nas unidades de P&D das empresas ou, quando colaboram, o fazem com organizações da própria China.

4.3 ROTAS TECNOLÓGICAS E TECNOLOGIAS EMERGENTES

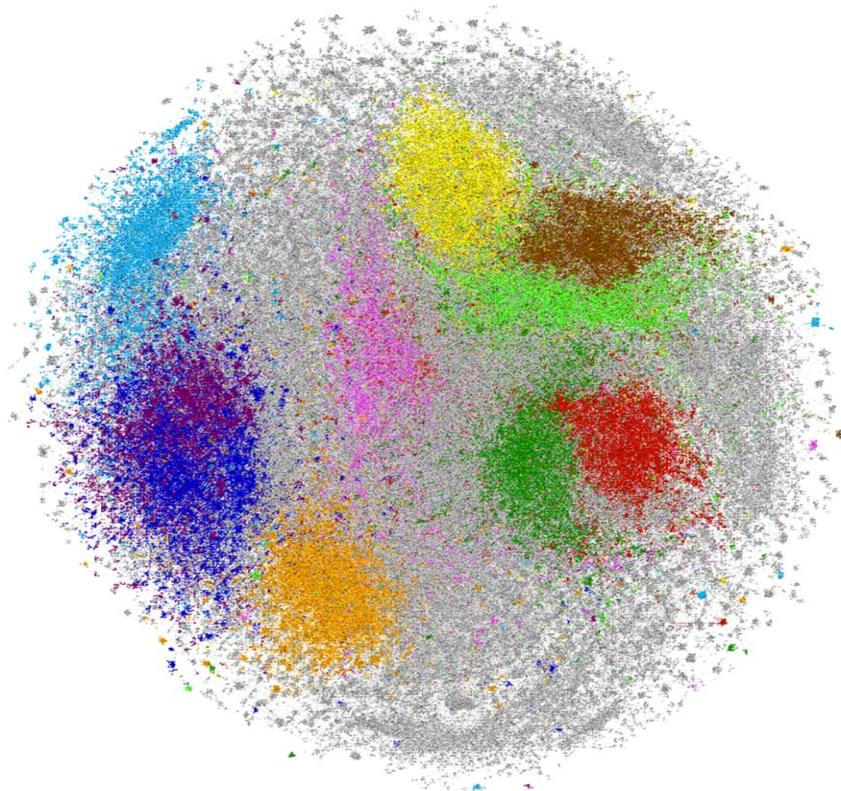
Esta seção discute quais são as principais rotas tecnológicas (RT) e se as mesmas foram resultado de cooperação tecnológica ou de esforços internos de P&D nas empresas.

4.3.1 Análise geral da rede de citações e identificação dos principais clusters

A rede de citações de tecnologias PV é composta por 344.891 patentes (nós) e 601.115 citações (arestas), e se mostra com uma densidade intensa, tornando assim mais eficaz a troca de informações entre as tecnologias uma vez que esta característica tem um grande impacto sobre o fluxo de informações dentro das redes. O comprimento do caminho médio (*average path length*), é uma característica extremamente relevante na difusão e eficiência de informação ou transporte de massa sobre a rede. A rede geral tem um comprimento médio de 2,979, ou seja, há cerca de 3 patentes ao longo dos caminhos mais curtos para todas as possíveis citações na rede.

Ao aplicar a função modularidade do Gephi, com resolução de 0.8, afim de encontrar um número menor de agrupamentos, obteve-se 105. Os 10 maiores agrupamentos, diferenciados por cores (Figura 55), serão analisados em profundidade para identificação das RT e tecnologias promissoras sobre PV. A escolha destes agrupamentos se deu por concentrarem 40% dos nós e 38% das arestas da rede geral de citações de patentes PV, bem como conterem as patentes com as melhores estatísticas da rede (Tabela 36).

Figura 55 - Rede geral de citação de patentes PV e clusters selecionados



Fonte: Próprio autor.

Tabela 36 - Estatísticas dos 10 principais agrupamentos da rede de citação de patentes PV

Cluster	Nós		Arestas		Grau Médio	Diâmetro da Rede	Coeficiente de clustering médio	Comprimento médio do caminho
	N	P	N	P				
Amarelo	13.715	4,0%	23.373	3,9%	1,704	10	0,012	3,413
Azul	14.932	4,3%	24.106	4,0%	1,614	6	0,017	1,497
Azul Claro	13.659	4,0%	17.401	2,9%	1,274	7	0,005	1,785
Laranja	17.289	5,0%	28.201	4,7%	1,631	10	0,028	2,497
Marrom	11.830	3,4%	24.174	4,0%	2,043	10	0,030	2,989
Rosa	12.554	3,6%	20.763	3,5%	1,654	9	0,030	2,605
Verde	14.809	4,3%	26.385	4,4%	1,782	10	0,014	3,131
Verde claro	13.653	4,0%	25.838	4,3%	1,892	10	0,018	2,396
Vermelho	11.449	3,3%	17.013	2,8%	1,486	9	0,015	2,264
Violeta	14.107	4,1%	21.196	3,5%	1,503	7	0,006	1,436
<i>Rede Geral</i>	<i>344.891</i>		<i>601.115</i>		<i>1,743</i>		<i>0,017</i>	<i>2,979</i>

Legenda: N=quantidade; P=percentual

Fonte: Próprio autor.

As invenções foram aplicadas prioritariamente nos Estados Unidos e Japão, mas também protegidas em outros escritórios tais como EPO (*European Patent Office*), China e Coréia do Sul. O tamanho dos nós na rota sinaliza as patentes com maior centralidade de intermediação, ou seja, aquelas capazes de atuar como controladoras das interações com outros nós com os quais está conectado e, conseqüentemente, são tecnologias essenciais na composição da rota. Observa-se que as patentes US20050279401A1 (*Multilayer ionomer films for use as encapsulant layers for photovoltaic cell modules*), US20080023064A1 (*Solar cell encapsulant layers with enhanced stability and adhesion*) e US20090120489A1 (*Encapsulating material for solar cell*) têm grande influência nesta rota devido aos seus elevados graus de intermediação nesta comunidade (Figura 57-b). Estas três patentes têm como titulares, empresas subsidiárias da Du Pont (Dupont De Nemours⁴ e Du Pont-Mitsui Polychemicals⁵) e os inventores. Além destas, a Du Pont é titular em outras 4 patentes, assumindo o papel de ator mais relevante nesta RT.

A TMEP, destacada na Figura 57-b, é a patente WO2016030865A1: “*Fire retarding system and protective layers or coatings*” que contempla a tecnologia de multicamadas para revestir superfícies, como por exemplo células fotovoltaicas, em que pelo menos uma dessas camadas é de material halogenado e a outra de material sinérgico. Esta patente foi depositada em 2015, publicada em 2016 sob o Tratado de Cooperação de Patentes (*Patent Cooperation Treaty - PCT*), e se encontra com novo número de publicação US20170233587A1 no USPTO. O titular é a empresa neozelandesa ZinniaTek Ltd (ZINNIATEK, 2018), que desenvolve e produz painéis fotovoltaicos, bem como sistemas relacionados para a montagem de painéis em edifícios. Além da Nova Zelândia (país de origem) e USA, a mesma também está protegida no Japão e na China, o que demonstra o interesse especial nestes mercados.

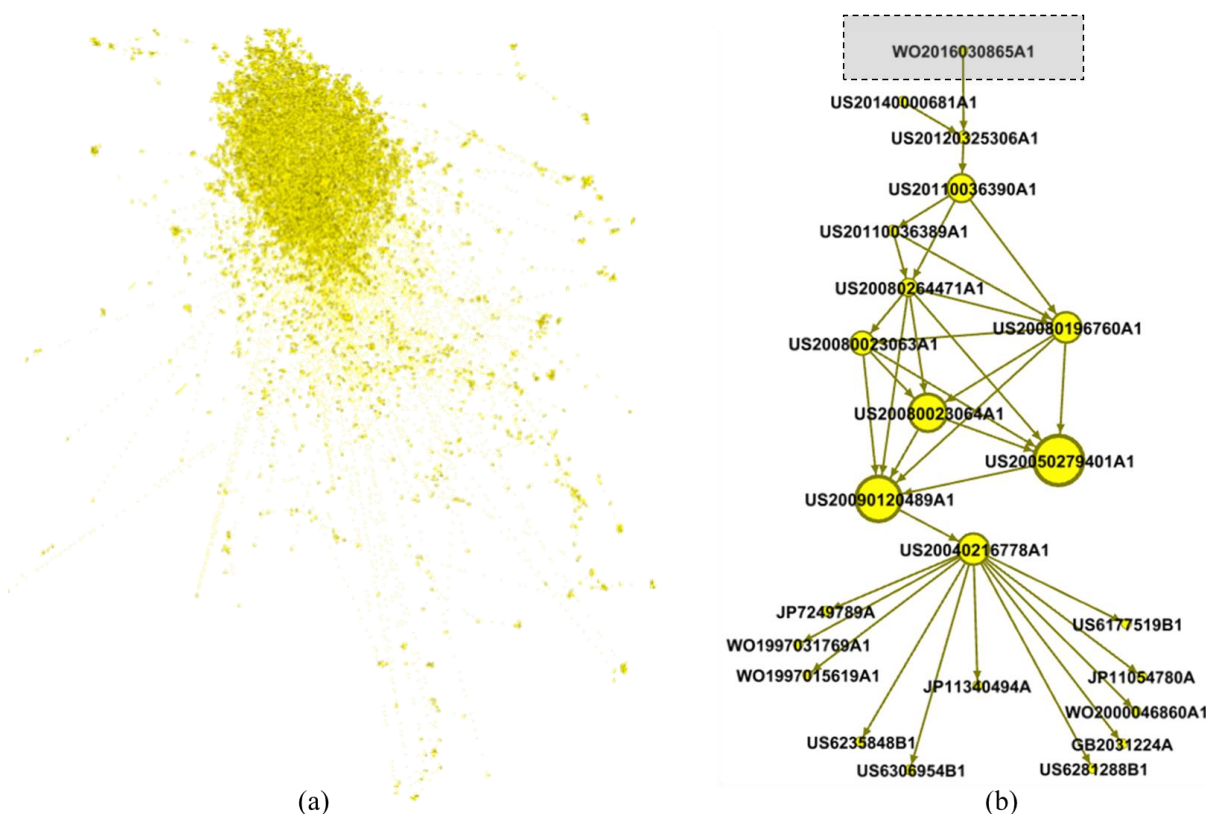
Referente ao desenvolvimento das tecnologias em parceria, 39% das patentes desta rota foram resultado de cooperação tecnológica, superior à média (21,5%) e mediana (24,2%) quando comparado à base geral de patentes PV deste estudo. Pode se notar que várias parcerias são realizadas com pesquisadores e não com organizações, sendo este modelo de co-titularidade

⁴ Du Pont de Nemours é uma empresa de ciência e tecnologia com base nos EUA com atuação em vários outros países do mundo. Possui um portfólio de produtos que vão de produtos agrícolas, resinas e filmes usados em embalagens e aplicações de polímeros industriais, produtos de biociências industriais, produtos para nutrição animal, detergentes, fabricação de alimentos, produção de etanol e aplicações industriais, serviços de engenharia e sistemas integrados para as indústrias de construção, segurança dos trabalhadores, energia, petróleo e gás e transporte e ainda materiais e sistemas para eletrônicos de consumo, energia fotovoltaica, displays e impressão avançada. A empresa fundada em 1802 é uma subsidiária da DowDuPont Inc (DUPONT, 2018).

⁵ Du Pont-Mitsui Polychemicals fabrica e vende copolímeros especiais e polietileno de baixa densidade. A empresa foi fundada em 1960, está baseada em Tóquio e opera como subsidiária da Du Pont de Nemours e da Mitsui Chemicals (DUPONT; MITSUI, 2018).

adotado no desenvolvimento cooperativo de patentes PV. Dentre os titulares desta RT, vale destacar o perfil predominantemente colaborativo da Du Pont, dado que 4 das 7 patentes que possui nesta rota, foram desenvolvidas em parceria. Conforme apresentado anteriormente a TMEP (WO2016030865A1) não foi desenvolvida em parceria com outras empresas.

Figura 57 - (a) Agrupamento amarelo; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

Quando se avalia a evolução tecnológica nesta RT, constatou-se que as primeiras patentes têm como base inovações sobre módulos de bateria solar para geração de energia e artigos termo retráteis feitos de resina adesiva; passando por tecnologias voltadas para filmes de ionômero multicamadas e materiais para encapsulamento para células solares até chegar na tecnologia identificada como mais emergente e promissora (TMEP) também voltada para material para células PV (Tabela 37).

Tabela 37 - Descrição das patentes que compõem a rota amarela

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
WO2016030865A1 (2015)*	Zinniatek Ltd	Fire retarding system and protective layers or coatings	CN, US
US20140000681A1 (2013)	Du Pont	Photovoltaic module back-sheet and process of manufacture	CN, US

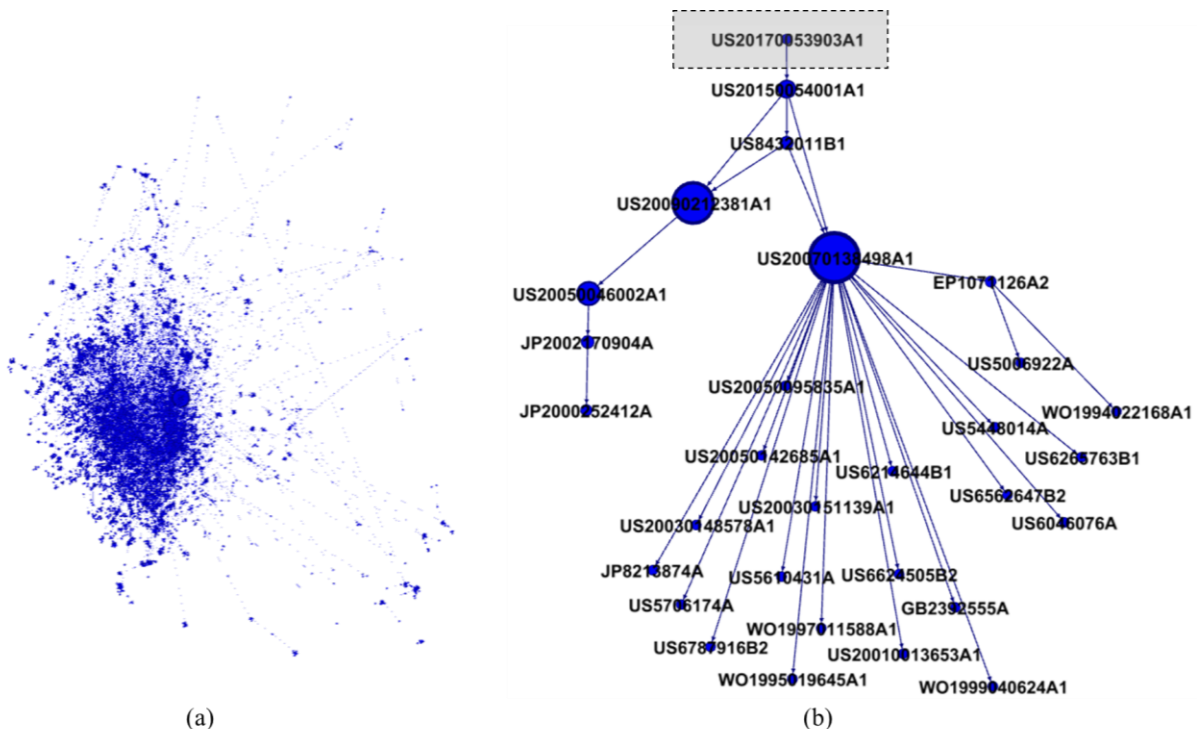
Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US20120325306A1 (2011)	Auman Brian C Haeger Carl Robert Du Pont	Fire resistant back-sheet for photovoltaic module	US
US20110036390A1 (2010)	Miasole	Composite encapsulants containing fillers for photovoltaic modules	US
US20110036389A1 (2009)	Miasole	Cte modulated encapsulants for solar modules	US
US20080196760A1 (2008)	Du Pont De Nemours & Co E I Du Pont De Nemours&Co E I Hall M S Hayes R A Samuels S L	Articles such as safety laminates and solar cell modules containing high melt flow acid copolymer compositions	CN, EP, JP, KR, US
US20080264471A1 (2007)	Hayes R A	Solar cell modules comprising compositionally distinct encapsulant layers	US
US20090120489A1 (2007)**	Mitsui Du Pont Polychemical	Encapsulating material for solar cell	CN, EP, JP, US
US20080023063A1 (2006)	Du Pont De Nemours & Co E I Du Pont De Nemours&Co E I Hayes R A Lenges G M Pesek S C Samuels S L Smith C A	Solar cell encapsulant layers with enhanced stability and adhesion	CN, EP, JP, KR, US
US20080023064A1 (2006)**	Du Pont De Nemours&Co E I Hayes R A Lenges G M Pesek S C Roulin J	Low modulus solar cell encapsulant sheets with enhanced stability and adhesion	US
US20050279401A1 (2004)**	Du Pont De Nemours & Co E I Du Pont De Nemours&Co E I Arhart R J Boeri D Lenges G M	Multilayer ionomer films for use as encapsulant layers for photovoltaic cell modules	CN, EP, JP, US
US20040216778A1 (2002)	Ferri L A Milano S M Truseal Technologies Inc	Solar panel including a low moisture vapor transmission rate adhesive composition	AT, AU, CN, DE, EP, JP, MX, RU, US
WO2000046860A1 (2000)	Kurth Glas Spiegel Ag	Solar module	AT, AU, BR, CA CN, CZ, DE, EP, HU, JP, PL, TR, ZA
US6177519B1 (1999)	Dow Silicones Corp Exxonmobil Chemical Patents Inc	Silane grafted copolymers of an isomonoolefin and a vinyl aromatic monomer	AT, BR, CA, CN, CZ, DE, EP, HU, JP, MX, RU, US
US6235848B1 (1999)	Huels AG	Crosslinkable molding material	AT, DE, EP, JP, US
US6281288B1 (1999)	Evonik Degussa Gmbh	Reinforced molding material	AT, DE, EP, JP, US
US6306954B1 (1999)	Sumitomo Electric Industries Ltd	Adhesive resin composition and heat- shrinkable articles made by using the same	AT, AU, CA, CN, DE, EP, ES, ID, JP, KR, TW, US
JP11340494A (1998)	Matsushita Electric Ind Co Ltd Nat House Ind	Solar cell module	JP
JP11054780A (1997)	Matsushita Battery Ind	Thin film solar battery module	JP
WO1997031769A1 (1996)	Truseal Technologies Inc.	Preformed flexible laminate	AT, AU, BR, CA, CN, CZ, DE, DK, EP, HU, JP, KR, NZ, PL, RO, RU, SK, UA, US
WO1997015619A1 (1995)	Courtaulds Aerospace Inc.	One-component chemically curing hot applied insulating glass sealant	AT, AU, BR, CA, CN, DE, DK, EP, JP, KR, NZ, US
JP7249789A (1994)	Tsukasa Denki Sangyo Kk	Solar cell power generating system	JP
GB2031224A (1978)	Stone Platt Crawley Ltd	Enclosure for photocell array	GB

Legenda: AT=Áustria; AU=Austrália; BR=Brasil; CA=Canadá; CN=China; CZ=República Checa; DE=Alemanha; DK=Dinamarca; EP=Escritório Europeu de Patentes; ES=Espanha; GB=Grã-Bretanha; HU=Hungria; ID=Indonésia; JP=Japão; KR=Coréia do Sul; MX=México; NZ=Nova Zelândia; PL=Polónia; RO=Romênia; RU=Rússia; SK=Eslováquia; TR=Turquia; TW=Taiwan; UA=Ucrânia; US=Estados Unidos; ZA=África do Sul; *=Patente TMEP; **=Patente com maiores centralidades de intermediação

Fonte: Elaboração própria.

A TMEP identificada neste agrupamento é a patente US20170053903A1 “*Optical semiconductor device*”. Esta patente apresenta um dispositivo semicondutor óptico com substrato que inclui recesso embutido na superfície principal, e inclui a superfície inferior do recesso lateral emissor de luz ao qual o componente emissor de luz semicondutor é descartado. Com isso, a invenção fornece um dispositivo para melhorar a minimização e aumentar a precisão da detecção. Esta patente foi depositada em 2016 e concedida em 2017 nos Estados Unidos, e também protegida no Japão, sendo seu titular a empresa Rohm Co Ltd, sediada em Kyoto (ROHM, 2018). Esta empresa fabrica e vende componentes eletrônicos no Japão, Ásia, Europa e Américas e seus produtos são utilizados para medição, energia, equipamentos de automação de escritório, segurança, assistência médica e de saúde, infraestrutura de comunicações, robô, automotivo, eletrônicos de consumo, computadores e periféricos e comunicações e aplicativos móveis.

Figura 59 - (a) Agrupamento azul; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

Até chegar à TMEP, a evolução desta rota tem tecnologias voltada para: i) dispositivos semicondutores de baixo custo, método para vedação e testes elétricos de dispositivos

eletrônicos, estruturas de chumbo microeletrônicas com camadas dielétricas; ii) método de fabricação de dispositivos semicondutores; iii) método de fabricação de chips, envolvimento de circuitos integrados e sensores de imagem iluminados de estado sólido (Tabela 38).

Tabela 38 - Descrição das patentes que compõem a rota azul

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US20170053903A1 (2016)*	Rohm Co Ltd	Optical semiconductor device	JP, US
US20150054001A1 (2014)	Optiz Inc	Integrated camera module and method of making same	CN, HK, JP, KR, TW, US
US8432011B1 (2011)	Oganesian Vage Optiz Inc	Wire bond interposer package for CMOS image sensor and method of making same	CN, KR, TW, US
US20090212381A1 (2009)**	Tessera Inc	Wafer level packages for rear-face illuminated solid state image sensors	TW, US
US20070138498A1 (2007)**	Tessera Tech Hungary Kft	Methods and apparatus for packaging integrated circuit devices	CN, JP, KR, TW, US
US20050046002A1 (2004)**	Samsung Electronics Co Ltd Baek S Chung J Jang D Kim G Lee K	Chip stack package and manufacturing method thereof	JP, KR, US
US20050095835A1 (2004)	Tessera Inc	Structure and method of making capped chips having vertical interconnects	CN, EP, TW, US
US20050142685A1 (2004)	Teledyne Dalsa Semiconductor Inc	Hermetic wafer-level packaging for MEMS devices with low-temperature metallurgy	EP, US
US20030151139A1 (2003)	Nec Electronics Corp	Semiconductor device	CN, JP, US
GB2392555A (2002)	Qinetiq Ltd	Hermetic packaging	AU, EP, GB, JP, US
US20030148578A1 (2002)	Hewlett-Packard Development Co Lp	Method and apparatus for building up large scale on chip de-coupling capacitor on standard CMOS/SOI technology	US
US6562647B2 (2001)	Vishay Intertechnology Inc	Chip scale surface mount package for semiconductor device and process of fabricating the same	CN, EP, HK, JP, KR, SG, TW, US
US6624505B2 (2001)	Invensas Corp	Packaged integrated circuits and methods of producing thereof	AU, CA, EP, IL, JP, KR, TW, US
US6787916B2 (2001)	Invensas Corp	Structures having a substrate with a cavity and having an integrated circuit bonded to a contact pad located in the cavity	US
EP1071126A2 (2000)	Agilent Technologies Inc	Microcap wafer-level package with vias Verpackung auf Waferebene unter Verwendung einer Mikrokappe mit Vias Boîtier à l'échelle d'une plaquette semiconductrice comprenant un micro-capuchon avec des vias	DE, EP, JP, US
JP2002170904A (2000)	Dainippon Printing Co Ltd	CSP type a semiconductor device, its preparation method, and a semiconductor module	JP
US6214644B1 (2000)	Amkor Technology Inc	Flip-chip micromachine package fabrication method	TW, US
US6265763B1 (2000)	Siliconware Precision Industries Co Ltd	Multi-chip integrated circuit package structure for central pad chip	US
JP2000252412A (1999)	Rohm Co Ltd	Semiconductor device	JP, US

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US20010013653A1 (1999)	Nec Corp	Array of electrodes reliable, durable and economical and process for fabrication thereof	JP, US
WO1999040624A1 (1999)	Shellcase Ltd.	Integrated circuit device	AU, CA, EP, IL, JP, KR, TW, US
US5706174A (1997)	Tessera Inc	Compliant microelectronic mounting device	AT, AU, CN, DE, EP, JP, KR, US
US6046076A (1997)	Tessera Inc	Vacuum dispense method for dispensing an encapsulant and machine therefor	AT, AU, CN, DE, EP, JP, KR, US
WO1997011588A1 (1996)	Tessera Inc	Microelectronic lead structures with dielectric layers	AT, AU, CN, DE, EP, JP, KR, US
JP8213874A (1995)	Matsushita Electric Ind Co Ltd	Surface acoustic wave device and its manufacture	JP
US5610431A (1995)	Charles Stark Draper Laboratory Inc	Covers for micromechanical sensors and other semiconductor devices	US
WO1995019645A1 (1995)	Shellcase Ltd.	Methods and apparatus for producing integrated circuit devices	AT, AU, CA, DE, EP, IL, JP, MX, MY, SG, TW, US
WO1994022168A1 (1994)	Olin Corporation	Ball grid array electronic package	AU, US
US5448014A (1993)	Northrop Grumman Systems Corp	Mass simultaneous sealing and electrical connection of electronic devices	CN, DE, EP, JP, SG, US
US5006922A (1990)	Motorola Solutions Inc	Packaged semiconductor device having a low-cost ceramic PGA package	US

Legenda: AT=Áustria; AU=Austrália; BR=Brasil; CA=Canadá; CN=China; CZ=República Checa; DE=Alemanha; DK=Dinamarca; EP=Escritório Europeu de Patentes; ES=Espanha; GB=Grã-Bretanha; HU=Hungria; ID=Indonésia; IL=Israel; JP=Japão; KR=Coréia do Sul; MX=México; MY=Malásia; RU=Rússia; SG=Cingapura; TW=Taiwan; US=Estados Unidos; *=Patente TMEP; **=Patente com maiores centralidades de intermediação

Fonte: Elaboração própria.

Quando se analisa as tecnologias desenvolvidas em cooperação, pode se constatar que a maioria delas (93%) foram desenvolvidas apenas com esforços internos das suas áreas de P&D das empresas, constatando apenas as relações de cooperação Samsung Electronics Co Ltd (US20050046002A1) e Oganessian Vage (US8432011B1). Apesar de ter parcerias com empresa Mitsubishi Chem, Pioneer Electronic, Hitachi e Univ Kyoto, a Rohm optou por desenvolver a TMEP desta RT exclusivamente no seu P&D.

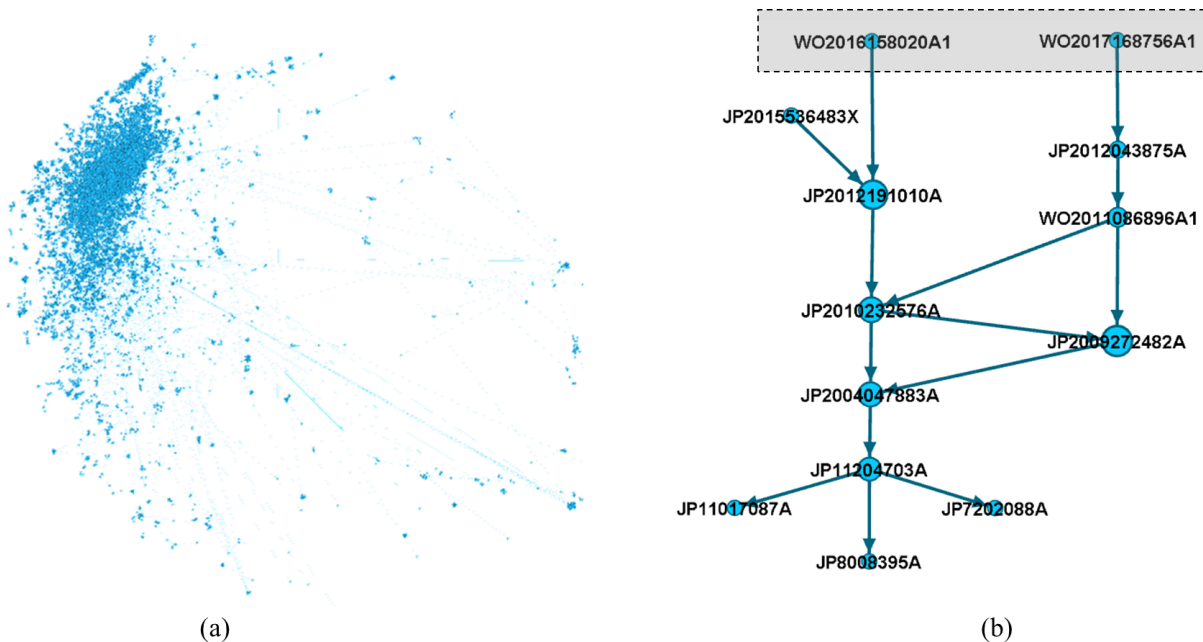
4.3.2.3 Rota tecnológica sobre Semicondutores de alta resistência ao calor (azul claro)

O agrupamento possui 13.659 patentes e 17.401 citações Trata-se de um agrupamento com patentes predominantemente japonesas (56,8%), mas com participação também de tecnologias americanas (30,3%). Os termos mais frequentes nos resumos são das patentes desta RT foram: *semiconductor*, *power*, *device*, *heat*, *substrate* e *electric* (Figura 60). A RT sobre Semicondutores de alta resistência ao calor possui 13 patentes (Figura 61-b), todas depositadas

Mitsubishi Electric Corp (MITSUBISHI, 2018), empresa que desenvolve, fabrica, distribui e vende equipamentos elétricos e eletrônicos em todo o mundo, mas atua principalmente nas áreas de energia e sistemas elétricos, automação industrial, sistemas de informação e comunicação, dispositivos elétricos e eletrodomésticos.

Por último, destaca-se ainda que ambas TMEP foram resultado de esforço exclusivos dos P&D da Fuji Electric e da Mitsubishi Electric. Observou-se também que apenas uma das 13 patentes foi resultado de cooperação (patente WO2011086896A1), demonstrando que esta rota aglomera tipos de tecnologias cujos seus titulares optaram por desenvolver o know-how exclusivamente nos seus centros de P&D.

Figura 61 - (a) Agrupamento azul claro; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

Esta RT se inicia com tecnologias voltadas para sistemas de refrigeração de semicondutores e melhorias de condutividade térmica, passando por desenvolvimento de semicondutores usados como inversores e modelos de dispositivos baseados de camadas para isolamento e vedação, culminando em duas patentes identificadas como TMEP (Tabela 39). Observa-se que é uma RT com domínio de tecnologias da Fuji Electric (3 patentes) e Mitsubishi Electric Corp (4 patentes), sendo todos os demais titulares também de origem japonesa.

Tabela 39 - Descrição das patentes que compõem a rota azul claro

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
WO2016158020A1 (2016)*	Fuji Electric Co Ltd	Semiconductor module	CN, JP, US
WO2017168756A1 (2016)*	Mitsubishi Electric Corp	Semiconductor apparatus	JP, US
JP2015536483X (2014)	Fuji Electric Co Ltd	The optical film	JP
JP2012191010A (2011)**	Fuji Electric Co Ltd	A semiconductor device and its manufacturing method	JP
WO2011086896A1 (2011)	Mitsubishi Electric Corp Nakayama Yasushi Miki Takayoshi Oi Takeshi Tada Kazuhiro Idaka Shiori Hasegawa Shigeru Tanaka Takeshi	Power semiconductor module	CN, EP, JP, KR, US
JP2012043875A (2010)	Mitsubishi Electric Corp	Electric power semiconductor device	JP
JP2010232576A (2009)	Hitachi Ltd	Power semiconductor apparatus	DE, JP, US
JP2009272482A (2008)**	Toyota Motor Corp	Semiconductor device	CN, JP, KR, TW, US
JP2004047883A (2002)	Mitsubishi Electric Corp	Electric-power semiconductor device	DE, JP, KR, US
JP11204703A (1998)	Toshiba Corp	Semiconductor module	JP
JP11017087A (1997)	Kobe Steel Ltd	Oil-free screw type vacuum pump	JP
JP7202088A (1994)	Japan Tobacco Inc	Fertilization and unit therefor	JP
JP8008395A (1994)	Matsushita Electric Ind Co Ltd	Screen printer and screen-printing method	JP

Legenda: CN=China; DE=Alemanha; EP=Escritório Europeu de Patentes; JP=Japão; KR=Coréia do Sul; TW=Taiwan; US=Estados Unidos; *=Patente TMEP; **=Patente com maiores centralidades de intermediação
Fonte: Elaboração própria.

4.3.2.4 Rota tecnológica sobre a Pluralidade de elementos de conversão fotoelétricos com superfície fotossensível (laranja)

O agrupamento possui 17.289 patentes e 28.201 citações. A RT sobre a Pluralidade de elementos de conversão fotoelétricos com superfície fotossensível é composta por 24 patentes depositadas prioritariamente nos Estados Unidos, mas que foram também protegidas em escritórios do Japão, China, EPO e Taiwan. Referente aos termos mais utilizados, tem-se: *layer*, *gate*, *device*, *substrate*, *electrodes* e *plurarity* (Figura 62).

Esta RT, mostrada na figura 63-b, as patentes mais influentes nesta RT segundo a centralidade de intermediação são: US6376868B1 (*Multi-layered gate for a CMOS imager*), US20060011955A1 (*Pixel cell having a grated interface*), US20070045685A1 (*Method and apparatus providing integrated color pixel with buried sub-wavelength gratings in solid state imagers*), US20090272880A1 (*Guided-mode-resonance transmission color filters for color generation in cmos image sensors*) e US20110108938A1 (*Sensor having waveguides formed*

Constatou-se como a TMEP a patente US20140110713A1 “*Electronic device and method of fabricating the same*”, que criou um dispositivo eletrônico que possui eletrodos de contato posicionados em região ativa e definida por camada de filtro de cor, camada dielétrica e camada microlente. Este dispositivo pode ser, por exemplo, um sensor de imagem de semicondutor de óxido metálico complementar para um módulo de fotografia. A TMEP deste agrupamento foi depositada nos Estados Unidos em 2013 pela Unimicron Technology Corp (UNIMICRON, 2018). É uma empresa sediada em Taiwan, que atua principalmente na fabricação, processamento e distribuição de placas de circuito impresso. Seus produtos e serviços são aplicados em monitores de cristal líquido, computadores e periféricos, placas de rede, scanners, telefones celulares e outros. A companhia opera seus negócios principalmente em Taiwan e na China, Alemanha e Japão. A TMEP, assim como outras 20 patentes dessa rota, foi desenvolvida por apenas um titular, demonstrando que 87,5% das tecnologias não são objeto de cooperação tecnológica.

Esta rota se inicia com patentes voltadas para estruturas de eletrodos CCD polissilício, células de sensor de semicondutor de óxido de metal e sistemas de processamento de imagem usado em aplicações de imagens de foto, passando também por tecnologias sobre filtros para geração de cor em sensores de imagem CMOS, sensores de imagem para conversão de imagem ótica em sinal elétrico e ainda dispositivos de conversão fotoelétrica para sistema de imagem (Tabela 40).

Tabela 40 - Descrição das patentes que compõem a rota laranja

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US20140110713A1 (2013)*	Unimicron Technology Corp	Electronic device and method of fabricating the same	TW, US
US20120217602A1 (2012)	Enomoto Takayuki Sony Corp	Solid-state imaging device, manufacturing method thereof, and electronic apparatus	CN, JP, US
US20100200738A1 (2010)	Canon Kk	Photoelectric conversion device and imaging system	CN, EP, JP, KR, RU, US
US20110108938A1 (2009)**	Omnivision Tech Inc	Image sensor having waveguides formed in color filters	CN, EP, TW, US
US20090272880A1 (2008)**	Micron Technology Inc	Guided-mode-resonance transmission color filters for color generation in cmos image sensors	US
US20070045685A1 (2005)**	Micron Technology Inc	Method and apparatus providing integrated color pixel with buried sub-wavelength gratings in solid state imagers	US
US20060011955A1 (2004)**	Micron Technology Inc Baggenstoss W J	Pixel cell having a grated interface	CN, EP, JP, KR, TW, US
US6376868B1 (1999)**	Micron Technology Inc	Multi-layered gate for a CMOS imager	US
US5757045A (1997)	Taiwan Semiconductor Manufacturing Co (Tsmc) Ltd	CMOS device structure with reduced risk of salicide bridging and reduced resistance via use of an ultra shallow, junction extension, ion implantation	US
US5895944A (1997)	Nec Corp	Charge coupled device image sensor and method of driving the same	JP, KR, US
US5708263A (1996)	IBM	Photodetector array	US
US5760458A (1996)	Foveon Inc	Bipolar-based active pixel sensor cell with poly contact and increased capacitive coupling to the base region	DE, KR, US
US5889277A (1996)	Eastman Kodak Co	Planar color filter array for ccds with embedded color filter elements	EP, JP, US
US5612799A (1995)	Semiconductor Energy Laboratory Co Ltd	Active matrix type electro-optical device	EP, JP, KR, US
US5614744A (1995)	National Semiconductor Corp	CMOS-based, low leakage active pixel array with anti-blooming isolation	DE, US
US5705846A (1995)	National Semiconductor Corp	CMOS-compatible active pixel image array using vertical pnp cell	DE, US
US5393997A (1994)	Sony Corp	CCD having transfer electrodes of 3 layers	JP, KR, US
US5506429A (1994)	Toshiba Corp	CCD image sensor with stacked charge transfer gate structure	JP, US
US5541402A (1994)	Bell Semiconductor Llc At&T Corp	Imaging active pixel device having a non-destructive read-out gate	CA, EP, JP, US
US5151385A (1988)	Hitachi Ltd	Method of manufacturing a metallic silicide transparent electrode	CA, DE, EP, JP, US
US4700459A (1986)	US Philips Corp	Method of manufacturing a semiconductor device with overlapping strip electrodes	DE, EP, JP, NL, US
US4319261A (1980)	Micron Technology Inc	Self-aligned, field aiding double polysilicon CCD electrode structure	US
US4262297A (1979)	General Electric Co Ltd	Semiconductor charge transfer device with multi-level polysilicon electrode and bus-line structure	CA, DE, DK, EP, GB, JP, US
US4309624A (1979)	Texas Instruments Inc	Floating gate amplifier method of operation for noise minimization in charge coupled devices	DE, JP, US

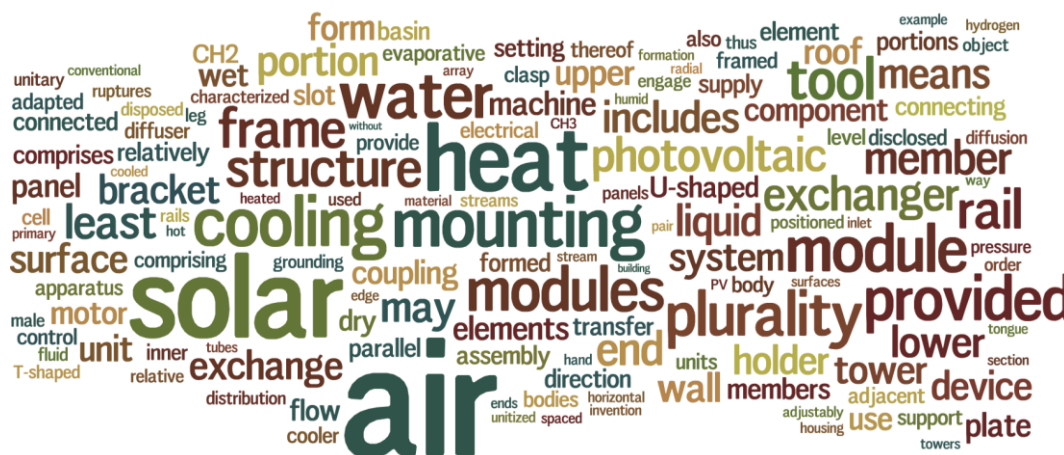
Legenda: CA=Canadá; CN=China; DE=Alemanha; DK=Dinamarca; EP=Escritório Europeu de Patentes; GB=Grã-Bretanha; JP=Japão; KR=Coreia do Sul; RU=Rússia; TW=Taiwan; US=Estados Unidos; *-Patente TMEP; **=Patentes com maiores centralidades de intermediação

Fonte: Elaboração própria.

4.3.2.5 Rota tecnológica sobre Mecanismos de montagem de módulos solares (marrom)

A RT sobre Mecanismos de montagem de módulos solares tem como principais termos encontrados nos resumos das patentes: *air*, *solar*, *heat*, *mounting*, *cooling*, *water* e *module* (Figura 64). É composta por 35 patentes, todas protegidas nos Estados Unidos, sendo que as patentes mais recentes foram também protegidas em escritórios da China, Europa, Japão, Canadá e Reino Unido (Figura 65-b). Tal rota vem do agrupamento que possui 11.830 patentes e 24.174 citações (Figura 65-a), sendo composto por tecnologias que, na sua maioria, foram depositadas nos Estados Unidos (44,7%), Japão (26,9%), Alemanha (7,6%) ou ainda estão em PCT (6,4%).

Figura 64 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica marrom.



Fonte: Elaboração própria.

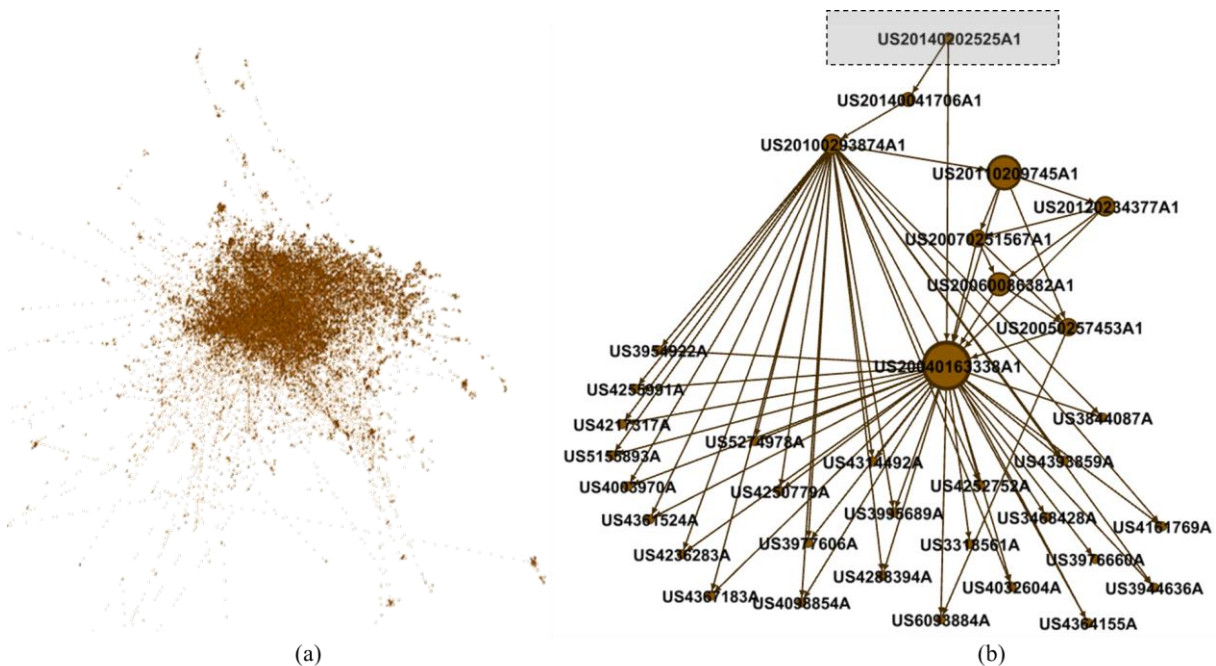
Observa-se nesta RT que as patentes US20040163338A1 (*Low profile mounting system*), US20060086382A1 (*Mechanism for mounting solar modules*) e US20110209745A1 (*Photovoltaic framed module array mount utilizing asymmetric rail*) têm grande influência nesta rota devido aos seus elevados graus de intermediação no agrupamento marrom e foram desenvolvidas respectivamente pela Unirac Inc¹², PVT Solar Inc¹³ e GE¹⁴.

¹² A Unirac fabrica e instala sistemas de montagem fotovoltaica. A empresa oferece montagens solares; montagens de telhado e inclinações fixas no solo. Atende proprietários de residências e clientes comerciais através de uma rede de distribuidores na América do Norte e em diversos outros países. A empresa foi fundada em 1998 e está baseada em Albuquerque, Novo México. A Unirac é uma antiga subsidiária da Hilti Inc (UNIRAC, 2018).

¹³ Anteriormente era conhecido como PVT Solar Inc. e mudou seu nome para EchoFirst Inc. 2011. A empresa foi fundada em 2007 e é baseada em Fremont, Califórnia, e atualmente opera como subsidiária da SunEdison Inc. A EchoFirst Inc. projeta, fabrica e comercializa sistemas solares que geram eletricidade e energia térmica. Oferece sistemas solares ecológicos que fornecem eletricidade e água quente. A empresa atende proprietários de residências, parceiros de instalação e novos construtores/desenvolvedores de casas (ECHOFIRST, 2018).

¹⁴ A General Electric é uma empresa globalmente diversificada em tecnologia e serviços financeiros. Os produtos e serviços da companhia incluem motores de aeronaves, geração de energia, processamento de água e

Figura 65 - (a) Agrupamento marron; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

A patente que está no topo desta rota e identificada como a TMEP é a US20140202525A1 “*Solar module mounting bracket and assemblies*” cujo objetivo foi desenvolver um tipo de suporte para montagem de módulos solares em superfície, com parte do pé afixado na parede e o apoio configurado para ser acoplado ao pé e para fixar a estrutura do suporte ao trilho. Esta patente foi depositada em 2013 em PCT com o número WO2013033404A3 e publicado em 2014 no USPTO. O titular é SunEdison LLC fabrica produtos de tecnologia solar, incluindo módulos solares e estruturas de montagem no solo, e fornece serviços de energia solar. Ela desenvolve, financia, instala e opera usinas de energia solar distribuídas em todo o mundo para fornecer eletricidade e serviços a clientes residenciais, comerciais, governamentais e de serviços públicos; e fornece serviços de gerenciamento de ativos, monitoramento e relatórios para sistemas solares em todo o mundo por meio do centro de operações renováveis da empresa. A empresa foi fundada em 2003 e está sediada em Belmont, Califórnia, com escritórios adicionais na América do Norte, Europa, América Latina, África, Índia e Ásia (SUNEDISON, 2018). Esta TMEP foi protegida até o momento apenas nos

eletrodomésticos para imagens médicas, financiamento a empresas e consumidores e produtos industriais. O segmento de energias renováveis foca especialmente em fornecer plataformas de turbinas eólicas, hardware e software; turbinas eólicas offshore; soluções, produtos e serviços para a indústria hidrelétrica; e lâminas para turbinas eólicas onshore e offshore, tendo atuação no desenvolvimento de tecnologias PV. A General Electric foi fundada em 1892 e está sediada em Boston, Massachusetts (GE, 2018).

Estados Unidos. A SunEdison possui outras duas patentes (US20060086382A1 e US20070251567A1) nesta rota por meio da sua subsidiária EchoFirst (antiga PVT Solar) e que estão protegidas em diversos outros mercados como China, Europa, Japão, Canadá e Austrália, o que pode ser indício de que a TMEP também seja protegida em outros escritórios futuramente.

Referente ao desenvolvimento das tecnologias em parceria, apenas 14% das patentes desta rota foram resultado de cooperação tecnológica, mantendo assim o perfil semelhante aos demais clusters de exclusividade no desenvolvimento de tecnologias PV. Vale ressaltar que a TMEP desenvolvida pela SunEdison não foi resultado de parceria com outras empresas.

Na evolução desta RT, nota-se que as primeiras patentes foram baseadas em sistemas de montagem de painéis PV, seguido por sistemas de montagem baseados em trilhos e depois por módulos solares removíveis e ajustáveis ou utilizando trilhos assimétricos (Tabela 41).

Tabela 41 - Descrição das patentes que compõem a rota marrom

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US20140202525A1 (2014)*	Sunedison Llc	Solar module mounting bracket and assemblies	US
US20140041706A1 (2013)	Haddock Dustin M Haddock Robert M	Photovoltaic module mounting assembly	US
US20120234377A1 (2011)	Erickson R W	Unitized photovoltaic assembly	US
US20100293874A1 (2010)	Unirac Inc	System for mounting a photovoltaic module to a surface	AU, CA, GB, US
US20110209745A1 (2010)**	Gen Electric	Photovoltaic framed module array mount utilizing asymmetric rail	AU, CN, EP, US
US20070251567A1 (2007)	Kineo Design Group Llc Plaisted J R Pvt Solar Inc	Interconnected solar module design and system	AU, CA, CN, EP, JP, US
US20040163338A1 (2004)**	Unirac Inc A New Mexico Corp	Low profile mounting system	AU, CA, GB, US
US20050257453A1 (2004)	Andalay Solar Inc Cinnamon B Zep Solar Inc	Mounting system for a solar panel	AU, CA, CN, EP, IL, JP, KR, MX, US
US20060086382A1 (2004)**	Plaisted J R Pvt Solar Inc	Mechanism for mounting solar modules	AU, CA, CN, EP, JP, US
US6093884A (1998)	Canon Inc	Solar cell module, solar cell array having the module, power generation apparatus using the array, and inspection method and construction method of the apparatus	JP, US
US5274978A (1992)	Solarworld Industries Deutschland Gmbh	Clamp for fastening plate-form bodies to a flat support plate	AT, DE, EP, ES, US
US5155893A (1991)	Werner Nussberger	Coupling device for use as a clasp or the like	AT, DE, EP, JP, US
US4367183A (1981)	Hamon-Sobelco Sa	Air channeling device for mixing dry and humid air streams of a combined wet and dry atmospheric cooler	US
US4314492A (1980)	Otto Feller Kuehl Manfred Heinz Oepen	Apparatus for the out-of-round machining of workpieces	DE, GB, IT, JP, US

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US4364155A (1980)	Walter Synowicki	Jewelry clasp	US
US4393859A (1980)	Armco Inc	Solar collector roof	US
US4252752A (1979)	Hamon-Sobelco Sa	Heat exchange unit in particular for an atmospheric heat exchanger	AU, DE, EP, ES, JP, US, ZA
US4255991A (1979)	Lambert Robert D	Method and apparatus for electromechanically retrofitting a conventional automatic screw machine to accept numerical control	US
US4288394A (1979)	Water Pollution Control Corp	Sewage aeration system	US
US4217317A (1978)	Delta Neu Sa	Cooling tower with vertical-axis fan	BR, CH, DE, ES, FR, GB, IT, NL, PT, US
US4236283A (1978)	Andre Marosy	Coupling	US
US4250779A (1978)	Goetze Gmbh	Apparatus for making out-of-round workpieces	CH, DE, FR, GB, JP, US
US4098854A (1977)	Gea Luftkuhler Gmbh	Combined wet and dry liquid cooling system and method	DE, JP, US, ZA
US4161769A (1977)	Zimmerman Metals Inc	Illuminated hand rail	US
US4361524A (1977)	Howlett Larry D	Cooling tower with plume prevention system	US
US3944636A (1975)	Gea Luftkuhler Gmbh	Cooling tower	CH, DE, ES, JP, US, ZA
US3977606A (1975)	Wyss Zona	Diffuser device	US
US3995689A (1975)	Marley Cooling Tower Co	Air cooled atmospheric heat exchanger	CA, DE, JP, US
US4003970A (1975)	Balcke-Duerr Gmbh	Combined wet and dry heat transfer system and method for cooling towers	CH, DE, ES, FR, GB, HU, IT, JP, NL, US, ZA
US4032604A (1975)	Marley Cooling Tower Co	Hot water supply and distribution structure for cooling towers	JP, US
US3954922A (1974)	Peabody Galion Corp	Bubble-shearing diffuser	US
US3976660A (1974)	ER Squibb and Sons LLC	Pyrrolidine derivatives	CA, DE, FR, GB, JP, US
US3844087A (1972)	Roper Corp	Skylight structure	CA, CH, DE, GB, US
US3468428A (1967)	Elmer L Reibold	Tubular section for rotatable display units	US
US3318561A (1965)	Antenna Specialists Co	Antenna support bracket	US

Legenda: AT=Áustria; AU=Austrália; BR=Brasil; CA=Canadá; CN=China; CH=Chile; DE=Alemanha; EP=Escritório Europeu de Patentes; ES=Espanha; GB=Grã-Bretanha; HU=Hungria; IT=Itália; JP=Japão; KR=Coreia do Sul; MX=México; NL=Holanda; PT=Portugal; US=Estados Unidos; ZA=África do Sul; *=Patente TMEP; **=Patentes com maiores centralidade de intermediação

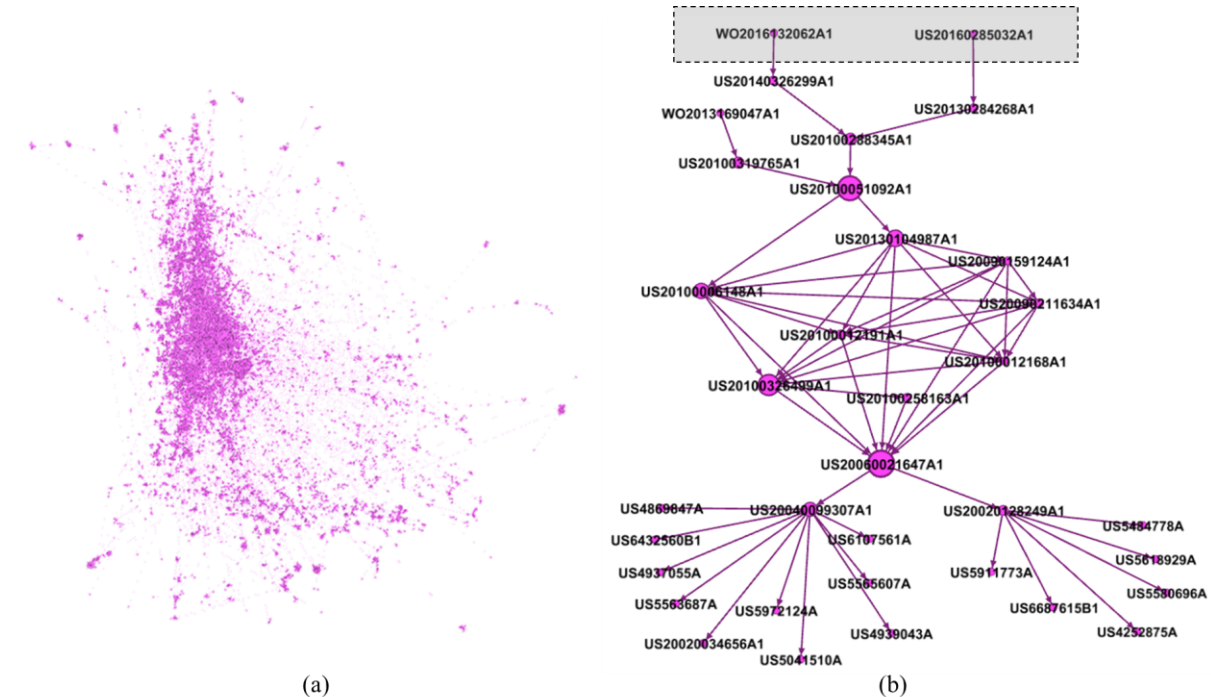
Fonte: Elaboração própria.

4.3.2.6 Rota tecnológica sobre Métodos de produção e utilização de células solares (rosa)

De acordo com termos mais encontrados nos resumos, as patentes desta rota endereçam assuntos voltados para: *layer, solar, substrate, cell, electron, conductor, semiconductor, alkyl, electrode e quantum* (Figura 66). A RT sobre Métodos de produção e utilização de células

desenvolvimento, fabricação e venda de tecnologia OLED (organic light emitting diode) para uso em aplicações automotivas e de iluminação geral. A empresa iniciou em 1996 por meio de pesquisa em conjunto com a Siemens e se consolidou com segmento de negócios 2 anos depois.

Figura 67 - (a) Agrupamento rosa; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

A segunda TMEP é a patente WO2016132062A1 “*Structure for photovoltaic devices having an intermediate bandgap*” que propõe um método para a estrutura de fabricação de células solares que envolve a ligação direta do intervalo da banda intermediária à primeira camada semicondutora e a remoção do terceiro substrato do primeiro e do segundo substrato para obter a estrutura final. Esta patente foi depositada em 2016 e concedida em 2017 na França (FR3033083B1) e foi depositada em PCT pela Commissariat Energie Atomique, atualmente denominado Commissariat a l’Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA, 2018). Trata-se de uma organização pública de pesquisa científica com o objetivo de desenvolver tecnologias para 4 áreas: defesa e segurança, energias de baixo carbono (nucleares e renováveis), pesquisa tecnológica para a indústria e pesquisa básica (ciências dos materiais e ciências da vida). Atualmente possui 9 centros de pesquisa próprios, 51 unidades de pesquisa conjunto e acordos de cooperação internacional, especialmente com países vinculados à Comunidade Europeia.

Assim como a maior parte dos agrupamentos analisados até agora, apenas 17% das patentes desta RT são resultado de cooperação tecnológica. As demais 29 patentes (83%), inclusive as duas TMEP, foram desenvolvidas apenas com esforços internos das áreas de P&D das empresas.

Esta rota começa com patentes sobre dispositivos fotovoltaicos baseados em um novo copolímero, sistemas fotovoltaicos moleculares e componentes análogos de ftalocianina, segue com tecnologias acerca de composição de células fotovoltaicas com estruturas de heterojunção híbrida entre materiais orgânicos / inorgânicos e células solares com camada isolante porosa, e também passa por patentes sobre células solares com camada de inibição de elétrons, filmes finos baseados em pontos quânticos e células com eficiência aumentada (Tabela 42).

Tabela 42 - Descrição das patentes que compõem a rota rosa

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US20160285032A1 (2016)*	Osram Oled Gmbh	Optoelectronic component, method for operating an optoelectronic component, and method for producing an optoelectronic component	DE, US
WO2016132062A1 (2016)*	Commissariat Energie Atomique	Structure for photovoltaic devices having an intermediate bandgap	FR
US20140326299A1 (2014)	Antolín Fernández Elisa Martí Vega Antonio Luque López Antonio Ramiro González Íñigo García-Linares Fontes Pablo	Solar cell with an intermediate band comprising non-stressed quantum dots	ES, US
WO2013169047A1 (2013)	LG Chemical Ltd	Organic electrochemical device, and method for manufacturing same	CN, EP, IN, JP, KR, US
US20130284268A1 (2012)	Yeh Che-Ning Ho Chun-Te Yew Tri-Rung	Self-assembly nano-composite solar cell	US
US20100288345A1 (2010)	Ind Tech Res Inst	Quantum dot thin film solar cell	TW, US
US20100326499A1 (2010)**	Honeywell Int Inc	Solar cell with enhanced efficiency	US
US20090211634A1 (2009)	Honeywell Int Inc	Quantum dot solar cell	US
US20100006148A1 (2009)	Honeywell Int Inc	Solar cell with porous insulating layer	GB, US
US20100012168A1 (2009)	Honeywell Int	Quantum dot solar cell	US
US20100012191A1 (2009)	Honeywell Int Inc	Quantum dot solar cell	US
US20100258163A1 (2009)	Honeywell Int Inc	Thin-film photovoltaics	CN, EP, US
US20100319765A1 (2009)	Univ Korea Res & Bus Found	Photovoltaic devices	US
US20130104987A1 (2009)	Wang Marilyn Zheng Zhi Wang Wei Jun Zhao Linan Liu Xuanbin Honeywell Int Inc	Solar cell with electron inhibiting layer	US
US20090159124A1 (2008)	Honeywell Int Inc	Solar cell hyperpolarizable absorber	US
US20100051092A1 (2008)**	Honeywell Int Inc	Solar cell having hybrid heterojunction structure and related system and method	EP, JP, US

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US20060021647A1 (2004)**	General Electric Co Alizadeh A Cella J A Duggal A R Gui J Y Spivack J L Yakimov A	Molecular fotovoltaics, method of manufacture and articles derived therefrom	CN, EP, JP, US
US20040099307A1 (2003)	Sun S	Photovoltaic devices based on a novel block copolymer	AU, CN, US
US20020128249A1 (2002)	Qinetiq Ltd	Phthalocyanine analogs	AU, EP, GB, JP, US
US20020034656A1 (2001)	University of Southern California Princeton University	Organometallic complexes as phosphorescent emitters in organic leds	AT, AU, BR, CN, DE, EP, IL, IN, JP, KR, TW, US
US6687615B1 (2001)	Garmin Ltd	Navigation system, method and device with detour algorithm	US
US6432560B1 (2000)	Koninklijke Philips Nv	Electroluminescent device	EP, JP, US
US5972124A (1998)	Advanced Micro Devices Inc	Method for cleaning a surface of a dielectric material	US
US6107561A (1998)	University of Southern California (USC)	Charge generators in heterolamellar multilayer thin films	AU, BR, CN, EP, JP, US
US5911773A (1996)	Aisin Aw Co Ltd	Navigation system for vehicles	DE, EP, JP, US
US5565607A (1995)	Agc Inc	Polyfluorohydrocarbon group-containing monomers, their polymers and application of the polymers	AU, CA, CN, DE, EP, JP, KR, SG, TW, US
US5580696A (1995)	Yamada Chemical Co Ltd Ricoh Co Ltd	Optical recording medium and method of producing the same	JP, US
US5618929A (1995)	United Kingdom Secretary of State For Defence	Substituted phthalocyanines	AT, DE, EP, GB, JP, KR, US
US5484778A (1993)	University Hospitals of Cleveland	Phthalocyanine photosensitizers for photodynamic therapy and methods for their use	AU, CA, EP, JP, US
US5563687A (1993)	Xerox Corp	Piezo-active photoreceptor and system application	DE, EP, JP, US
US4937055A (1989)	Andus Corp	Surface treatment for thin metal or semiconductor oxide coatings	EP, US
US4939043A (1988)	Northrop Grumman Systems Corp	Optically transparent electrically conductive semiconductor windows	US
US4869847A (1987)	Cna Holdings Inc	Microdisperse polymer/liquid crystal composite	DE, EP, JP, US
US4252875A (1980)	Honeywell Inc	Electro-catalysts for the cathode(s) to enhance its activity to reduce socl ₂ in Li/socl ₂ battery	DE, FR, GB, IT, JP, NL, US

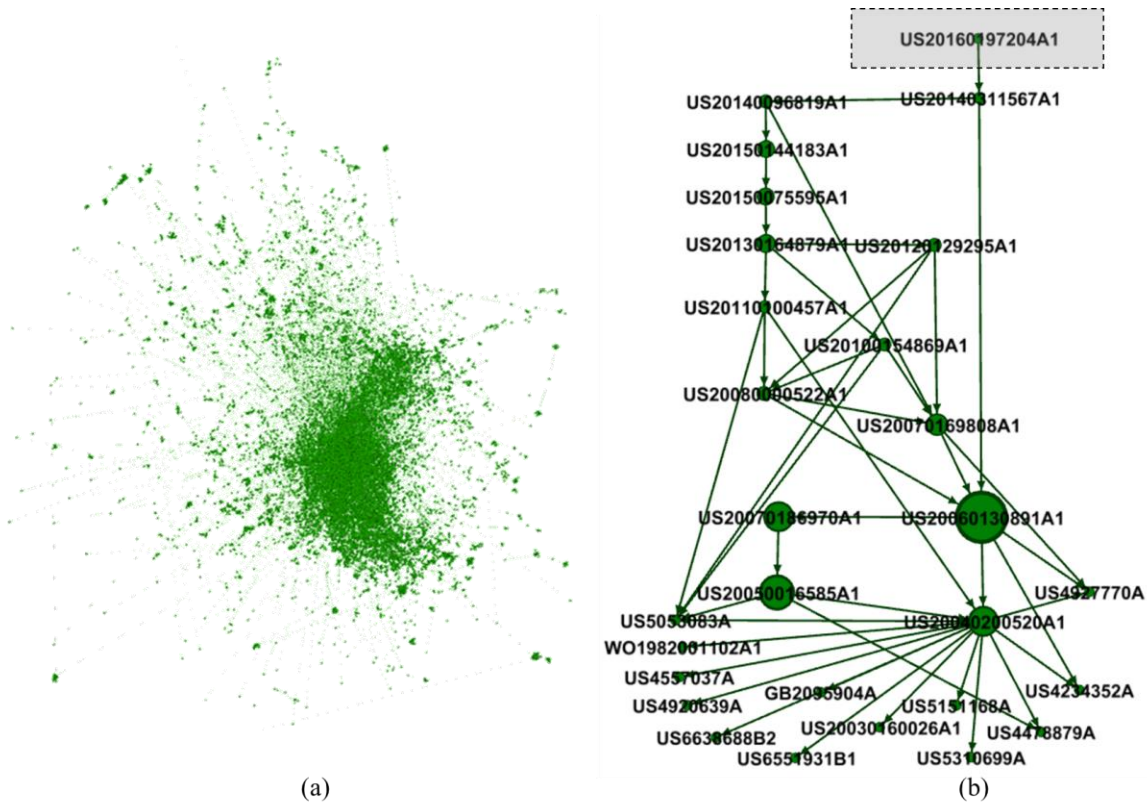
Legenda: AT=Áustria; AU=Austrália; BR=Brasil; CA=Canadá; CN=China; DE=Alemanha; EP=Escritório Europeu de Patentes; ES=Espanha; GB=Grã-Bretanha; IL=Israel; IN=Índia; JP=Japão; KR=Coréia do Sul; SG=Cingapura; TW=Taiwan; US=Estados Unidos; *=Patente TMEP; **=Patente com maiores centralidades de intermediação

Fonte: Elaboração própria.

4.3.2.7 Rota tecnológica sobre Células PV de contato reverso e métodos de fabricação (verde)

O agrupamento verde 14.809 patentes e 26.385 citações. Semelhante às distribuições de depósitos já mencionados anteriormente, trata-se de um agrupamento com patentes predominantemente americanas (43,9%), mas com tecnologias depositadas no Japão (18%), China (14,9%) e em PCT (9%).

Figura 69 - (a) Agrupamento verde; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

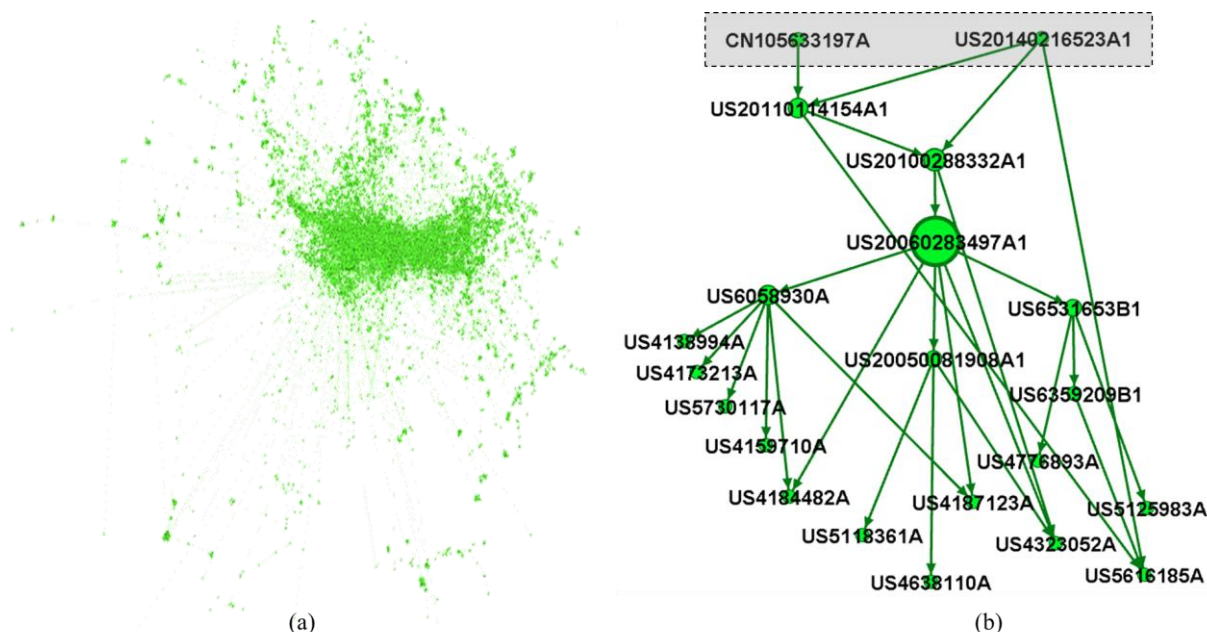
A trajetória desta rota inicia com tecnologias sobre fabricação de estruturas para células solares de contato reverso, passando por métodos baseados em substrato monocristalino de silício com filme de isolamento e células híbridas de polisilício, novas propostas de produção de células solares de camada heterojunção de contato posterior bem como produção de células com camada de tunelamento formada na superfície traseira do substrato semiconductor e área de barreira interposta entre primeira (Tabela 43).

Tabela 43 - Descrição das patentes que compõem a rota verde

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US20160197204A1 (2016)*	LG Electronics Inc	Solar cell and method for manufacturing the same	KR, US
US20140311567A1 (2014)	LG Electronics Inc	Solar cell and method for manufacturing the same	CN, EP, KR, US
US20150075595A1 (2014)	Commissariat I En Atomique Et Aux En Alternatives	Method for producing a photovoltaic cell with interdigitated contacts in the back face	EP, ES, FR, US
US20150144183A1 (2014)	LG Electronics Inc	Solar cell and method of manufacturing the same	CN, EP, KR, US
US20140096819A1 (2013)	Renewable Energy Corp Asa Rec Modules Pte Ltd	Solar cell and method for producing same	CN, EP, GB, JP, KR, TW, US
US20120129295A1 (2012)	Samsung Sdi Co Ltd Samsung Electronics Co Ltd	Method of manufacturing photoelectric conversion device	EP, KR, US
US20110100457A1 (2011)	LG Electronics Inc	Back contact solar cell and fabrication method thereof	EP, KR, US
US20130164879A1 (2011)	Cousins Peter J Smith David D Rim Seung B	Hybrid polysilicon heterojunction back contact cell	AU, CN, DE, JP, TW, US
US20100154869A1 (2009)	Samsung Electronics Co Ltd Samsung Sdi Co Ltd Intellectual Keystone Technology Llc	Photoelectric conversion device and manufacturing method thereof	EP, KR, US
US20070186970A1 (2007)**	Shinetsu Chem Co Ltd Shinetsu Handotai Co Ltd Japan Advanced Inst Sci & Technology Shin Etsu Chem Co Ltd Univ Hokuriku Sentan Kagaku Gijutsu	Solar cell and method of fabricating the same	AU, CN, EP, JP, KR, US
US20070169808A1 (2006)	Arise Technologies Corp Kherani N P Rayaprol B G Yeghikyan D Zukotynski S	Solar cell	AU, CA, CN, EP, JP, US
US20080000522A1 (2006)	Gen Electric	Photovoltaic device which includes all-back-contact configuration; and related processes	AU, CN, EP, JP, KR, US
US20060130891A1 (2005)**	Bp Corp North America Inc Carlson D E	Back-contact photovoltaic cells	DE, JP, US
US20050016585A1 (2004)**	Shell Solar Gmbh Munzer A	Manufacturing a solar cell with backside contacts	AT, AU, CN, DE, EP, JP, US
US20030160026A1 (2003)	Merck Patent Gmbh	Etching pastes for inorganic surfaces	AU, CA, CN, DE, EP, ES, HK, IL, JP, KR, MX, MY, PL, RU, TW, US
US20040200520A1 (2003)**	Sunpower Corp	Metal contact structure for solar cell and method of manufacture	DE, JP, US
US6551931B1 (2000)	Globalfoundries Inc	Method to selectively cap interconnects with indium or tin bronzes and/or oxides thereof and the interconnect so capped	US
US6638688B2 (2000)	Taiwan Semiconductor Manufacturing Co (Tsmc) Ltd	Selective electroplating method employing annular edge ring cathode electrode contact	US
US5310699A (1992)	Sharp Corp	Method of manufacturing a bump electrode	JP, US
US5151168A (1990)	Micron Technology Inc	Process for metallizing integrated circuits with electrolytically-deposited copper	US
US4920639A (1989)	Stovokor Tech Llc	Method of making a multilevel electrical airbridge interconnect	US
US5053083A (1989)	Leland Stanford Junior University	Bilevel contact solar cells	AU, US
US4927770A (1988)	Electric Power Research Institute Leland Stanford Junior University	Method of fabricating back surface point contact solar cells	US
US4557037A (1984)	Mobil Solar Energy Corp	Method of fabricating solar cells	AU, CH, DE, EP, GB, JP, NL, SE, US

De acordo com a Figura 71-b, a primeira TMEP identificada é a patente US20140216523A1 “*Concentrating photovoltaic-thermal solar energy collector*” que propõe criar um coletor de energia solar que tem um refletor e receptor acoplados juntos sobre o eixo de rotação que direciona o refletor na melhor posição para concentração da radiação solar nas células. Esta patente foi aplicada em 2014 e concedida em 2016 nos Estados Unidos para a Cogenra Solar (COGENRA, 2018), uma empresa que fornece sistemas de cogeração solar distribuídos e soluções de serviços de energia renovável. Também possui e opera sistemas de cogeração solar e vende energia diretamente aos clientes. Anteriormente conhecida como SkyWatch Energy, a Cogenra Solar foi constituída em 2009, está baseada em Fremont (Califórnia). Atualmente, esta patente foi transferida para a SunPower, empresa que assim como a Cogenra Solar, opera como subsidiária da TOTAL S.A, um grupo francês com atuação mundial nos setores petroquímico e de energia.

Figura 71 - (a) Agrupamento verde claro; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

A segunda TMEP foi identificada na patente CN105633197A de título “*Manufacturing method of photovoltaic-thermal solar cell*” que propõe um método para a fabricação de célula solar fotovoltaica de eficiência térmica composta por uma sequência rotativa de filme de semicondutores fotovoltaicos de sulfeto de cádmio com uma ordem específica de camada de metal conductor. Esta tecnologia foi depositada unicamente na China e concedida em 2017 para o titular e inventor Yang Yongqing.

Quando se observa o quesito cooperação, apenas duas patentes foram resultado de desenvolvimento tecnológico em parceria: US4138994A e US20060283497A1. Dessa forma, 90,5% das patentes desta RT foram desenvolvidas exclusivamente pelos P&Ds internos das companhias, inclusive as duas TMEP. Para se alcançar as duas TMEP, a RT do agrupamento verde claro começa com tecnologias sobre células solares com diodo e método de derivação integrado, passando por painéis fotovoltaicos com elementos concentradores individualmente articulados até patentes sobre receptores para concentração de sistemas fotovoltaico-térmico (Tabela 44).

Tabela 44 - Descrição das patentes que compõem a rota verde claro

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
CN105633197A (2014)*	Yang Yongqing	Manufacturing method of photovoltaic-thermal solar cell A manufacturing method of photovoltaic-thermal efficiency of solar battery	CN
US20140216523A1 (2014)*	Cogenra Solar Inc	Concentrating photovoltaic-thermal solar energy collector	US
US20100288332A1 (2010)**	Entech Solar Inc	Solar photovoltaic concentrator panel	AU, BR, CN, EP, IL, KR, MX, US, ZA
US20110114154A1 (2010)**	Cogenra Solar Inc	Receiver for concentrating photovoltaic-thermal system	AU, EP, IN, US
US20060283497A1 (2006)**	Hines B E Practical Instr Inc Soliant Energy Inc	Planar concentrating photovoltaic solar panel with individually articulating concentrator elements	AU, BR, CN, EP, JP, RU, US
US20050081908A1 (2004)	Stewart R G	Method and apparatus for generation of electrical power from solar energy	US
US6531653B1 (2001)	Boeing Co	Low cost high solar flux photovoltaic concentrator receiver	US
US6359209B1 (2000)	Hughes Electronics Corp	Solar panel and solar cell having in-plane solar cell interconnect with integrated diode tab	AT, DE, EP, US
US6058930A (1999)**	Shingleton; Jefferson	Solar collector and tracker arrangement	AT, DE, EP, ES, JP, PT, US
US5616185A (1995)	Hughes Aircraft Co	Solar cell with integrated bypass diode and method	DE, EP, US
US5730117A (1995)	Berger; Alexander	Sun tracker	AT, AU, BR, DE, EP, JP, RU, US
US5125983A (1991)	Electric Power Research Institute	Generating electric power from solar radiation	AU, CN, EP, ES, GR, IL, TW, US
US5118361A (1990)	Boeing Co	Terrestrial concentrator solar cell module	TW, US
US4776893A (1986)	Chevron Research and Technology Co	Gaas on gasb mechanically stacked photovoltaic cells, package assembly, and modules	US
US4638110A (1985)	Illuminated Data Inc	Methods and apparatus relating to photovoltaic semiconductor devices	US
US4323052A (1979)	Virgil Stark	Solar energy system	AU, BR, CA, ES, FR, IL, IN, MX, PT, US, ZA
US4184482A (1978)	Cohen Elie	Solar energy collecting system	JP, US
US4138994A (1977)	Shipley Jr Robert M	Solar heating unit	US
US4159710A (1977)	Us Philips Corp	Solar collector comprising solar tracking means	AU, CA, CH, DE, FR, GB, IT, JP, NL, SE, US
US4187123A (1977)	Diggs Richard E	Directionally controlled array of solar power units	US

polycrystalline silicon chip), tendo os respectivos titulares: BP Corp North America¹⁶, Changzhou Trinasolar¹⁷, Hunan Red Sun Photoelectricity Sci & Tech¹⁸ e Zhenjiang Huantai Silicon Technology¹⁹.

Outra constatação que diferencia esta rota é o fato de a mesma apontar quatro patentes como TMEP (Figura 73-b). A primeira é a CN105063751A “*Cast ingot manufacturing method*” que compreende a seleção de areia de quartzo de um mesmo tamanho e de alta pureza, espalhando-se no fundo do cadinho, fixando a areia de quartzo de alta pureza para o derretimento e o crescimento de cristais. Esta patente foi depositada exclusivamente na China em 2015 pela Jinko Solar Co Ltd e Jinko Solar Holding Co Ltd (JINKO, 2018). A JinkoSolar Holding juntamente com suas subsidiárias, participa do projeto, desenvolvimento, produção e comercialização de produtos fotovoltaicos na China e internacionalmente. Também conhecida por JKS, a empresa oferece módulos solares, wafers de silício, células solares, materiais de silício recuperados e blocos de silício mono e multicristalino. Também fornece serviços de integração de sistemas solares; e desenvolve projetos comerciais de energia solar. A companhia possui 6 fábricas (China, África do Sul e Malásia), 15 subsidiárias e escritórios de vendas em todos os continentes, comercializando seus produtos sob a marca JinkoSolar. A empresa fundada em 2006 tem como baseada a cidade chinesa de Shangrao.

A segunda TMEP também se refere à um método de produção de células solares e propõe um cadinho de alta eficiência para derretimento total que possui uma camada interior formada por areia de quartzo micro esférica de alta pureza provida de uma camada de liberação (patente

¹⁶ A BP Corporation North America Inc. foi fundada em 1889 é uma subsidiária da gigante inglês BP (British Petroleum), operando opera no setor de energia, especialmente focada em petróleo e gás. Fornece serviços de refino de petróleo, serviços de transporte de combustível, serviços de energia térmica e de calor, petroquímicos e outros produtos químicos, como ácidos aromáticos, filmes e resinas, olefinas, poliestireno e monômero de estireno, resinas e fibras de polipropileno, solventes aromáticos anidrido e polímeros de engenharia e fibras de carbono. A empresa atualmente atende clientes nos Estados Unidos, Canadá, Cingapura e Reino Unido (BP, 2018).

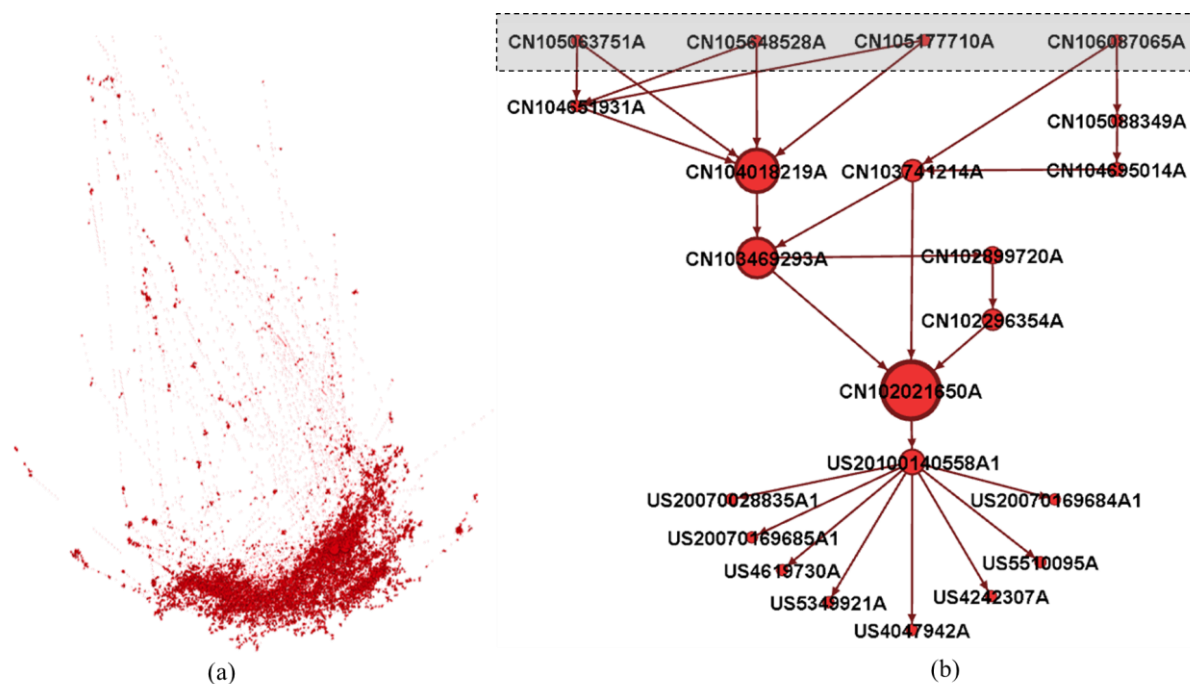
¹⁷ Changzhou Trina Energia Solar é uma empresa privada que fabrica e vende módulos solares fotovoltaicos. Seus produtos incluem barramentos de material mono-cristalino, wafers e células, que fornecem energia elétrica para aplicações residenciais, comerciais, industriais e de utilidade pública. A empresa foi fundada em 1997 e está baseada em Changzhou, China. Changzhou Trina Energia Solar opera como uma subsidiária da Trina Solar Limited (TRINA, 2018).

¹⁸ Hunan Red Solar Photoelectricity Science and Technology é 48º instituto de pesquisa pertencente ao governo chinês, que juntamente com outros centros de pesquisa e empresas, compõem a CETC Solar Energia Holdings Co. Ltd. O objetivo da empresa é pesquisar, desenvolver e fabricar equipamentos inovadores para geração de energia solar, células solares e módulos, além de soluções gerais de energia solar. A companhia detem 80% de participação no mercado de células solares na China. Foi fundada em 1964, e dedicada à inovação industrial desde a sua criação nos setores de microeletrônica, fotovoltaica (PV) e ferramentas de semicondutores e fabricação de equipamentos (CETC, 2018).

¹⁹ Zhenjiang Huantai Silicon Science & Technology Co. Ltd. pesquisa, fabrica e distribui equipamentos de energia solar. A empresa fornece serviços de fundição, corte e limpeza de silício cristalino. A empresa foi fundada em 2004, está localizada na cidade de Yangzhong, na China e é uma subsidiária do grupo Jiangsu Huantai (HUANTAI, 2018).

CN105177710A de título “*Manufacturing method for novel full-melting efficient crucible*”. Esta patente, protegida exclusivamente na China, foi depositada em 2015 e concedida em 2017 para a Zhenjiang Huantai Silicon Technology Co Ltd (HUANTAI, 2018).

Figura 73 - (a) Agrupamento vermelho; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

A terceira TMEP é a CN105648528A, “*Novel high-purity quartz crucible and preparation method thereof*”, cujo propósito é relativamente próximo à segunda TMEP desta rota, uma vez que desenvolveu um cadinho de quartzo de alta pureza composto por um corpo principal e revestimento cerâmico na superfície interna. Esta inovação foi depositada no escritório chinês de patentes em 2016 pela Sinofusion Solar Performance Materials Co Ltd (SINOFUSION, 2018). É uma empresa de alta tecnologia para pesquisa e desenvolvimento de materiais cerâmicos para a indústria de energia solar, sendo o cadinho de quartzo para fundição de polissilício o principal produto da companhia. A Sinofusion Solar Performance Materials comercializa seus produtos em toda a China e está localizada em Changshu.

A quarta TMEP desta rota, CN105648528A “*Annealing process for polycrystalline silicon cast ingot*”, cria um método de recozimento de lingote de silício policristalino em que há uma redução da temperatura de aquecimento do forno, mas com preservação do calor. Esta patente depositada em 2016 pelo titular Xi'an Huajing Electronic Technology Co Ltd (HUAJING, 2018), uma empresa que se dedica à produção e venda de produtos de wafer solar

e semicondutores em todo o mundo. Seus produtos incluem barras de silício simples, wafers de silício monocristalino e multi-cristalino e lingotes de silício policristalino. A empresa também opera como fornecedor de wafer de diodos. A companhia foi fundada em 1998 e é baseada em Xi'an, China.

Como se pode notar, as quatro TMEP foram depositadas apenas na China, sendo que apenas a patente CN105063751A foi resultado de cooperação entre Jinko Solar e Jinko Solar Holding. Apesar disso, trata-se de uma cooperação muito específica pelo fato de serem empresas pertencentes à um mesmo grupo controlador. Isso mostra uma restrição de mercado de atuação, bem como a exclusividade de desenvolvimento da tecnologia para cada titular envolvido. Desta RT, apenas mais uma patente (CN102899720A) foi desenvolvida em cooperação entre Donghai Ja Solar Energy Technology e Univ Nanjing. Dessa forma, 91% das tecnologias nesta RT foram desenvolvidas internamente nos P&Ds das empresas.

A evolução das tecnologias nesta rota tem como base diferentes formas e métodos de uso do silício na produção de células solares, tais como: métodos e aparelhos para fabricação de corpos de silício fundido multicristalino geométrico, sistema de solidificação direcional top-down, produção de blocos policristalinos em larga escala e preparação de chips de silício policristalino de alta eficiência com borda preta estreita (Tabela 45).

Tabela 45 - Descrição das patentes que compõem a rota vermelha

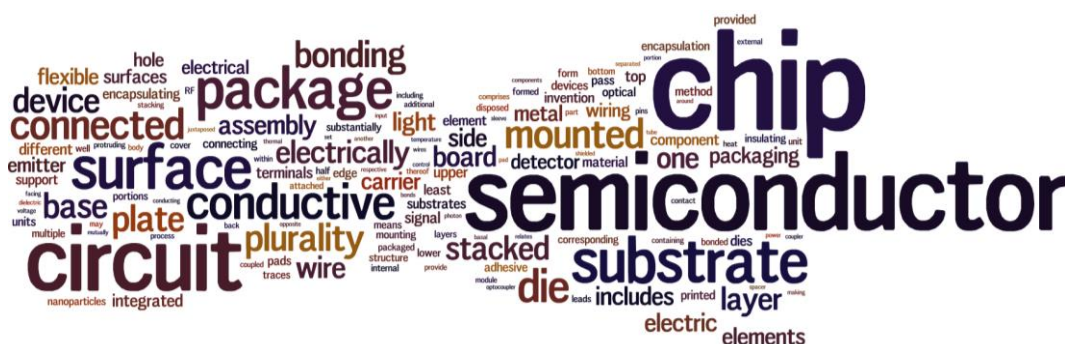
Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
CN105648528A (2016)*	Sinofusion Solar Performance Mat Co Ltd	Novel high-purity quartz crucible and preparation method thereof	CN
CN106087065A (2016)*	Xi'an Huajing Electronic Tech Co Ltd	Annealing process for polycrystalline silicon cast ingot	CN
CN105063751A (2015)*	Jinko Solar Co Ltd Jinko Solar Holding Co Ltd	Cast ingot manufacturing method	CN
CN105177710A (2015)*	Zhenjiang Huantai Silicon Technology Co Ltd	Manufacturing method for novel full- melting efficient crucible	CN
CN104695014A (2015)	Hunan Red Sun Photoelectricity Sci & Tech Co Ltd	Annealing technique of cast polycrystalline silicon	CN
CN105088349A (2015)	Inner Mongolia Zhonghuan Solar Material Co Ltd	Ingot casting method for reducing polycrystalline silicon dislocation	CN
CN103741214A (2014)	Xi An Huajing Electronic Technology Co Ltd	Polycrystalline silicon ingot casting process	CN
CN104018219A (2014)**	Zhenjiang Huantai Silicon Technology Co Ltd	Preparation method of high-efficiency polycrystalline silicon chip with narrow black edge	CN
CN104651931A (2014)	Jiangsu Meike Silicon Energy Co Ltd	Quartz crucible capable of controlling nucleation and impurity diffusion and used for polycrystal cast ingot and preparation method of quartz crucible	CN
CN103469293A (2013)**	Hunan Red Sun Photoelectricity Sci & Tech Co Ltd	Preparation method of polycrystalline silicon	CN
CN102899720A (2012)	Donghai Ja Solar Energy Technology Co Ltd Univ Nanjing	Ingot casting process for high-efficiency polycrystalline silicon	CN
CN102296354A (2011)	Jiangxi Sornid High Tech Co Ltd	Ingot casting method of silicon material	CN
CN102021650A (2010)**	Changzhou Trinasolar Co Ltd	Production method of large polycrystalline ingot	CN
US20100140558A1 (2009)**	Bp Corp North America Inc	Apparatus and method of use for a top- down directional solidification system	US
US20070169684A1 (2007)	Bp Corporation North America Inc	Methods and apparatuses for manufacturing monocrystalline cast silicon and monocrystalline cast silicon bodies for photovoltaics	AU, BR, CA, CN, EP, JP, KR, RU, TW, US
US20070169685A1 (2007)	Bp Corporation North America Inc	Methods and apparatuses for manufacturing geometric multicrystalline cast silicon and geometric multicrystalline cast silicon bodies for photovoltaics	AU, BR, CA, CN, EP, JP, KR, RU, TW, US
US20070028835A1 (2006)	Iis Materials Corp Ltd	Crucible apparatus and method of solidifying a molten material	DE, JP, US
US5510095A (1993)	Jfe Steel Corp	Production of high-purity silicon ingot	DE, EP, JP, NO, US
US5349921A (1990)	Canada Minister of National Defence	Growing semiconductor crystalline materials	DE, EP, GB, JP, US
US4619730A (1982)	Sony Corp	Process for solidification in a magnetic field with a D.C. heater	AT, CA, DE, FR, GB, IT, JP, NL, SE, SU, US
US4242307A (1979)	Alcatel SA	Device for producing polycrystalline silicon	CA, DE, EP, FR, JP, US
US4047942A (1976)	Amax Inc	Thermite smelting of ferromolybdenum	AT, BR, DE, FR, GB, IT, JP, NL, US

Legenda: AT=Áustria; AU=Austrália; BR=Brasil; CA=Canadá; CN=China; DE=Alemanha; EP=Escritório Europeu de Patentes; FR=França; GB=Grã-Bretanha; IT=Itália; JP=Japão; KR=Coreia do Sul; NL=Holanda; RU=Rússia; SE=Suíça; SU=Soviet Union; TW=Taiwan; US=Estados Unidos; *=Patente TMEP; **=Patente com maiores centralidades de intermediação

4.3.2.10 Rota tecnológica sobre Tecnologias sobre semicondutores baseados em múltiplos chips (violeta)

O agrupamento violeta tem 14.107 patentes e 21.196 citações e suas patentes foram depositadas na proporção de 60,5% nos Estados Unidos, 29,2% no Japão e 10,3% em outros países. A rota proveniente do agrupamento violeta é composta por 30 patentes, depositadas em sua maioria nos Estados Unidos. Os termos mais frequentes foram: *chip*, *semiconductor*, *circuit*, *substrate*, *surface*, *package*, *conductor* e *plurality* (Figura 74).

Figura 74 - Nuvem de termos das patentes na rota tecnológica violeta

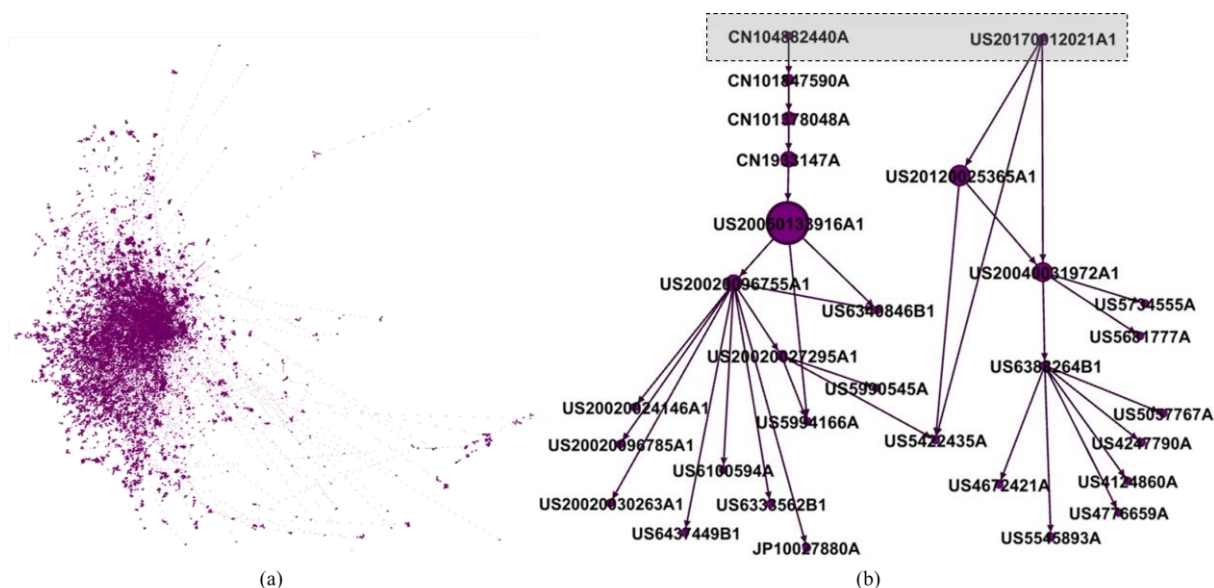


Fonte: Elaboração própria.

Na figura 75-b, as patentes com maior centralidade de intermediação são: US20020096755A1 (*Semiconductor device*), US20050133916A1 (*Multiple chip package module having inverted package stacked over die*), US20040031972A1 (*Stacked packages*) e US20120025365A1 (*Microelectronic packages with nanoparticle joining*), tendo estas duas últimas, titularidades da Tesser Inc e Tesser Research LLC, ambas subsidiárias das Xperi Corporation²⁰.

²⁰ A Xperi Corporation, antiga Tesser Holding Corporation, está sediada em San Jose na Califórnia e desenvolve e licencia tecnologias de miniaturização para *chip-scale*, multichip e empacotamento *wafer-level* em áreas como computação móvel, comunicações, memória e armazenamento de dados e tecnologias *3-D Integrated Circuit*. Ao longo do tempo, a Xperi expandiu seus negócios com a criação da Invensas e aquisições de empresas como a FotoNation (aprimoramento e análise de imagens e vídeos), Ziptronix (circuitos integrados 3D) e DTS (tecnologias de áudio). Além disso, Tesser, uma subsidiária da Xperi, licenciou tecnologia de embalagem de chips para vários fabricantes de semicondutores tais como Hitachi, Shinko Electric, Intel e Samsung Electronics (XPERI, 2018).

Figura 75 - (a) Agrupamento violeta; (b) rota tecnológica, tecnologias mais emergentes e promissoras



Fonte: Elaboração própria.

Para a primeira TMEP (Tabela 46), observa que a trajetória tecnológica começa com métodos de produção de semicondutores empilhados, semicondutores com matrizes empilhadas com superfícies inclinadas e módulos multichip empilhados, passando por patentes focadas em estruturas de encapsulamento empilhadas de multichip e encapsulamento multichip multilaminado em placas de circuito flexível até chegar à TMEP identificada na patente CN104882440A (“*Semiconductor Device Having Multiple Chips Mounted to a Carrier*”). Trata-se de um dispositivo de semicondutor de potência montada em chip, com um condutor elétrico acoplado com eletrodo e que é formado sobre a borda da parte de projeção da superfície do chip semicondutor e montado na superfície superior da portadora de chip. Esta patente foi aplicada em 2015 pela Infineon Technologies (INFINEON, 2018) simultaneamente na China, Alemanha e Estados Unidos, mas concedida até o momento apenas pelo escritório americano. A Infineon Technologies AG é uma empresa alemã sediada em Munique e que desenvolve e fabrica semicondutores e soluções de sistemas relacionados. A companhia opera através de quatro segmentos: automotivo, controle de potência industrial, gerenciamento de energia, chip card e segurança. Especificamente para o segmento de energia, ela projeta, desenvolve, fabrica e comercializa semicondutores para a conversão de energia elétrica na faixa de média a alta potência. Para esta patente em específico, a Infineon Technologies a desenvolveu apenas com esforços internos do seu P&D.

Tabela 46 - Descrição das patentes que compõem a rota violeta

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
CN104882440A (2015)*	Infineon Technologies Ag	Semiconductor Device Having Multiple Chips Mounted to a Carrier	CN, DE, US
US20170012021A1 (2015)*	Invensas Corp	Structures and methods for low temperature bonding	CN, TW, UW
CN101847590A (2010)	Shenzhen Danbond Technology Co Ltd	Method for packaging multi-laminated multi-chip on flexible circuit board and packaging chipset	CN
US20120025365A1 (2010)**	Haba Belgacem Tessera Research Llc	Microelectronic packages with nanoparticle joining	US
CN101378048A (2007)	Chipmos Technologies Bermuda	Packaging structure for stacking multiple chips	CN
CN1933147A (2005)	Nanmao Science & Technology Co	Chip packaging body and stack chip packaging structure	CN
US20050133916A1 (2004)**	Stats Chippac Inc	Multiple chip package module having inverted package stacked over die	JP, KR, TW, US
US20040031972A1 (2003)**	Tessera Inc	Stacked packages	AU, DE, JP, US
US20020096755A1 (2002)**	Sharp Kk Fukui Y Narai A	Semiconductor device	JP, KR, TW, US
US20020096785A1 (2002)	Nec Electronics Corp	Semiconductor device having stacked multi chip module structure	JP, KR, US
US20020024146A1 (2001)	Lenovo Innovations Ltd (Hong Kong)	Semiconductor device	JP, US
US20020027295A1 (2001)	Fujitsu Ltd	Stacked semiconductor device and method of producing the same	JP, US
US20020030263A1 (2001)	Salman Akram	Multiple die stack apparatus employing T-shaped interposer elements	US
US6437449B1 (2001)	Amkor Technology Inc	Making semiconductor devices having stacked dies with biased back surfaces	US
US6333562B1 (2000)	Advanced Semiconductor Engineering Inc	Multichip module having stacked chip arrangement	US
US6340846B1 (2000)	Amkor Technology Inc	Making semiconductor packages with stacked dies and reinforced wire bonds	US
US6388264B1 (2000)	Pace Benedict G	Optocoupler package being hermetically sealed	US
US6100594A (1998)	Sharp Corp	Semiconductor device and method of manufacturing the same	JP, US
US5994166A (1997)	Micron Technology Inc	Method of constructing stacked packages	US
JP10027880A (1996)	Shinkou Arufuretsushiyu Kk	New window frame mount apparatus for remodelled window frame	JP
US5681777A (1996)	Lsi Corp	Process for manufacturing a multi-layer tab tape semiconductor device	JP, US
US5990545A (1996)	3m Innovative Properties Co	Chip scale ball grid array for integrated circuit package	AT, AU, CA, CN, DE, EP, HK, JP, KR, MY, NO, TW, US
US5545893A (1994)	Motorola Solutions Inc	Optocoupler package and method for making	JP, US
US5734555A (1994)	Intel Corp	Shared socket multi-chip module and/or piggyback pin grid array package	US
US5422435A (1992)	National Semiconductor Corp	Stacked multi-chip modules and method of manufacturing	DE, EP, JP, US
US5057767A (1990)	General Electric Co	Optical communications light shield for energy meter	US
US4672421A (1986)	Motorola Solutions Inc	Semiconductor packaging and method	US
US4776659A (1985)	Mruk Walter S	Optical coupler integrated with light emitter and detector units	US
US4124860A (1976)	Optron Inc	Optical coupler	US

Número Patente (Ano de Depósito)	Titular	Título da Patente	Mercados de Proteção
US4247790A (1976)	Abb Daimler Benz Transportation North America Inc	Failsafe train vehicle control signal threshold detector apparatus	BR, CA, ES, IT, JP, US

Legenda: AT=Áustria; AU=Austrália; BR=Brasil; CA=Canadá; CN=China; DE=Alemanha; EP=Escritório Europeu de Patentes; ES=Espanha; HK=Hong Kong; IT=Itália; JP=Japão; KR=Coreia do Sul; MY=Malásia; NO=Noruega; TW=Taiwan; US=Estados Unidos; *=Patente TMEP; **=Patente com maiores centralidades de intermediação

Já a segunda TMEP, definida na patente US20170012021A1 de título “*Structures and methods for low temperature bonding*”, vem de uma rota sustentada por patentes sobre acoplador óptico hermeticamente selado, chips semicondutores com unidades empilhadas e montagem de pacotes microeletrônicos. Assim, a TMEP apresenta um método para fazer a montagem do pacote microeletrônico com a justaposição da superfície do elemento condutor e a elevação da temperatura nas interfaces dos primeiros e segundos elementos condutores justapostos à temperatura de junção. Esta patente foi depositada e concedida em 2017 para a Invensas Corp (INVENSAS, 2018), empresa constituída em 2008 com sede em San Jose na Califórnia e que adquire, desenvolve e monetiza propriedade intelectual estratégica em projetos de circuitos, sistemas 3-D, módulos de memória e outras tecnologias. A Invensas também trabalha no desenvolvimento de tecnologias sobre semicondutores para produtos avançados de mobilidade e armazenamento. Além da proteção nos Estados Unidos, esta patente também foi depositada em PCT e na China. Assim como a outra TMEP dessa rota, a Invensa optou por desenvolver esta patente exclusivamente no seu P&D. De uma forma em geral, esta rota tem uma quantidade ínfima de patentes desenvolvidas em cooperação (7%).

4.3.3 Discussão dos resultados sobre as rotas tecnológicas

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que as RT analisadas são predominantemente americanas e japonesas e que tais países fornecem atualmente as principais bases tecnológicas para as TMEP sobre energia PV (Tabela 47), uma vez que investiram antecipadamente no desenvolvimento deste tipo de tecnologia ao longo dos últimos anos (WIPO, 2018). Essa desenvoltura é reforçada nos estudos que apontam que a indústria PV é uma combinação de processos de inovação globais e nacionais (ZHANG; GALLAGER, 2016) e incentivos governamentais (SAHU, 2015; ZHAO; CHEN; CHANG, 2016).

Tabela 47 - Resumo das principais características das rotas tecnológicas de patentes PV

Rota Tecnológica (Cor)	Principais Tópicos	Patentes de Maior Influência na RT	Principais Mercados de Interesse	Tecnologias base	Nível de Cooperação das patentes na RT
Camadas de polímeros encapsuladas para proteção de células PV (Amarelo)	<i>layer, polymer, solar, material, copolymer, comprise, cell, film, module, encapsulant</i>	- US20050279401A1 (<i>Multilayer ionomer films for use as encapsulant layers for photovoltaic cell modules</i>) - US20080023064A1 (<i>Solar cell encapsulant layers with enhanced stability and adhesion</i>) - US20090120489A1 (<i>Encapsulating material for solar cell</i>)	US, JP, EPO, CN, KR	Módulos de bateria solar para geração de energia e artigos termo retráteis feitos de resina adesiva	39%
Métodos de produção e dispositivos de circuitos integrados (Azul)	<i>substrate, layer, surface, wafer, semiconductor e chip</i>	- US20050046002A1 (<i>Chip stack package and manufacturing method thereof</i>) - US20070138498A1 (<i>Methods and apparatus for packaging integrated circuit devices</i>) - US20090212381A1 (<i>Wafer level packages for rear-face illuminated solid state image sensors</i>)	US, JP, UK, EPO	Dispositivos semicondutores de baixo custo, método para vedação e testes elétricos de dispositivos eletrônicos, estruturas de chumbo microeletrônicas com camadas dielétricas	7%
Semicondutores de alta resistência ao calor (Azul Claro)	<i>semiconductor, power, device, heat, substrate e electric</i>	- JP2009272482A (<i>Semiconductor device</i>) - JP2012191010A (<i>A semiconductor device and its manufacturing method</i>)	JP, US, DE, CN, KR, EPO	Sistemas de refrigeração de semicondutores e melhorias de condutividade térmica, semicondutores usados como inversores e modelos de dispositivos baseados de camadas para isolamento e vedação	6%
Pluralidade de elementos de conversão fotoelétricos com superfície fotossensível (Laranja)	<i>layer, gate, device, substrate, electrodes e plurality</i>	- US6376868B1 (<i>Multi-layered gate for a CMOS imager</i>) - US20060011955A1 (<i>Pixel cell having a grated interface</i>) - US20070045685A1 (<i>Method and apparatus providing integrated color pixel with buried sub-wavelength gratings in solid state imagers</i>) - US20090272880A1 (<i>Guided-mode-resonance transmission color filters for color generation in cmos image sensors</i>) - US20110108938A1 (<i>Sensor having waveguides formed in color filters</i>)	US, JP, CN, EPO, TW	Estruturas de eletrodos CCD polissilício, células de sensor de semicondutor de óxido de metal e sistemas de processamento de imagem usado em aplicações de imagens de foto	12,5%

Rota Tecnológica (Cor)	Principais Tópicos	Patentes de Maior Influência na RT	Principais Mercados de Interesse	Tecnologias base	Nível de Cooperação das patentes na RT
Mecanismos de montagem de módulos solares (Marrom)	<i>air, solar, heat, mounting, cooling, water e module</i>	<ul style="list-style-type: none"> - US20040163338A1 (<i>Low profile mounting system</i>) - US20060086382A1 (<i>Mechanism for mounting solar modules</i>) - US20110209745A1 (<i>Photovoltaic framed module array mount utilizing asymmetric rail</i>) 	US, CN, EPO, JP, CA, UK	Sistemas de montagem de painéis PV, montagem de módulos solares removíveis, ajustáveis ou utilizando trilhos assimétricos	14%
Métodos de produção e utilização de células solares (Rosa)	<i>layer, solar, substrate, cell, electron, conductor, semiconductor, alkyl, electrode e quantum</i>	<ul style="list-style-type: none"> - US20060021647A1 (<i>Molecular photovoltaics, method of manufacture and articles derived therefrom</i>) - US20100051092A1 (<i>Solar cell having hybrid heterojunction structure and related system and method</i>) - US20100326499A1 (<i>Solar cell with enhanced efficiency</i>) 	US, JP, WO, CN, KR	Dispositivos fotovoltaicos baseados em um novo copolímero, sistemas fotovoltaicos moleculares e componentes análogos de ftalocianina, estruturas de heterojunção híbrida entre materiais orgânicos / inorgânicos e células solares com camada isolante porosa	17%
Células PV de contato reverso e métodos de fabricação (Verde)	<i>layer, surface, semiconductor, substrate, silicon e conductive</i>	<ul style="list-style-type: none"> - US20040200520A1 (<i>Metal contact structure for solar cell and method of manufacture</i>) - US20050016585A1 (<i>Manufacturing a solar cell with backside contacts</i>) - US20060130891A1 (<i>Back-contact photovoltaic cells</i>) US20070186970A1 (<i>Solar cell and method of fabricating the same</i>) 	US, JP, CN, WO	Fabricação de estruturas para células solares de contato reverso, passando por métodos baseados em substrato monocristalino de silício com filme de isolamento e células híbridas de polisilício, novas propostas de produção de células solares de camada heterojunção de contato posterior	37,5%
Sistemas, métodos e aparelhos para células solares térmicas fotovoltaicas (Verde Claro)	<i>Solar, photovoltaic, cell, energy, layer, system, semiconductor e lens</i>	<ul style="list-style-type: none"> - US6058930A (<i>Solar collector and tracker arrangement</i>) - US20060283497A1 (<i>Planar concentrating photovoltaic solar panel with individually articulating concentrator elements</i>) - US20100288332A1 (<i>Solar photovoltaic concentrator panel</i>) - US20110114154A1 (<i>Receiver for concentrating photovoltaic-thermal system</i>) 	US, JP, EPO, WO, CN	Células solares com diodo, método de derivação integrado e painéis fotovoltaicos com elementos concentradores individualmente articulados	9,5%

Rota Tecnológica (Cor)	Principais Tópicos	Patentes de Maior Influência na RT	Principais Mercados de Interesse	Tecnologias base	Nível de Cooperação das patentes na RT
Métodos e aparelhos para fundição de silício para células PV (Vermelho)	<i>Silicon, crucible, temperature, ingot, quartz e polycrystalline</i>	<ul style="list-style-type: none"> - US20100140558A1 (<i>Apparatus and Method of Use for a Top-Down Directional Solidification System</i>) - CN102021650A (<i>Producing method of large-scale polycrystalline ingot</i>) - CN103469293A (<i>Preparation method of polycrystalline</i>) - CN104018219A (<i>A preparation method of narrow high-efficiency polycrystalline silicon chip</i>) 	JP, US, CN	Métodos e aparelhos para fabricação de corpos de silício fundido multicristalino geométrico, sistema de solidificação direcional top-down, produção de blocos policristalinos em larga escala	9%
Tecnologias sobre semicondutores baseados em múltiplos chips (Violeta)	<i>Chip, semiconductor, circuit, substrate, surface, package, conductor e plurality</i>	<ul style="list-style-type: none"> - US20020096755A1 (<i>Semiconductor device</i>) - US20050133916A1 (<i>Multiple chip package module having inverted package stacked over die</i>) - US20040031972A1 (<i>Stacked packages</i>) - US20120025365A1 (<i>Microelectronic packages with nanoparticle joining</i>) 	US, JP	Métodos de produção de semicondutores empilhados, semicondutores com matrizes empilhadas com superfícies inclinadas, módulos multi-chip empilhados e acoplador óptico hermeticamente selado	7%

Fonte: Elaboração própria

Para as TMEP identificadas nas RT (Tabela 48), 69% dos titulares têm origem asiática (10), 18% americana (3), 18% europeia (3) e 5% neozelandesa (1). Além de se destacarem como titulares de TMEP, as empresas Rohm Co Ltd, Fuji Electric, Mitsubishi Electric Corp, Commissariat Energie Atomique, LG Electronics Inc e Infineon Technologies também foram identificadas como relevantes agentes de cooperação, conforme visto nas seções anteriores. Essas duas variáveis colocam tais empresas em destaque no contexto atual de desenvolvimento de energia PV. Embora estes titulares cooperem de forma mais intensa que os demais, o poderia levar a inferir a identificação de um maior processo de colaboração, tais parcerias ocorrem entre empresas subsidiárias (Jinko Solar e Jinko Solar Holding).

Em relação as TMEP em energia PV, estas tem sido preferencialmente resultados de esforços exclusivos dos P&Ds de cada empresa. Considerando-se o portfólio de patentes mais recentes, bem como as novas políticas estabelecidas pelos diversos países nos últimos anos, esperava-se um resultado de cooperação bem mais intenso, diferente das conclusões obtidas. Dessa forma, as constatações aqui corroboram com os resultados obtidos por Lei et al. (2014) que apontavam baixa ocorrência da colaboração e, quando esta ocorre em sua maior parte são colaborações entre unidades da mesma corporação. Pode-se concluir que a indústria de desenvolvimento PV é predominantemente fechada, especialmente para as tecnologias potencialmente disruptivas, como aquelas aqui definidas como TMEP.

Destaca-se que 53% das TMEP (9) foram depositadas em mais de um mercado, sendo Estados Unidos (38%), China (31%), Japão (10%) e Alemanha (7%) os países de maior interesse de proteção. Estes mesmos países são os maiores geradores de energia PV (IEA, 2018a), o que leva a concluir que o interesse das empresas em proteger suas tecnologias em um determinado país pode estar relacionado aos incentivos e investimentos que tal país faz na produção de energia PV. Ou seja, o incentivo à produção de energia solar PV, pode indiretamente aumentar o incentivo ao desenvolvimento interno deste tipo de tecnologia. Conseqüentemente, os atuais titulares de patentes PV buscariam proteger suas invenções nestes mercados.

Tabela 48 - Resumo das TMEP

Rota Tecnológica (Cor)	TMEP	Ano de Depósito	Tecnologia	Titular	Mercado de Proteção
Camadas de polímeros encapsuladas para proteção de células PV (Amarelo)	WO2016030865A1 (US20170233587A1) <i>Fire retarding system and protective layers or coatings</i>	2016	Tecnologia de multicamada usado para revestir superfícies, como por exemplo células fotovoltaicas, compreendendo pelo menos duas camadas (uma transportadora e outra polímero)	ZinniaTek Ltd	US, CN
Métodos de produção e dispositivos de circuitos integrados (Azul)	US20170053903A1 <i>Optical semiconductor device</i>	2016	Dispositivo semiconductor óptico com substrato que inclui recesso embutido na superfície principal, e inclui a superfície inferior do recesso lateral emissor de luz ao qual o componente emissor de luz semiconductor é descartado	Rohm Co Ltd	US, JP
Semicondutores de alta resistência ao calor (Azul Claro)	WO2016158020A1 <i>Semiconductor module</i>	2016	Módulo semiconductor para dispositivo conversor de energia com fluxo refrigerador por aletas	Fuji Electric	JP, US, CN
	WO2017168756A1 <i>Semiconductor apparatus</i>	2017	Dispositivo semiconductor de energia elétrica conectado com conexões em diferentes níveis do substrato condutor	Mitsubishi Electric Corp	JP
Pluralidade de elementos de conversão fotoelétricos com superfície fotossensível (Laranja)	US20140110713A1 <i>Electronic device and method of fabricating the same</i>	2013	Dispositivo eletrônico que possui eletrodos de contato posicionados em região ativa e definida por camada de filtro de cor, camada dielétrica e camada microlente	Unimicon Technology Corp	US, TW
Mecanismos de montagem de módulos solares (Marrom)	US20140202525A1 <i>Solar module mounting bracket and assemblies</i>	2014	Suporte para montagem de módulos solares em superfície, com parte do pé afixado na parede e o apoio configurado para ser acoplado ao pé e para fixar a estrutura do suporte ao trilho	SunEdison LLC	US
Métodos de produção e utilização de células solares (Rosa)	US20160285032A1 <i>Optoelectronic component, method for operating an optoelectronic component, and method for producing an optoelectronic component</i>	2016	Modelo de componente optoeletrônico para uso como OLED cuja substância ativa é formada para converter a primeira substância condutora elétrica e/ou segunda condutora em substância não condutora elétrica	Osram Oled	US, DE
	WO2016132062A1 <i>Structure for photovoltaic devices having an intermediate bandgap</i>	2016	Método para a estrutura de fabricação de células solares	Commissariat Energie Atomique	US, FR

Rota Tecnológica (Cor)	TMEP	Ano de Depósito	Tecnologia	Titular	Mercado de Proteção
Células PV de contato reverso e métodos de fabricação (Verde)	US20160197204A1 <i>Solar cell and method for manufacturing the same</i>	2016	Célula solar formada por um substrato semicondutor cristalino contendo impurezas de um primeiro tipo condutor, uma camada de túnel posicionada no substrato semicondutor cristalino e uma camada semicondutora na camada do túnel	LG Electronics Inc	US, KR
Sistemas, métodos e aparelhos para células solares térmicas fotovoltaicas (Verde Claro)	US20140216523A1 <i>Concentrating photovoltaic-thermal solar energy collector</i>	2014	Coletor de energia solar que tem um refletor e receptor acoplados juntos sobre o eixo de rotação que direciona o refletor na melhor posição para concentração da radiação solar nas células	Cogenra Solar	US
	CN105633197A <i>Manufacturing method of photovoltaic-thermal solar cell</i>	2016	Método para a fabricação de célula solar fotovoltaica de eficiência térmica composta por uma sequência rotativa de filme de semicondutores fotovoltaicos de sulfeto de cádmio com uma ordem específica de camada de metal condutor	Yang Yongqing	CN
Métodos e aparelhos para fundição de silício para células PV (Vermelho)	CN105063751A <i>Cast ingot manufacturing method</i>	2015	Método de seleção de areia de quartzo de um mesmo tamanho e de alta pureza, espalhando-se no fundo do cadinho, fixando a areia de quartzo de alta pureza para o derretimento e o crescimento de cristais	Jinko Solar Jinko Solar Holding (*)	CN
	CN105177710A <i>Manufacturing method for novel full-melting efficient crucible</i>	2015	Método de produção de células solares com cadinho de alta eficiência para derretimento total	Zhenjiang Huantai Silicon Technology	CN
	CN105648528A <i>Novel high-purity quartz crucible and preparation method thereof</i>	2016	Cadinho de quartzo de alta pureza composto por um corpo principal e revestimento cerâmico na superfície interna	Sinofusion Solar Performance Materials	CN
	CN106087065A <i>Annealing process for polycrystalline silicon cast ingot</i>	2016	Método de recozimento de lingote de silício policristalino redução da temperatura de aquecimento do forno, mas com preservação do calor	Xi'an Huajing Electronic Technology	CN
Tecnologias sobre semicondutores baseados em múltiplos chips (Violeta)	CN104882440A <i>Semiconductor Device Having Multiple Chips Mounted to a Carrier</i>	2015	Dispositivo de semicondutor de potência montada em chip, com um condutor elétrico acoplado com eletrodo e que é formado sobre a borda da parte de projeção da superfície do chip semicondutor e montado na superfície superior da portadora de chip.	Infineon Technologies	DE, US, CN
	US20170012021A1 <i>Structures and methods for low temperature bonding</i>	2017	Método para montagem do pacote microeletrônico com a justaposição da superfície do elemento condutor e a elevação da temperatura nas interfaces dos primeiros e segundos elementos condutores justapostos à temperatura de junção.	Invensas Corp	US, CN

Fonte: Elaboração própria

Referente as TMEP baseado no resumo fornecido na tabela 48, constatou-se que estão concentradas, sendo 47,1% em dispositivo para conversão de radiação em energia, 29,4% em métodos de montagem de células solares e 23,5% em materiais de silício, onde os esforços tecnológicos buscam métodos de produção e tecnologias que permitam maior eficiência (PANDEY et al., 2016; SAMPAIO; GONZÁLEZ, 2017), bem como um menor custo de produção e, assim massificar o uso das tecnologias PV (OBI; BASS, 2016; HAEGEL et al., 2017).

Por último, conclui-se que a situação da China tem influenciado o mercado PV não pela sua capacidade de inovação tecnológica, mas sim pela sua elevada demanda de consumo, velocidade nas ações e decisões, e principalmente pela sua capacidade de gerar escala e baixar custos de produção de tecnologias PV, corroborando os estudos de Quitzow, Huenteler e Asmussen (2017). Consequentemente, empresas chinesas são grandes competidores do mercado PV no que se referente à produção e comercialização, mas, até o momento, não no desenvolvimento deste tipo de tecnologia, ficando atrás dos japoneses e americanos. Além disso, suas patentes são resultado de tecnologia proprietária, sem esforços de colaboração e referenciam prioritariamente as próprias patentes chinesas. Pode haver uma questão de idioma que impede ou dificulta uma maior pesquisa sobre as tecnologias PV além das fronteiras chinesas, o que não deixa de ser mais um ponto de atenção neste contexto, uma vez que em C&T o idioma não ou pelo menos não deveria ser uma barreira. Corroborando com esta constatação, outros autores também apontam problemas críticos no modelo Chinês tais como, o esquema de incentivos do mercado, o modelo da P&D pública, os padrões técnicos e de integração das redes impedem o desenvolvimento ambientalmente sustentável da tecnologia PV na China (HUO; ZHANG, 2012). A P&D da energia renovável na China baseia-se principalmente na importação, absorção, digestão e modificação de tecnologias estrangeiras e são fracas em termos de competitividade tecnológica e capacidade de inovação (YANG et al., 2016).

Dessa forma, a China e suas empresas não são os principais atores no desenvolvimento de PV e isso se comprova neste estudo por meio das bases tecnológicas que suportam as RT bem como as TMEP identificadas aqui. No entanto, nos próximos anos, poderá se tornar a principal base tecnológica sobre energia solar PV, uma vez que já é o maior depositante deste tipo de patente (WIPO, 2018), tem investido fortemente em processos de inovação (ZHANG; GALLAGER, 2016), tem sido suportada por políticas públicas e subsídios governamentais de fomento ao desenvolvimento de tecnologias de geração de energia limpa (HUO; ZHANG,

2012; ZHAO; CHEN; CHANG, 2016) e já tem patentes chinesas despontando como tecnologias emergentes e promissoras conforme resultados deste estudo. Ou seja, a China é um ator a ser monitorado constantemente.

4.4 BRASIL NO CONTEXTO DA INOVAÇÃO SOBRE ENERGIA PV

Nesta seção, discute-se a participação do Brasil no contexto de desenvolvimento de tecnologias sobre energia PV, em duas vertentes: uma delas referente ao potencial do país para consumo e produção de energia PV e outra, sobre a real importância e influência do Brasil no desenvolvimento de inovações solar PV.

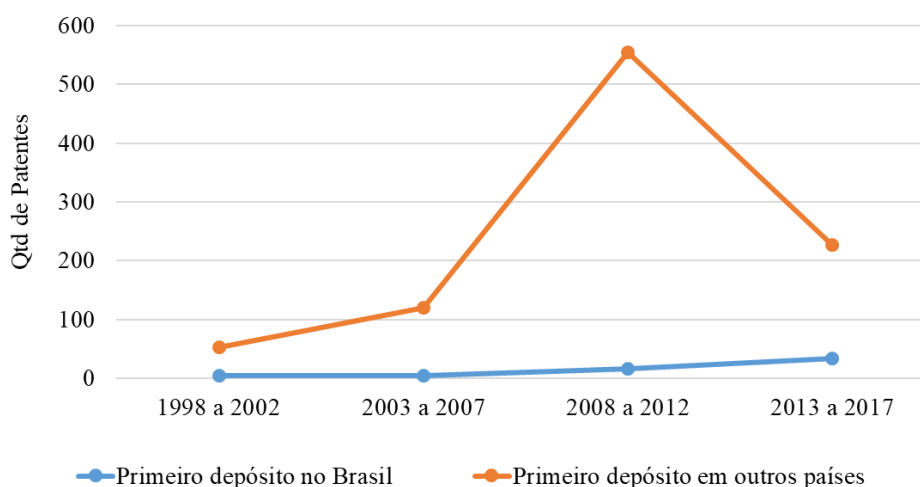
É sabido que o Brasil, um país de dimensões continentais e clima predominante tropical, com um grande potencial de produção de energia PV. O Atlas de Energia Solar (PEREIRA et al., 2017) destaca o alto nível e a baixa variabilidade da irradiação solar do Brasil quando comparado com países como Alemanha, Espanha, França, Itália e Portugal. Região Nordeste supera até mesmo países ibéricos, o que coloca o país em uma situação privilegiada para geração de energia solar. Nos últimos anos, foram adotadas algumas políticas de incentivos para: (i) geração centralizada: como leilões de compra de energia solar, descontos nas tarifas de uso e comercialização direta de energia com consumidores com carga acima de 500 kW; (ii) geração distribuída: criação do sistema de compensação energética para unidades consumidoras com geração de até 5 MW; provimento de linhas de crédito via BNDES para aquisição de painéis solares para empreendimentos de maior porte (NASCIMENTO, 2017).

Apesar disso, a energia solar PV em 2018 foi responsável por apenas de 0,5% da geração brasileira de energia elétrica (333 MWmed) conforme dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2019), sendo o restante da geração energética provida por fontes hidrelétrica (69,9%), térmica (19,8%), eólica (7,4%) e nuclear (2,8%). Em 2017, a energia solar correspondeu à 0,1 do total gerado pelo país (74 MWmed). Embora seja um crescimento significativo, a geração de eletricidade por meio da radiação solar ainda está muito aquém do potencial do Brasil e quando comparado a outros países menos privilegiados quanto à geografia e clima. Além disso, tamanha dependência da geração hidrelétrica, pode causar um verdadeiro caos econômico e social quando ocorrem longos períodos de seca. Dessa forma, o Brasil corre o sério risco de perder a oportunidade de ser um ator relevante no cenário mundial de energia PV. Possivelmente ofuscada pelos investimentos já realizados nas usinas hidrelétricas e encarcerado em outros interesses políticos, carece ao país políticas públicas claras que efetivamente promovam uma maior diversificação da sua matriz energética, assim como

ocorreu com a concepção da malha hidrelétrica que colocou o país entre os três maiores geradores de energia a partir deste tipo de fonte (IEA, 2018, p. 5). Pereira et al. (2017) reforçam que o aproveitamento dos recursos solares seria uma excelente opção em complemento às fontes energéticas já consolidadas no Brasil, além de favorecer o controle hídrico nos reservatórios e possibilitarem melhor planejamento e otimização de novos investimentos em geração, transmissão e distribuição da energia. Ressalta ainda um aspecto social de muita relevância ao país, que seria a inclusão de regiões carentes e vulneráveis aos efeitos climáticos como o Nordeste, podendo ainda reduzir antigos problemas relacionados inclusão social e econômica da população.

Na vertente de desenvolvimento de tecnologias PV, a situação também não é de destaque. Ocorreram ao longo do período analisado, 954 depósitos de patentes no Brasil, sendo 58 delas depositadas primeiramente no país. Considerando o total de 138.985 patentes PV obtidas na base original desta pesquisa, apenas 0,68% dos depósitos tiveram como mercado alvo de proteção o Brasil, expondo assim um retrato complementar da forma como o país é visto em termos de mercado de interesse para proteção nesta área, bem como a maneira tímida em que as próprias organizações brasileiras têm investido no desenvolvimento de tecnologias PV (Figura 76). Assim, concluiu-se que esse desinteresse pelo Brasil remete a dois pontos: (i) os principais desenvolvedores de tecnologias PV não veem o país com conhecimento e habilidade para copiar suas patentes e por isso optam por não proteger suas tecnologias neste mercado; (ii) o desinteresse pelo Brasil reflete no seu isolamento no que tange às relações de cooperação para o desenvolvimento de tecnologias PV.

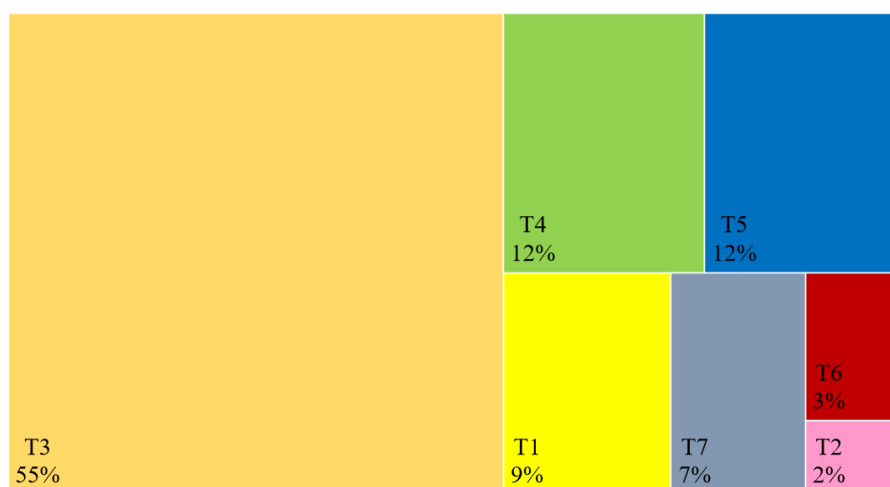
Figura 76 - Evolução dos depósitos de patentes PV no Brasil



Fonte: Elaboração própria.

No que tange as tecnologias protegidas no Brasil (Figura 77), observa-se que o interesse segue o padrão geral das invenções de PV, sendo predominante as patentes sobre *Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica*. Tecnologias sobre materiais e composição de células solares DSSC e silício são pouco protegidas no mercado nacional, o que pode ser uma oportunidade para inovações a serem exploradas pelas empresas e centros de pesquisa instalados no Brasil.

Figura 77 - Tecnologias PV mais depositadas no Brasil



Fonte: Elaboração própria.

Legenda: T1=Carregamento de baterias; T2=Células solares sensibilizadas por corante (DSSC); T3=Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica; T4=Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares; T5=Montagem de uma pluralidade de células solares; T6=Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares; T7=Silício; crescimento de cristal simples

Dentre as organizações que têm protegido suas invenções no Brasil (Tabela 49). Há de se considerar que a maior parte destas patentes são desenvolvidas em cooperação com outras organizações não brasileiras. Nota-se ainda um interesse de empresas francesas e americanas, o que pode ser uma oportunidade para futuros acordos de cooperação.

Sob uma ótica externa, não há consenso a respeito do país, enquanto Zhang et al. (2017) apontam que o Brasil está se tornando um mercado emergente de energia solar e que o governo tem feito esforços para implantar políticas públicas, mas é preciso compreender melhor a singularidade e as características do mercado brasileiro. Outros autores reforçam as grandes limitações que ainda obstruem o caminho do Brasil rumo a geração de energia solar PV mais representativa dentro da sua matriz energética. Dentre estas limitações são citadas barreiras financeiras, percepção de altos custos para investimento (PAO; FU, 2013), baixo incentivos fiscais, especialmente para geração descentralizada (ECHEGARAY, 2014; NASCIMENTO, 2017). As iniciativas desenvolvidas até o momento são insuficientes para alavancar a geração

de energia PV distribuída em larga escala em consonância com o potencial do país (CAMILO et al., 2017). Este mesmo autor constata ainda a relevância de se formular políticas de fomento ao desenvolvimento, inovação e produção de sistemas fotovoltaicos e que tal ação poderia trazer para dentro do país todo o ciclo de produção e pesquisa necessários para reduzir custos gerais e assim massificar o uso das tecnologias PV, quebrando uma dependência de tecnologias importadas.

Tabela 49 - 10 maiores depositantes de patentes PV no Brasil

Titular	País de Titular	Qtd	% Coop
Guardian Industries	US	46	33%
Commissariat Energie Atomique	FR	40	70%
Saint Gobain	FR	34	21%
Dow Global Technologies Llc	US	30	70%
Sony Corp	JP	24	54%
Univ Princeton	US	23	26%
Centre Nat Rech Scient	FR	20	100%
Mag Instr Inc	US	14	0%
Koninklijke Philips Electronics	NL	14	79%
Total Sa	FR	11	91%

Fonte: Elaboração própria.

Nesta linha, os resultados destas pesquisas reforçam a insignificância do Brasil na cadeia de desenvolvimento de tecnologias PV, seja pela quantidade de patentes produzidas internamente (apenas 58 patentes num universo de 138.985 patentes PV), pela desconsideração de organizações de outros países em proteger suas inovações sobre energia PV no mercado brasileiro (apenas 954 patentes, 0,68% do total) ou ainda pelo desinteresse em cooperar com organizações brasileiras.

Apesar da baixa taxa de colaboração para o que é produzido internamente (22,4%), para o que é produzido em parceria, nota-se uma participação considerável de universidades (Tabela 50). Este comportamento é ressaltado por Pereira et al. (2018) ao considerar o papel crítico das universidades e no estímulo à pesquisa e desenvolvimento tecnológico que resultam em novas tecnologias.

Tabela 50 - Patentes depositadas primeiramente no Brasil e desenvolvidas em cooperação

Patente	Ano Depósito	Relação de Cooperação	Título	Tecnologia
BR200305898A	2003	USP ↔ FAPESP	Cela espectroeletroquímica	Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)
BRPI1101644A2	2011	Termopernambuco SA ↔ Univ Fed de Campina Grande	Topologia híbrida para iluminação alimentada por geradores fotovoltaicos	Carregamento de baterias
BR102012012825A2	2012	Unicamp ↔ Unifesp	Processo de aglutinação de pós de materiais magnéticos, massa magnética assim obtida e uso em dispositivos termomagnéticos	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica
BR102012021508A2	2012	Ubea ↔ Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energ Elétrica ↔ Eletrosul Centrais Elétricas SA	Planta piloto para produção de módulos fotovoltaicos com tecnologia nacional	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica
BR102013001233A2	2013	Neto Nilo Cottini ↔ Peruzzo do Prado Ricardo ↔ Nabeiro de Campos Ana Carolina ↔ Brunello Napoli Lucas	Dessalinizador movido a energia solar	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica
BR102013026789A2	2013	Companhia Energética de Pernambuco ↔ Univ Fed do Pernambuco	Controle supervisor para sistemas com energia renovável	Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares
BR102013032779A2	2013	Cia Ferroligas Minas Gerais Minasligas ↔ Inst de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	Processo e equipamento para purificação de silício por solidificação direcional	Silício; crescimento de cristal simples
WO2014085886A1	2013	Unicamp ↔ Nogueira Ana Flávia ↔ Almeida Luiz Carlos Pimentel	Processo para produzir filmes finos de multicamadas, filmes finos de multicamadas, células solares fotoeletroquímicas orgânicas e uso das células solares fotoeletroquímicas orgânicas	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica
BR102014005386A2	2014	Associação Beneficente da Ind Carbonífera de Santa Catarina ↔ Univ Fed Santa Catarina	Sistema integrado de iluminação baseado em LEDs de alto brilho e alimentado por sistema híbrido: placas fotovoltaicas, miniaerogeradores e energia elétrica da rede de	Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares
BR102014017818A2	2014	Andrade Antônio Carlos Bender ↔ Márcia Regina Pisoni Andrade	Painel solar fotovoltaico	Montagem de uma pluralidade de células solares
BR102014026436A2	2014	Baes Energética Barra Grande S A ↔ Campos Novos En S A ↔ Fundação Educacional de Criciúma ↔ Serra do Facão Energia SA	Processo para fabricação de dispositivo de células solares orgânicas	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica
BR202015022104U2	2015	Alessandra Rodrigues dos Santos ↔ Douglas Mezuraro ↔ Fabricio Roger Pereira ↔ Joao Lucas de Souza Padoan ↔ Matheus Yukio Kassada Ito ↔ Natan Marcelino Goes ↔ Thamirez Coutinho da Silva	Disposição construtiva aplicada em carregador de equipamentos eletrônicos	Carregamento de baterias

Fonte: Elaboração própria.

Em resumo, apesar da posição geográfica e abundância de radiação solar, o Brasil atualmente ainda é refém do seu consolidado modelo de geração de energia baseado em hidrelétricas e a necessidade de minimizar com urgência a dependência desse tipo de fonte energética (DE JONG et al., 2013). A falta de apoio público e financiamento à pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias PV coloca o país na inércia da dependência tecnológica estrangeira (DE MARTINO JANNUZZI; DE MELO, 2013; DE FARIA JR; TRIGOSO; CAVALCANTI, 2017). Soma-se a isso, o modelo altamente regulado adotado no Brasil do qual limita as perspectivas de parcerias, inovações e novos modelos de negócio. Assim, o país carece urgentemente de políticas públicas e programas de subsídio que incentivem o uso de energia limpa e gerada a partir de fontes PV (CAMILO et al., 2017, NASCIMENTO, 2017). Fica claro que, apesar das limitações observadas nos resultados obtidos nesta pesquisa, assim como das atuais políticas públicas de incentivo ao uso de energia PV, o Brasil ainda pode agir e se estruturar rapidamente para avançar no desenvolvimento de energia solar PV sob a pena de ficar refém de apenas uma fonte energética, além da dependência de tecnologias estrangeiras, limitando assim sua atuação no cenário mundial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa possibilitou aprofundar aspectos até então avaliados de forma separada pela literatura, pois ora se analisava a cooperação entre países, ora se discutiam tendências sobre energia PV. No entanto, o arcabouço deste trabalho se propôs investigar diferentes características sobre as inovações tecnológicas sobre energia solar PV. Para isso, foram selecionadas patentes sobre tecnologias PV classificadas como energias verdes no *IPC Green Inventory*, das quais foram tratadas utilizando técnicas de ARS para obtenção dos resultados. Assim foi possível caracterizar as relações de cooperação entre os titulares de patentes PV bem como determinar a configuração das rotas e tecnologias mais emergentes e promissoras sobre energia solar PV. As contribuições deste trabalho podem ser resumidas nos domínios teórico, empírico e metodológico que são apontadas a seguir.

As contribuições teóricas incluem que as estatísticas gerais das patentes PV confirmaram China, Japão e Estados Unidos como os principais países de depósitos deste tipo de tecnologia. Vale ressaltar que a representatividade da produção tecnológica dos países asiáticos atingiu 69% do total de patentes PV. Com especial destaque para a ascensão chinesa a partir de 2007, resultado de políticas públicas de incentivo e financiamento à inovação, formação de talentos e aquisição de tecnologias. Paralelamente, a China também tem investido na produção interna de energia solar PV por meio da instalação de grandes parques fotovoltaicos, aproveitando assim sua demanda interna e buscando consolidar fontes energéticas alternativas. Essa tríade formada por alta demanda interna, necessidade de fontes renováveis não poluentes e incentivos dos governos, são importantes impulsionadores para o desenvolvimento de inovações tecnológicas PV na China e devem ser observados por outras nações com características semelhantes, como é o caso do Brasil. Não menos importante, Estados Unidos e Japão têm grande representatividade no desenvolvimento de patentes PV e são atualmente os países com tecnologias mais maduras nessa área. Tais países, historicamente fomentam a pesquisa e estabelecem políticas públicas de incentivo à criação e adoção de energia PV. Tais mercados podem ser considerados como maduros no desenvolvimento de tecnologias PV. No entanto, nota-se um declínio na produção de patentes no Japão, possivelmente em função da concorrência próxima da China, e os Estados Unidos, fortemente influenciada pela postura do governo Trump.

Outro ponto de contribuição teórica refere-se às tecnologias mais comumente produzidas, sendo as patentes sobre “Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica” predominante na maioria dos países. A exceção a isso cabe à

China, que novamente se destaca por desenvolver tecnologias sobre “Carregamento de baterias” numa proporção muito superior do que outros países. Diante das limitações de armazenamento de energia PV utilizando as tecnologias atuais sobre baterias, os chineses, de alguma forma, já estão antevendo esses desafios e trabalhando no desenvolvimento de inovações nessa área. Apesar das diversas críticas ao modelo chinês de produção de conhecimento (artigos científicos) e tecnologias (patentes), há de se considerar a importância que a China torna o mercado PV mais competitivo, especialmente quando se considera sua agilidade, escalabilidade e baixos custos de produção. Assim, é um país que deve ser constantemente observado nessa área de energias PV.

Dentre os 20 maiores titulares depositantes de patentes PV, a maioria (70%) é composta por organizações japonesas, sendo as demais sul-coreanas, francesa, americana e chinesa. No que tange o perfil dos titulares de patentes PV, 88% deles são organizações empresariais, sendo o restante composto por universidades e centros de pesquisa. Apesar do crescimento das universidades na titularidade das patentes, ainda é pequena a participação deste tipo de titular no desenvolvimento de tecnologias PV. Constatou-se ainda que os maiores titulares têm um percentual de cooperação (23%) bem inferior à média geral de cooperação (45%). Assim, conclui-se que os 20 maiores titulares desenvolvem tecnologia PV de forma proprietária mais intensamente e possuem menos colaboração tecnológica que resultou em patentes. As empresas com maior intensidade de cooperação, são em sua maioria organizações pequenas, cuja dependência do ecossistema de inovação é maior e, com isso, buscam crescimento e sustentação para seus negócios por meio de parcerias.

Quando se analisa a rede de cooperação de titulares PV, constatou-se que não necessariamente quem mais deposita patentes tem as melhores conexões ou a maior influência na rede. Sem dúvida, o volume de patentes têm sua importância, mas não significa um titular com este perfil mantenha relações fortes de cooperação, ou que exerça um domínio sobre seus parceiros ou no ecossistema PV. Dessa forma, constatou-se como os titulares mais influentes na rede de cooperação: Samsung Electronics, CNRS, State Grid Corp, Sharp, Hitachi e IBM. Dentre as universidades e centros de pesquisa que se destacaram, por meio de estatísticas como *pagerank*, centralidade de proximidade e de intermediação, que estão situadas na rede de cooperação em posição privilegiada para geração, intermediação e controle de conhecimento, encontram-se: University of California, Commissariat Energie Atomique, Fraunhofer Ges Forschung, Massachusetts Institute of Technology, University of Tohoku e California Institute of Technology. Isso reforça o papel das universidades como atores essenciais na difusão e aceleração do fluxo de conhecimento tecnológico sobre energia PV.

Este estudo também utilizou a medida de Salton para mensurar a intensidade das relações entre titulares PV, complementando as características obtidas na rede de cooperação. Constatou-se que as relações mútuas de cooperação se concentram nas faixas “Incipiente” (28,3%) e “Elevada” (38,6%). Nas relações incipientes estão os titulares mais relevantes da rede e os maiores depositantes. Ao passo que na faixa elevada, estão organizações de menor porte que criam uma relação de sinergia e dependência com seu parceiro. Assim, se observa por parte dos principais titulares PV uma estratégia baseada em diversificação de parcerias, optando assim por relação de menor intensidade (força de relação mútua incipiente), além de priorizarem cooperação com organizações do mesmo grupo societário e mesma nacionalidade.

Há de se destacar o papel das empresas japonesas, que concentram muito conhecimento nos maiores titulares em volume de patentes, os quais estão em clusters bem centralizados na rede de cooperação PV. Apesar disso, observa-se uma baixa relação de parceria entre os maiores titulares japoneses, formando assim cluster bem definidos cuja característica, é a presença de organizações que concorrem no ecossistema PV. Já os titulares chineses têm apenas 12% de patentes em cooperação, ao contrário dos Estados Unidos e Japão que possuem mais da metade das patentes em cooperação. Dessa maneira, conclui-se que as organizações chinesas optam pelo desenvolvimento de patentes PV por meio de tecnologia proprietária, evitando parcerias internacionais. Até o momento da coleta de dados, a China se mostra um país isolado no desenvolvimento de tecnologias PV, priorizando proteger apenas no seu mercado interno e desenvolvendo exclusivamente nos P&D das empresas ou, quando colaboram, o fazem com organizações Chinesas. Assim, de uma forma geral, a indústria de desenvolvimento de tecnologias PV ainda é fechada em termos de desenvolvimento cooperativo e escolhem desenvolver patentes apenas nas suas áreas de P&Ds internas ou em parceria com outras empresas do mesmo grupo empresarial (subsidiárias) e mesma nacionalidade.

Ainda destacando as contribuições teóricas, a análise das Rotas Tecnológicas identificou-se que a maioria das rotas são compostas por tecnologias de origem americana e japonesa, resultado do investimento antecipado e constante destes países no desenvolvimento de tecnologias PV e outras energias correlacionadas. Dentre os temas identificados nas principais rotas tecnológicas estão: (a) Camadas poliméricas encapsuladas para proteção de células PV; (b) Métodos de produção e dispositivos de circuitos integrados; (c) Semicondutores de alta resistência ao calor; (d) Pluralidade de elementos de conversão fotoelétricos com superfície fotossensível; (e) Mecanismos de montagem de módulos solares; (f) Métodos de produção e utilização de células solares; (g) Células PV de contato reverso e métodos de fabricação; (h) Sistemas, métodos e aparelhos para células solares térmicas fotovoltaicas; (i)

Métodos e aparelhos para fundição de silício para células PV; (j) Tecnologias sobre semicondutores baseados em múltiplos chips.

Sobre a tecnologias mais emergentes e promissoras (TMEP), 69% dos seus titulares têm origem asiática (10), 18% americana (3), 18% europeia (3) e 5% neozelandesa (1), confirmando assim o investimento que países da Ásia têm realizado para o desenvolvimento de tecnologias PV. No entanto, verificou-se que os mercados mais visados para proteção são o americano (38%), seguido do chinês (31%) e com menor cobertura o japonês (10%), possivelmente pela alta capacidade destes países em criar e reproduzir invenções e elevada demanda. Estes mesmos países são os maiores geradores de energia PV (IEA, 2018a), o que leva a concluir que o interesse das empresas em proteger suas tecnologias em um determinado país pode estar relacionado aos incentivos e investimentos que tal país faz na produção de energia PV. As TMEPs se concentram em tecnologias sobre dispositivo para conversão de radiação em energia (47%), métodos de montagem de células solares (29,4%) e materiais de silício (23,5%). Estas tecnologias têm sido produzidas com exclusivamente pelas áreas de P&D das organizações. Reforçado a constatação que indústria de desenvolvimento PV é predominantemente fechada, especialmente para tecnologias potencialmente disruptivas.

A identificação das RT também permitiu concluir que a China tem influenciado o mercado PV não pela sua capacidade de inovação tecnológica, mas sim pela sua elevada demanda de consumo energético, velocidade nas ações e decisões, e principalmente pela sua capacidade de gerar escala e baixar custos de produção de tecnologias PV. Organizações chinesas são grandes competidores do mercado PV no que se referente à produção e comercialização, mas não no desenvolvimento deste tipo de tecnologia, ficando atrás dos japoneses e americanos. Assim, organizações chinesas ainda não são os principais atores no desenvolvimento de tecnologias disruptivas em energia PV. No entanto, é crucial ressaltar o papel da China na massificação do uso de tecnologias PV, especialmente para 1ª geração de células PV, através da redução brutal do custo de produção. A China deverá se tornar a principal base tecnológica sobre energia solar PV no futuro, dado todo seu investimento em aquisição de conhecimento, financiamento da inovação PV, estabelecimento de políticas públicas e subsídios para o desenvolvimento de tecnologias PV. Dessa forma, a China é um ator no ecossistema de energia PV que deve ser analisado e acompanhado de perto.

As últimas contribuições teóricas dos resultados desta tese ainda permitiram posicionar o Brasil nesse contexto de geração de tecnologias solar PV. Entretanto, apesar do grande potencial de produção de energia PV devido à sua geografia e clima, o Brasil tem papel insignificante na cadeia de desenvolvimento de tecnologias PV. Isto foi constatado desde o seu

pouco volume de desenvolvimento com apenas 58 patentes PV produzidas, e 954 protegidas no mercado nacional frente a um universo de 138.985 inovações analisadas, constatando-se assim um total desinteresse de atores estrangeiros em cooperação em organizações brasileiras. Esse desinteresse em proteger as tecnologias no Brasil pode ser entendido como a percepção por parte dos *players* globais que não existem organizações sequer com o conhecimento e habilidade para “copiar patentes estrangeiras”, e desta forma não há a necessidade de protegê-las por aqui. O desinteresse pela cooperação também pode estar relacionado à falta de conhecimento de competências internas, e até a barreira do idioma que pode estar dificultando as relações com outras organizações. Assim, apesar dos tímidos esforços governamentais em termos de políticas de incentivo à geração de energia PV, a falta de subsídio ainda é um entrave para massificação do seu uso no Brasil. Desta forma, as iniciativas desenvolvidas até o momento são insuficientes para alavancar a geração de energia PV distribuída em larga escala em consonância com o potencial do país. Se a adoção da tecnologia ainda está incipiente no Brasil, sua pesquisa e desenvolvimento estão a passos ainda mais distantes. Isso reforça a necessidade do país se posicionar e assumir um papel protagonista no cenário mundial tanto de desenvolvimento quanto de geração de energia solar PV.

Com base neste panorama, nas lições de países como China, Japão e Alemanha que se destacam no campo da energia PV e nos resultados obtidos nesta pesquisa, as contribuições empíricas deste estudo direcionam recomendações que poderão ser transformadas em políticas públicas com o objetivo de colocar o Brasil efetivamente no mapa mundial de maiores desenvolvedores de tecnologias PV:

- i) A curto prazo, negociar investimentos externos em grandes parques fotovoltaicos de tal forma a ampliar a produção e oferta local de energia PV e já atuar na captura de conhecimento e promoção de crescimento econômico de áreas, especialmente em regiões de precariedade econômica e social. A exemplo da China, a ampliação da produção e oferta de energia PV pode alavancar ao longo do tempo o desenvolvimento desse tipo de tecnologia PV pelo próprio Brasil;
- ii) Ampliar a rede cooperação brasileira para promover parcerias com países e organizações líderes no desenvolvimento de energia PV com o objetivo de assimilar conhecimento técnico, gerar capacitação local e buscar financiamento para projetos de desenvolvimento, geração e distribuição de energia solar PV. Devido ao interesse observado por organizações da França, Estados Unidos e Japão, estes podem ser alvos iniciais de parcerias, conciliando assim interesses mútuos no desenvolvimento de inovações PV;

- iii) Priorizar o desenvolvimento de tecnologias sobre *Carregamento de baterias, Células solares sensibilizadas por corante (DSSC) e Silício; crescimento de cristal simples*, uma vez as demais tecnologias PV são objeto de pesquisa das organizações de países com políticas públicas estabelecidas e maduras, além da maior capacidade de financiamento.
- iv) Utilizar o capital intelectual presente nas universidades e centro de pesquisa para apoiar as empresas no desenvolvimento de inovações PV. A parceria E-U pode acelerar o processo de evolução tecnológica nacional, gerar materiais e insumos de menor valor, prover processos produtivos de menor custo e, assim, auxiliar na massificação do uso da energia PV. A colaboração E-U está entre os instrumentos de políticas mais frequentemente implementados para fomentar as atividades de P&D&I das empresas.
- v) Dado a diversidade de fontes energéticas disponíveis no território brasileiro, promover o desenvolvimento tecnologias para geração híbrida de energia, combinando a geração solar PV com outras fontes tais como plataformas eólicas *onshore / offshore* ou usinas hidrelétricas. A vasta expansão territorial e costeira do Brasil também podem ser ambientes propícios para pesquisa e investimento em geração de energia PV.
- vi) Dado o contexto social do Brasil, especialmente em áreas mais interioranas das regiões Centro-oeste, Nordeste e Norte, o incentivo à implantação e uso de fonte energética PV pode colaborar para diminuição de desigualdade social por meio da formação de mão-de-obra especializada e geração de renda para população mais carente destas áreas.
- vii) Consolidar todas as iniciativas em um plano nacional de evolução energética com o foco na diversificação da matriz energética atual e na mitigação do risco de dependência de fontes hidrelétricas e térmicas, além da gasolina e etanol para o setor de transporte. O plano precisa ter metas ambiciosas de desenvolvimento tecnológico, produção e consumo de energia PV, possibilitando ao Brasil estar entre os produtores e maiores influenciadores da indústria PV no mundo. Além disso, o plano precisa estabelecer políticas claras de subsídio para a geração de energia PV em grande ou pequena escala, bem como tarifas diferenciadas para o consumo oriundo de fontes solar PV.

Adicional ao conjunto de recomendações propostas, esta pesquisa pode ainda apoiar departamentos de P&D em suas decisões sobre diferentes áreas tecnológicas relacionadas às tecnologias PV, oferecendo dados sobre as tecnologias mais relevantes, seus proprietários,

relacionamentos, bem como sua cobertura de proteção de mercado por meio de métricas replicáveis. Além disso, a análise das rotas tecnológicas permite a especialistas do setor observar de forma simplificada os padrões que são seguidos e adotados pelos cientistas e pelo mercado, traz a possibilidade de aumentar o conhecimento tecnológico que anteriormente só obtinha por meios empíricos e permite uma análise da inteligência tecnológica competitiva que pode ser usada como uma ferramenta para decisões de futuros esforços e investimentos relacionados à energia solar PV.

Dentre as contribuições metodológicas, pode se destacar os seguintes pontos: (i) reforça a relevância no uso de informações oriundas de patentes para este tipo de estudo, utilizando-as como fonte fidedigna sobre inovações tecnológicas; (ii) destaca uso de cotitularidade patentária como proxy para cooperação entre diferentes atores de uma rede; (iii) a inclusão da medida de Salton para mensuração da intensidade das relações de cooperação se mostrou como proeminente variável para complementar os estudos de cooperação tecnológica baseados em análise de redes sociais; (iv) o uso de rotas tecnológicas se demonstra como relevante instrumento para investigação do fluxo de conhecimento tecnológico, bem como na identificação de tecnologias mais emergentes e promissoras, seja em nível macro (domínio tecnológico) ou micro (patente); (v) a metodologia desenvolvida nesta tese, desde a definição do escopo, coleta, refinamento e estruturação dos dados define um roteiro que pode ser replicado em outros estudos afins de tal forma a aumentar a acurácia da análises; (vi) desenvolvimento de um banco de dados de invenções PV que pode constituir como uma plataforma para estudos complementar no campo de energia solar PV.

Entretanto, como toda pesquisa existem algumas limitações, as quais foram identificadas ao longo do seu desenvolvimento, muito embora não tenham prejudicado os resultados obtidos, as mesmas são descritas a seguir. Primeiro, apesar da coleta de dados das patentes PV ter sido realizada por meio de um script desenvolvido para consulta no Derwent Innovation, esta plataforma tem limitação de retorno de dados de 60.000 registros. Assim, a coleta foi seccionada em scripts para “coletas menores” e os arquivos com os dados de todas as patentes PV reagrupados para sua devida manipulação de extração dos resultados. Inúmeros são os benefícios de se utilizar uma base de dados de patentes tal como a Derwent Innovation, dentre as quais pode-se citar a amplitude de escritórios patentários e a variedades de dados das patentes. No entanto, observou-se casos de patentes sem classificação de IPC ou sem nome de titular. Para minimizar o impacto disso, também foi desenvolvido um script para capturar, já na base reagrupada de patentes PV, dados dos IPCs ou nomes dos titulares que estivessem em outros campos correlatos dentro da base de patentes. Mesmo assim, ainda ocorreram casos de

patentes sem esse tipo de dado, que foram excluídas do banco de dados. Além disso, a base originalmente coletada retornou alguns registros duplicados, pelo código da patente ou pelo próprio título, resumo e titulares. Esse tipo de redundância também foi tratado previamente para posterior análise dos resultados das relações entre titulares, identificação das RT e TMEP.

Segundo, a falta de padronização dos nomes dos titulares das patentes pode afetar os agrupamentos e análises das redes, uma vez que ocorrem erros de abreviação ou variações nas abreviações dos nomes dos titulares das patentes. Com isso, os agrupamentos e contabilizações que usam o nome dos titulares como objeto, podem sofrer alguma variação. Para minimizar este impacto, foi realizado um software para padronização dos nomes com o objetivo de mitigar tais problemas de nomenclatura e aumentar a acuracidade dos resultados. Além do mais, a possibilidade de múltiplas atribuições de vários códigos IPC para uma mesma patente amplia muito o horizonte das análises. Há casos em que uma única patente possui mais de uma dezena de IPC vinculados e é inviável nesta pesquisa inferir qual IPC é mais relevante.

Em terceiro, há a limitação na capacidade de manipulação de grandes bases de dados no Gephi. Apesar da interface amigável e que gera produtividade e maior clareza nas análises, tal ferramenta acaba por não processar com precisão os dados quando a base de dados ultrapassa mais de 30.000 arestas. Além do mais, a visualização gráfica para uma rede muito grande se torna bastante prejudicada e não agrega informações adicionais às análises.

A quarta limitação na classificação dos titulares quanto ao tipo, uma vez que nos registros patentários não há qualquer categorização quanto ao tipo do titular ou sua área de atuação. Limitação semelhante foi encontrada para identificar conglomeradas empresariais e relações entre matrizes, filiais ou empresas subsidiárias. Qualquer análise neste sentido, faz-se necessário o uso de base de dados complementar que inclua tais informações sobre as organizações.

Por último, devido à defasagem inerente ao processo patentário, uma vez que as patentes recém depositadas são mantidas em sigilo por até 18 meses, alguns dados não estavam disponíveis no período da coleta de dados e tais patentes não puderam ser analisadas.

Além disso, por se tratar de uma pesquisa multidisciplinar envolvendo assuntos como cooperação, rotas e tendências tecnológicas, análise de redes sociais, patentes e energia solar PV, somado à rápida evolução dos conceitos e novidades sobre tais temas, as discussões buscaram se embasar em trabalhos já consolidados e estudos recentes correlacionados. A análise e discussão é algo não exaustivo e que deverá também evoluir à medida que surgem novos achados teóricos e práticos sobre tais disciplinas. Desta forma, esta pesquisa não se encerra nesta tese, pretende-se no futuro desenvolver estudos para outras tecnologias de geração

de energia solar tais como “Energia solar térmica”, “Sistemas solares híbridos (térmico-fotovoltaicos)”, “Propulsão de veículos usando energia solar”, “Produção de energia mecânica a partir da energia solar”, “Aspectos de cobertura de telhados com dispositivos de coleta de energia solar”, “Geração de vapor usando energia solar”, “Sistemas de refrigeração ou bombas de calor usando energia solar”, “Secagem de materiais ou objetos utilizando energia solar” e “Dispositivos para a concentração da irradiação solar”. Além disso, o desenvolvimento de framework para inteligência competitiva tecnológica também pode ser explorado com melhorias nas técnicas utilizadas neste trabalho. Por último, a simulação de rotas alternativas para o fluxo de informações e conhecimento tecnológico poderá auxiliar as empresas a estabelecer suas estratégias de combate ou cooperação tecnológica e de mercado.

6. REFERÊNCIAS

ABULRUB, A.G.; LEE, J. Open innovation management: challenges and prospects. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 41, p. 130-138, 2012.

ALBINO, V. et al. Understanding the development trends of low-carbon energy technologies: A patent analysis. **Applied Energy**, v. 135, p. 836-854, 2014.

ALTUNTAS, S.; DERELI, T.; KUSIAK, A. Forecasting technology success based on patent data. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 96, p. 202-214, 2015.

ARUNDEL, A.; KEMP, R. **Measuring eco-innovation**. Maastricht: UNU-MERIT, 2009.

ALTHOFF PHILIPPI, D. et al. Benefits of university-industry cooperation for innovations of sustainable biological control. **Journal of technology management & innovation**, v. 10, n. 1, p. 17-28, 2015.

BAKKER, J. N. F. Engeland en de Europese Technische Samenwerking. **De Economist**, v. 118, n. 5, p. 440-457, 1970.

BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. **ICWSM**, v. 8, p. 361-362, 2009.

BATAGELJ, V.; CERINŠEK, M. On bibliographic networks. **Scientometrics**, v. 96, n. 3, p. 845-864, 2013.

BAUER, M. W.; GASKELL, G.; ALLUM, N. C. Qualidade, quantidade e interesse de conhecimento - evitando confusões. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa, com texto, imagem e som**. Petrópolis: Vozes, 2002.

BID, Banco Interamericano de Desarrollo. **The top 10 developing nations investing in clean energy**. Disponível em: <<http://blogs.iadb.org/cambioclimatico/2014/11/03/the-top-10-developing-nations-investing-in-clean-energy>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

BEKKERS, R; MARTINELLI, A. Knowledge positions in high-tech markets: Trajectories, standards, strategies and true innovators. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 79, n. 7, p. 1192-1216, 2012.

BLONDEL, Vincent D. et al. Fast unfolding of communities in large networks. **Journal of statistical mechanics: theory and experiment**, v. 2008, n. 10, p. P10008, 2008.

BLOOMBERG, Bloomberg New Energy Finance. **New Energy Outlook (NEO)**, 2016.

BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. **Ucinet for Windows: Software for social network analysis**. 2002.

BORGATTI, S. P. et al. Network analysis in the social sciences. **Science**, v. 323, n. 5916, p. 892-895, 2009.

BOURDIEU, P. **The forms of capital in the New Economic Sociology: a reader**, edit. By Frank Dobbin, Princeton. Princeton University Press, 2004.

BP, 2018. BP Corp North America Inc - Company profile. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/profiles/companies/2500Q:US-bp-corp-north-america-inc>>. Acesso em: dezembro de 2018.

BRASS, Daniel J. Being in the right place: A structural analysis of individual influence in an organization. **Administrative science quarterly**, p. 518-539, 1984.

BRIN, S.; PAGE, L. Reprint of: The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. **Computer networks**, v. 56, n. 18, p. 3825-3833, 2012.

BRUCK, P. et al. Recognition of emerging technology trends: class-selective study of citations in the US Patent Citation Network. **Scientometrics**, v. 107, n. 3, p. 1465-1475, 2016.

BURT, R. S. **Corporate profits and cooptation: Networks of market constraints and directorate ties in the American economy**. Academic Press, 1983.

BURT, R. S. **Structural holes: The social structure of competition**. Harvard university press, 2009.

CAMILO, H. F. et al. Assessment of photovoltaic distributed generation-Issues of grid connected systems through the consumer side applied to a case study of Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 712-719, 2017.

CANNADY, C. Access to climate change technology by developing countries: a practical strategy. **ICTSD International Centre for Trade and Sustainable Development**, n. 25, p. 4, 2009.

CANTNER, U.; GRAF, H. The network of innovators in Jena: An application of social network analysis. **Research Policy**, v. 35, n. 4, p. 463-480, 2006.

CARLISLE, S. et al. Supporting innovation for tourism development through multi-stakeholder approaches: Experiences from Africa. **Tourism Management**, v. 35, p. 59-69, 2013.

CEA, 2018. Commissariat Energie Atomique - The CEA: a key player in technological research. Disponível em: <<http://www.cea.fr/english/Pages/cea/the-cea-a-key-player-in-technological-research.aspx>>. Acesso em: dezembro de 2018.

CHASTON, I.; SCOTT, G. J. Entrepreneurship and open innovation in an emerging economy. **Management Decision**, v. 50, n. 7, p. 1161-1177, 2012.

CHEN, A. et al. Capacity reliability of a road network: an assessment methodology and numerical results. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 36, n. 3, p. 225-252, 2002.

CHEN, D. Z.; DONG, H.R.; HUANG, M.H. A study of collaborations in solar cell science and technology. In: **Management of Innovation and Technology (ICMIT)**, 2010 IEEE International Conference on. IEEE, 2010. p. 794-799.

CHESBROUGH, H. W. The era of open innovation. **Managing innovation and change**, v. 127, n. 3, p. 34-41, 2006.

CHIESA, V.; MANZINI, R. Organizing for technological collaborations: a managerial perspective. **R&D Management**, v. 28, n. 3, p. 199-212, 1998.

CHOE, H. et al. Patent citation network analysis for the domain of organic photovoltaic cells: Country, institution, and technology field. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 492-505, 2013.

CHOI, C.; KIM, S.; PARK, Y. A patent-based cross impact analysis for quantitative estimation of technological impact: The case of information and communication technology. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 8, p. 1296-1314, 2007.

CLIMATESCOPE. **Mapping the Global Frontiers for Clean Energy Investment**. Disponível em: <<http://global-climatescope.org/en/>>. Acesso em: 07 set. 2016.

COATES, V. et al. On the future of technological forecasting. **Technological forecasting and social change**, v. 67, n. 1, p. 1-17, 2001.

COGENRA, 2018. Independent Power and Renewable Electricity Producers, Company Overview of Cogenra Solar, Inc. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=1204715>>. Acesso em: novembro de 2018.

CETC, 2018. CETC Solar Energy, About Us. Disponível em: <http://cetcsolarenergy.com/about_us/about_us.html>. Acesso em: dezembro de 2018.

CURZONS, A. D. et al. So you think your process is green, how do you know? Using principles of sustainability to determine what is green-a corporate perspective. **Green Chemistry**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2001.

DAIM, T. U. et al. Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 8, p. 981-1012, 2006.

DAVIS, J. P.; EISENHARDT, K. M. Rotating leadership and collaborative innovation recombination processes in symbiotic relationships. **Administrative Science Quarterly**, v. 56, n. 2, p. 159-201, 2011.

D'ESTE, P.; PATEL, P. University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?. **Research policy**, v. 36, n. 9, p. 1295-1313, 2007.

D'ESTE, P.; PERKMANN, M. Why do academics engage with industry? The entrepreneurial university and individual motivations. **The Journal of Technology Transfer**, v. 36, n. 3, p. 316-339, 2011.

DE FARIA, P.; LIMA, F.; SANTOS, R. Cooperation in innovation activities: The importance of partners. **Research Policy**, v. 39, n. 8, p. 1082-1092, 2010.

DE FARIA JR, H.; TRIGOSO, F. B. M.; CAVALCANTI, J. A. M. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, p. 469-475, 2017.

DE JONG, P. et al. Solar and wind energy production in relation to the electricity load curve and hydroelectricity in the northeast region of Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 526-535, 2013.

DE MARTINO JANNUZZI, G.; DE MELO, C. A. Grid-connected photovoltaic in Brazil: policies and potential impacts for 2030. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 1, p. 40-46, 2013.

DE PAULO, A. F.; PORTO, G. S. Solar energy technologies and open innovation: A study based on bibliometric and social network analysis. **Energy Policy**, v. 108, p. 228-238, 2017.

DE PAULO, A. F.; PORTO, G. S. Evolution of collaborative networks of solar energy applied technologies. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 310-320, 2018.

DE PAULO, A. F.; RIBEIRO, E. M. S.; PORTO, G. S. Mapping countries cooperation networks in photovoltaic technology development based on patent analysis. **Scientometrics**, v. 117, n. 2, p. 667-686, 2018.

DEVABHAKTUNI, V. et al. Solar energy: Trends and enabling technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 555-564, 2013.

DIMROTH, F. et al. Four-junction wafer-bonded concentrator solar cells. **IEEE Journal of Photovoltaics**, v. 6, n. 1, p. 343-349, 2015.

DINCER, F. The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 713-720, 2011.

DONG, B. et al. A bibliometric analysis of solar power research from 1991 to 2010. **Scientometrics**, v. 93, n. 3, p. 1101-1117, 2012.

DUPONT, 2018. Dupont About us. Disponível em: < <http://www.dupont.com/>>. Acesso em: novembro de 2018.

DUPONT; MITSUI, 2018. Du Pont-Mitsui Polychemicals Co. Ltd.: Private Company Information - Bloomberg. Disponível em: < <https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=5555408>>. Acesso em: novembro de 2018.

EASLEY, D.; KLEINBERG, J. **Networks, crowds, and markets: Reasoning about a highly connected world**. Cambridge University Press, 2010.

ECHEGARAY, F. Understanding stakeholders' views and support for solar energy in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 63, p. 125-133, 2014.

ECHOFIRST, 2018. EchoFirst, Inc. Private Company Information -Bloomberg. Disponível em: < <https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=104817042>>. Acesso em: novembro de 2018.

EDWARDS, G. Mixed-method approaches to social network analysis. **National Centre for Research Methods**, Discussion Paper, 2010. Disponível em: <<http://eprints.ncrm.ac.uk/842/>>. Acesso em: 12 mar 2016.

EGGHE, L.; ROUSSEAU, R. Co-citation, bibliographic coupling and a characterization of lattice citation networks. **Scientometrics**, v. 55, n. 3, p. 349-361, 2002.

EL CHAAR, L. et al. Review of photovoltaic technologies. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 15, n. 5, p. 2165-2175, 2011.

EMMOTT, C. et al. Organic photovoltaic greenhouses: a unique application for semi-transparent PV?. **Energy & environmental science**, v. 8, n. 4, p. 1317-1328, 2015.

EPO. European Patent Office. **Patents and clean energy - Final Report**. Disponível em: <<http://www.epo.org/news-issues/technology/sustainable-technologies/clean-energy/patents-clean-energy/study-1.html>>. Acesso em: 30 out. 2014.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. Universities and the global knowledge economy: a triple helix of university-industry-government relations. 1995.

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

ETZKOWITZ, H. et al. The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. **Research policy**, v. 29, n. 2, p. 313-330, 2000.

ETZKOWITZ, H. Anatomy of the entrepreneurial university. **Social Science Information**, v. 52, n. 3, p. 486-511, 2013.

FAGERBERG, J. Innovation: a guide to the literature. In: Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R. (Eds.). **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford University Press, Oxford, pp. 1-29, 2004.

FIRAT, A. K.; WOON, W. L.; MADNICK, S. Technological forecasting - A review. **Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology**, 2008.

FLEMING, L; KING, C.; JUDA, A. **Small worlds and innovation**. Harvard Business School, mimeo, 2004.

FLOWERS, M. E. et al. Climate impacts on the cost of solar energy. **Energy Policy**, v. 94, p. 264-273, 2016.

FONTANA, R.; NUVOLARI, A.; VERSPAGEN, B. Mapping technological trajectories as patent citation networks. An application to data communication standards. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 18, n. 4, p. 311-336, 2009.

FORREST, S. R. The limits to organic photovoltaic cell efficiency. **MRS bulletin**, v. 30, n. 1, p. 28-32, 2005.

FOWLER, J. H. Altruistic punishment and the origin of cooperation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 19, p. 7047-7049, 2005.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. **Technology, Organizations and Innovation: Theories, Concepts and Paradigms**, v. 871, p. 38-66, 2000.

FREEMAN, L. C. Some antecedents of social network analysis. **Connections**, v. 19, n. 1, p. 39-42, 1996.

FREITAS, I. M. B.; VERSPAGEN, B. The motivations, institutions and organization of university-industry collaborations in the Netherlands. **Journal of evolutionary economics**, v. 27, n. 3, p. 379-412, 2017.

FRUCHTERMAN, T. M. J.; REINGOLD, E. M. Graph drawing by force-directed placement. **Software: Practice and experience**, v. 21, n. 11, p. 1129-1164, 1991.

FUJIELECTRIC, 2018. About Fuji Electric, Fuji Electric Global. Disponível em: <<https://www.fujielectric.com/company/>>. Acesso em: novembro de 2018.

GALLAGHER, K.S. **The Globalization of Clean Energy Technology: Lessons from China**. MIT press, 2014.

GARG, K. C.; SHARMA, P. Solar power research: A scientometric study of world literature. **Scientometrics**, v. 21, n. 2, p. 147-157, 1991.

GASSMANN, O.; VON ZEDTWITZ, M. New concepts and trends in international R&D organization. **Research policy**, v. 28, n. 2-3, p. 231-250, 1999.

GE, 2018. Wind, Hydro, Solar Hybrid Power - GE Renewable Energy. Disponível em: <<https://www.ge.com/renewableenergy>>. Acesso em: dezembro de 2018.

GLÄNZEL, Wolfgang. Science in Scandinavia: A bibliometric approach. **Scientometrics**, v. 48, n. 2, p. 121-150, 2000.

GLÄNZEL, Wolfgang. National characteristics in international scientific co-authorship relations. **Scientometrics**, v. 51, n. 1, p. 69-115, 2001.

GLÄNZEL, Wolfgang; SCHUBERT, András. Double effort= double impact? A critical view at international co-authorship in chemistry. **Scientometrics**, v. 50, n. 2, p. 199-214, 2001.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONG, J. et al. Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs): advanced techniques and research trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 234-246, 2017.

GRAF, H. Gatekeepers in regional networks of innovators. **Cambridge Journal of Economics**, v. 35, n. 1, p. 173-198, 2011.

GRAF, H.; HENNING, T. Public research in regional networks of innovators: a comparative study of four East German regions. **Regional Studies**, v. 43, n. 10, p. 1349-1368, 2009.

GUAN, J.; CHEN, Z. Patent collaboration and international knowledge flow. **Information Processing & Management**, v. 48, n. 1, p. 170-181, 2012.

GUAN, J.; ZHAO, Q. The impact of university-industry collaboration networks on innovation in nanobiopharmaceuticals. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 7, p. 1271-1286, 2013.

GUO, Y.; HUANG, L.; PORTER, A. L. The research profiling method applied to nano-enhanced, thin-film solar cells. **R&D Management**, v. 40, n. 2, p. 195-208, 2010.

HAEGEL, N. M. et al. Terawatt-scale photovoltaics: Trajectories and challenges. **Science**, v. 356, n. 6334, p. 141-143, 2017.

HAGEDOORN, J. Understanding the rationale of strategic technology partnering: Nterorganizational modes of cooperation and sectoral differences. **Strategic management journal**, v. 14, n. 5, p. 371-385, 1993.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 2009.

HALES, M. A tale of two sectors: issues in the mapping of Knowledge Intensive Business Services. **SI4S topical papers**, n. 13, Oslo, 1998. Disponível em: <<http://survey.nifu.no/step/old/Projectarea/si4s/papers/topical/si4s13.pdf>>. Acesso em: 02 Jun. 2015.

HALL, B. H.; HELMERS, C. **The role of patent protection in (clean/green) technology transfer**. National Bureau of Economic Research, 2010.

HANNEMAN, R. A.; RIDDLE, M. **Introduction to social network methods**. 2005.

HEAL, G.; KRISTRÖM, B. Uncertainty and Climate Change. **Environmental and Resource Economics**, v. 22, n. 1, p. 3-39, 2002.

HONEYWELL, 2018. About Us - Honeywell. Disponível em: <<https://www.honeywell.com/who-we-are/overview>>. Acesso em: novembro de 2018.

HOSENUZZAMAN, M. et al. Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 284-297, 2015.

HUAJING, 2018. Xi 'an Huajing Electronic Technology co., LTD - Company profile. Disponível em: <http://www.xahuajing.com/en/all.php?cat_id=1327>. Acesso em: novembro de 2018.

HUANTAI, 2018. Huantai Group, Perfil do Grupo. Disponível em: <<http://www.ht-stech.com/a/guanyuwomen/qiyejianjie/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

HUISMAN, M.; VAN DUIJN, M. A. J. Software for social network analysis. **Models and methods in social network analysis**, v. 270, p. e316, 2005.

HUMMON, N.; DOREIAN, P. Connectivity in a citation network: the development of DNA theory. **Social Networks**, v. 11, p. 39-63, 1989.

HUO, M.; ZHANG, D. Lessons from photovoltaic policies in China for future development. **Energy Policy**, v. 51, p. 38-45, 2012.

IEA - International Energy Agency, **Redrawing the Energy-Climate Map**, World Energy Outlook Special Report, OECD/IEA, OECD, 2013.

IEA - International Energy Agency. **Energy Technology Perspectives 2014**, IEA, Paris, DOI: http://dx.doi.org/10.1787/energy_tech-2014-en, 2014.

IEA - International Energy Agency. **World Energy Outlook 2014**. 2014.

IEA - International Energy Agency. **IEA Electricity Information Statistics. OECD - Electricity and heat generation**. Disponível em: <http://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecl_bv_id=elect-data-en&doi=data-00457-en#>. Acesso em: 20 abr 2015.

IEA, **Energy, Climate Change and Environment**, OECD/IEA, Paris, 2016a.

IEA, **Energy Technology Perspectives 2016**, OECD Publishing, Paris, DOI: http://dx.doi.org/10.1787/energy_tech-2016-en, 2016b.

IEA, **World Energy Outlook 2016**, IEA, Paris, DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/weo-2016-en>, 2016c.

IEA, **Key World Energy Statistics 2018**, OECD/IEA, Paris, 2018a.

IEA, **IEA Energy Technology RD&D Budgets**, OECD/IEA, Paris, 2018b. Disponível em: <<https://webstore.iea.org/energy-technology-rdd-budgets-2018-overview>>. Acesso em: 28 dez 2018.

ILEPERUMA, O. A. Gel polymer electrolytes for dye sensitised solar cells: a review. **Materials Technology**, v. 28, n. 1-2, p. 65-70, 2013.

INFINEON, 2018. Infineon Technologies - About Infineon. Disponível em: <<https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/company/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

INPE. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos : INPE, 2006.

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. **Patentes Verdes**. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/arquivos/listagem_das_tecnologias_verdes_adotadas.pdf>. Acesso em: 28 out. 2014.

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. **Resolucao_75-2013_-_Patentes_Verdes**. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/legislacao-arquivo/docs/resolucao_75-2013_-_patentes_verdes_1.pdf/@_download/file/resolucao_75-2013_-_patentes_verdes_1.pdf>. Acesso em: 28 out. 2014.

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. **Guia Básico - Patentes**. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/portal/artigo/guia_basico_patentes>. Acesso em: 30 out. 2014.

INVENSA, 2018. Invensas - Company Overview. Disponível em: <<https://www.invensas.com/company/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

IPCC. **AR5 - Fifth Assessment Report, Synthesis Report**. 2014. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

ISENSEN, R. S. Technological forecasting A management tool. **Business Horizons**, v. 10, n. 2, p. 37-46, 1967.

JACK, E. P.; RATUR, A. S. Lessons learned from methodological triangulation in management research. **Management Research News**, v. 29, n. 6, p. 345-357, 2006.

JACKSON, M. O. **Social and economic networks**. Princeton: Princeton university press, 2008.

JACOMY, M. et al. Forceatlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization. **Medialab center of research**, v. 560, 2011.

JEONG, Y.; YOON, B. Development of patent roadmap based on technology roadmap by analyzing patterns of patent development. **Technovation**, v. 39, p. 37-52, 2015.

JINKO, 2018. Jinko Solar, About Us. Disponível em: <https://www.jinkosolar.com/about_1.html>. Acesso em: dezembro de 2018.

JORDAN, D. C. et al. PV degradation curves: non-linearities and failure modes. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 25, n. 7, p. 583-591, 2017.

JUN, S. A forecasting model for technological trend using unsupervised learning. In: **Database Theory and Application, Bio-Science and Bio-Technology**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 51-60.

JUN, S. Central technology forecasting using social network analysis. In: **Computer Applications for Software Engineering, Disaster Recovery, and Business Continuity**. Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 1-8.

KANNAN, N.; VAKEESAN, D. Solar energy for future world: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 1092-1105, 2016.

KANG, D. et al. A review on technology forecasting methods and their application area. In: **Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology**. World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET), 2013. p. 465.

KALOGIROU, S. A. Environmental benefits of domestic solar energy systems. **Energy conversion and management**, v. 45, n. 18, p. 3075-3092, 2004.

KEELING, M. J.; EAMES, K. TD. Networks and epidemic models. **Journal of the Royal Society Interface**, v. 2, n. 4, p. 295-307, 2005.

KEMP, R. et al. **How should we study the relationship between environmental regulation and innovation?** Physical-Verlag HD, 2000.

KIM, G.; BAE, J. A novel approach to forecast promising technology through patent analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 117, p. 228-237, 2017.

KIM, C. et al. Identifying core technologies based on technological cross-impacts: **An association rule mining (ARM) and analytic network process (ANP) approach**. *Expert Systems with Applications*, v. 38, n. 10, p. 12559-12564, 2011.

KUHN, T. S. **The structure of scientific revolutions**. University of Chicago press, 2012.

LASNIER, F. *Photovoltaic engineering handbook*. Routledge, 2017.

LAURA, L. et al. Algorithms and experiments for the webgraph. In: **Algorithms-ESA 2003**. Springer Berlin Heidelberg, 2003. p. 703-714.

LEI, X. et al. Technological collaboration patterns in solar cell industry based on patent inventors and assignees analysis. **Scientometrics**, v. 96, n. 2, p. 427-441, 2013.

LEYDESDORFF, L. The triple helix: an evolutionary model of innovations. **Research policy**, v. 29, n. 2, p. 243-255, 2000.

LEYDESDORFF, L.; VAUGHAN, L. Co-occurrence matrices and their applications in information science: Extending ACA to the Web environment. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 57, n. 12, p. 1616-1628, 2006.

LEYDESDORFF, L.; WAGNER, C. S. International collaboration in science and the formation of a core group. **Journal of Informetrics**, v. 2, n. 4, p. 317-325, 2008.

LEWIS, N. S. Research opportunities to advance solar energy utilization. **Science**, v. 351, n. 6271, p. aad1920, 2016.

LG ELECTRONICS, 2018. LG Electronics Inc (066570:Korea SE), Company Description. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/research//stocks/snapshot/snapshot_article.asp?ticker=066570:KS>. Acesso em: novembro de 2018.

LIN, N. et al. The position generator: Measurement techniques for investigations of social capital. **Social capital: theory and research**. New York: Aldine de Gruyter, p. 57-81, 2001.

LINARES, Ian Marques Porto. **Prospecção tecnológica na área de biotecnologia: uma abordagem baseada em rotas tecnológicas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015. doi:10.11606/D.96.2015.tde-20032015-143503. Acesso em: 2016-09-11.

LINARES, I. M. P.; PORTO, G. S. Applying social network analysis as an asset to practical decision making on intellectual property. In: **IAMOT 2016**, 2016, Orlando. Technology Future thinking, 2016. v. 25.

LINSTONE, H. A. *Futures Research Methodology-Version 3.0 CD-ROM* edited by Jerome C. Glenn and Theodore J. Gordon, **The Millennium Project**, Washington, DC, 1300 p., 2009.

LIU, J. S.; LU, L. Y. An integrated approach for main path analysis: Development of the Hirsch index as an example. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 63, n. 3, p. 528-542, 2012.

LIU, X.; CHEN, H.; TAN, S. Overview of high-efficiency organic photovoltaic materials and devices. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 52, p. 1527-1538, 2015.

LUAN, C.; HOU, H.; WANG, X. Mapping the evolution of technology network in the field of solar energy technology. In: **17th International Conference on Science and Technology Indicators (STI)**, Montreal, Quebec, Canada. 2012.

MALINOWSKI, M.; LEON, J. I.; ABU-RUB, H. Solar photovoltaic and thermal energy systems: current technology and future trends. **Proceedings of the IEEE**, v. 105, n. 11, p. 2132-2146, 2017.

MANUAL DE OSLO. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3ª. Ed. Brasília, OECD, Finep, 2005.

MARTIN, S. et al. OpenOrd: an open-source toolbox for large graph layout. In: IS&T/SPIE Electronic Imaging. **International Society for Optics and Photonics**, 2011. p. 786806-786806-11.

MARTINELLI, A. Technological trajectories and industry evolution: the case of the telecom switching industry. In: **25th DRUID Summer Conference**, Copenhagen. 2008.

MARTINO, J. P. A review of selected recent advances in technological forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 70, n. 8, p. 719-733, 2003.

MCNAUGHT, C.; LAM, P. Using Wordle as a supplementary research tool. **The qualitative report**, v. 15, n. 3, p. 630, 2010.

MILES, R. W.; HYNES, K. M.; FORBES, I. Photovoltaic solar cells: An overview of state-of-the-art cell development and environmental issues. **Progress in crystal growth and characterization of materials**, v. 51, n. 1-3, p. 1-42, 2005.

MITSUBISHI, 2018. Corporate data, about, Mitsubishi Electric Global Website. Disponível em: <https://www.mitsubishielectric.com/en/about/corporate_data/index.html>. Acesso em: novembro de 2018.

MICRON, 2018. Overview Micron - Timeline. Disponível em: <<https://www.micron.com/about/our-company/timeline>>. Acesso em: dezembro de 2018.

MME; EPE. **Balanco Energético Nacional**, 2016.

MOMENI, A.; ROST, K. Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 104, p. 16-29, 2016.

MULKAY, M.J.; GILBERT, G. N.; WOOLGAR, S. Problem areas and research networks in science. **Sociology**, v. 9, n. 2, p. 187-203, 1975.

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil**: situação e perspectivas. 2017.

NEWMAN, M. E. J. Modularity and community structure in networks. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 103, n. 23, p. 8577-8582, 2006.

NEWMAN, M. **Networks: an introduction**. Oxford university press, 2010.

NIETO, M. J.; SANTAMARIA, L. The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. **Technovation**, v. 27, n. 6, p. 367-377, 2007.

NIETO, M. J.; SANTAMARIA, L.; FERNANDEZ, Z. Understanding the innovation behavior of family firms. **Journal of Small Business Management**, v. 53, n. 2, p. 382-399, 2015.

NITTA, I. Proposal for a green patent system: implications for sustainable development and climate change. **Sustainable Dev. L. & Pol'y**, v. 5, p. 61, 2005.

NORMAN, D. A.; VERGANTI, R. Incremental and radical innovation: Design research vs. technology and meaning change. **Design Issues**, MIT Press Journals, v. 30, n. 1, p. 78-96, 2014.

NRC, National Research Council. **Persistent forecasting of disruptive technologies**, The National Academies Press, Washington, D. C., 136 p., 2010.

OBI, M.; BASS, R. Trends and challenges of grid-connected photovoltaic systems-A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 1082-1094, 2016.

OECD. **Better policies to support eco-innovation**. OECD Studies on Environmental Innovation, OECD Publishing, 2011a.

OECD. **Fostering innovation for green growth**. OECD Studies on Environmental Innovation, OECD Publishing, 2011b.

OECD. **Energy and Climate Policy: Bending the Technological Trajectory**. OECD Studies on Environmental Innovation, OECD Publishing, 2012.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development; IEA, International Energy Agency; IRENA, International Renewable Energy Agency. IEA/IRENA Joint Policies and Measures database. **Renew300 Federal Renewable Energy Target**. 2017a. Disponível em: <<https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-160950-en.php>>. Acessado em: 05 jun 2017.

_____. **China 13th Solar Energy Development Five Year Plan (2016-2020)**. 2017b. Disponível em: <<https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/china/name-161248-en.php>>. Acessado em: 05 jun 2017.

_____. **2010-2019 Plan for Energy Expansion**. 2017c. Disponível em: <<https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/brazil/name-24980-en.php>>. Acessado em: 05 jun 2017.

ONU. **World Economic and Social Survey 2011 - The great green technological transformation**. Department of Economic and Social affairs, New York, 2011.

OSRAM, 2018. OSRAM OLED GmbH, Company history. Disponível em: <<https://www.osram-oled.com/company/index.jsp>>. Acesso em: dezembro de 2018.

OVT, 2018. Overview - Company - OmniVision. Disponível em: <<https://www.ovt.com/company>>. Acesso em: novembro de 2018.

- PAGE, L. et al. **The PageRank citation ranking**: bringing order to the Web. 1999.
- PANDEY, A. K. et al. Recent advances in solar photovoltaic systems for emerging trends and advanced applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 859-884, 2016.
- PAO, H. T.; FU, H. C. Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 381-392, 2013.
- PARK, N. G. Perovskite solar cells: an emerging photovoltaic technology. **Materials today**, v. 18, n. 2, p. 65-72, 2015.
- PARK, H.; MAGEE, C. L. Tracing technological development trajectories: A genetic knowledge persistence-based main path approach. **PloS one**, v. 12, n. 1, p. e0170895, 2017.
- PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.
- PENG, K. Q.; LEE, S. T. Silicon nanowires for photovoltaic solar energy conversion. **Advanced Materials**, v. 23, n. 2, p. 198-215, 2011.
- PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2017.
- PEREIRA, C. G. et al. Patent mining and landscaping of emerging recombinant factor VIII through network analysis. **Nature biotechnology**, v. 36, n. 7, p. 585-590, 2018.
- PETRONI, G.; VENTURINI, K.; VERBANO, C. Open innovation and new issues in R&D organization and personnel management. **The International Journal of Human Resource Management**, v. 23, n. 1, p. 147-173, 2012.
- PFALTZGRAFF, R. L.; DEGHAND, J. L. European Technological Collaboration: the Experience of the European Launcher Development Organization (ELDO). **JCMS: Journal of Common Market Studies**, v. 7, n. 1, p. 22-34, 1968.
- PHILIPPS, S. P.; DIMROTH, F.; BETT, A. W. High-efficiency III–V multijunction solar cells. In: **McEvoy's Handbook of Photovoltaics**. Academic Press, 2018. p. 439-472.
- PLONSKI, G. A. Cooperação empresa-universidade: antigos dilemas, novos desafios. **Revista USP**, n. 25, p. 32-41, 1995.
- PNA, Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. **Estratégias Setoriais e Temáticas**, Volume II, MMA, Brasília, 2016.
- POLMAN, A. et al. Photovoltaic materials: Present efficiencies and future challenges. **Science**, v. 352, n. 6283, p. aad4424, 2016.
- PORTO, G.; KANNEBLEY JUNIOR, S. **Relatório final**: rotas tecnológicas. Rio de Janeiro: BNDES, 2012. Disponível em: <http://www.ebc.fearp.usp.br/arq_docs/Rotas_012013.pdf>. Acesso em: 09 fev 2016.
- PORTO, G. S.; KANNEBLEY JÚNIOR, S.; BARONI, J. P. M. Análise de Rotas Tecnológicas com base no levantamento dos grupos de Patentes Verdes. In: Rudinei Toneto Jr. e Marcelo

Pinho. (Org.). **Economia de Baixo Carbono: impactos de novos marcos regulatórios e tecnologias sobre a economia Brasileira**. 1ed. São Paulo: FUNPEC, 2014, v. 1, p. 59-92.

POWELL, W.; KOPUT, K. W.; SMITH-DOERR, L. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. **Administrative science quarterly**, p. 116-145, 1996.

PRABHAKARAN, T.; LATHABAI, H.H.; CHANGAT, M. Detection of paradigm shifts and emerging fields using scientific network: A case study of Information Technology for Engineering. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 91, p. 124-145, 2015.

PUTNAM, Robert D. **Bowling alone**: America's declining social capital. In: Culture and politics. Palgrave Macmillan, New York, 2000. p. 223-234.

QUINN, J. B. Technological forecasting. **Harvard Business Review**, v. 45, n. 2, p. 89-106, 1967.

QUITZOW, R.; HUENTELER, J.; ASMUSSEN, H. Development trajectories in China's wind and solar energy industries: How technology-related differences shape the dynamics of industry localization and catching up. **Journal of Cleaner Production**, v. 158, p. 122-133, 2017.

REUTERS, T. 2015. **Top 100 Global Innovators - Honoring the World Leaders in Innovation**. Disponível em: <http://images.info.science.thomsonreuters.biz/Web/ThomsonReutersScience/%7Beb621c66-e238-4994-b1b5-9f5f9f897a75%7D_Thomson_Reuters_Top100_Global_Innovators_final.pdf>. Acessado em: 20 mar 2016.

REUTERS, Thomson. **Powering the Planet 2045**. Technical Report, 2016. Disponível em: <https://www.thomsonreuters.com/content/dam/openweb/documents/pdf/tac/report/powering-the-planet-2045-report.pdf>. Acesso em: 02 jun 2017.

RITTER, T.; GEMÜNDEN, H. G. Network competence: Its impact on innovation success and its antecedents. **Journal of business research**, v. 56, n. 9, p. 745-755, 2003.

ROHM, 2018. Company - ROHM Semiconductor. Disponível em: <<https://www.rohm.com/company>>. Acesso em: dezembro de 2018.

ROTOLO, D.; HICKS, D.; MARTIN, B. R. What is an emerging technology?. **Research Policy**, v. 44, n. 10, p. 1827-1843, 2015.

SAHU, B. K. A study on global solar PV energy developments and policies with special focus on the top ten solar PV power producing countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 621-634, 2015.

SALTON, G., MCGILL, M. **Introduction to Modern Information Retrieval**, McGraw-Hill, N.Y., 1983.

SAMPAIO, P. G. V.; GONZÁLEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, p. 590-601, 2017.

SAMPAIO, P. G. V. et al. Photovoltaic technologies: Mapping from patent analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 93, p. 215-224, 2018.

SAMSUNG, 2018. About Us - Samsung US. Disponível em: <<https://www.samsung.com/us/aboutsamsung/home/>>. Acesso em: novembro de 2018.

SCARPELLI, M.; KANNEBLEY JR, S. **Mensuração e avaliação de indicadores de inovação**. In: PORTO, G. (Org.). Gestão da Inovação e Empreendedorismo. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 335-364, 2013.

SCHREURS, M. A. Breaking the impasse in the international climate negotiations: The potential of green technologies. **Energy Policy**, v. 48, p. 5-12, 2012.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio: Zahar. 1984.

SCOTT, J. **Social network analysis**. Sage, 2012.

ŞEN, Z. Solar energy in progress and future research trends. **Progress in energy and combustion science**, v. 30, n. 4, p. 367-416, 2004.

SHIPILOV, A. V.; LI, S. X. Can you have your cake and eat it too? Structural holes' influence on status accumulation and market performance in collaborative networks. **Administrative Science Quarterly**, v. 53, n. 1, p. 73-108, 2008.

SINOFUSION, 2018. SinoFusion Solar Performance Material Co - Introduction. Disponível em: <<http://www.spmsolar.com/intro-e.htm>>. Acesso em: novembro de 2018.

STAVINS, R. N. **Environmental Economics**. In Durlauf S.N. and L. E. Blume (eds.) The New Palgrave Dictionary of Economics, Second Edition. 2008.

SONG, T.; LEE, S.; SUN, B.. Silicon nanowires for photovoltaic applications: The progress and challenge. **Nano Energy**, v. 1, n. 5, p. 654-673, 2012.

STERNITZKE, C. et al. Visualizing patent statistics by means of social network analysis tools. **World Patent Information**, v. 30, n. 2, p. 115-131, 2008.

STUART, T. E. Network positions and propensities to collaborate: An investigation of strategic alliance formation in a high-technology industry. **Administrative science quarterly**, p. 668-698, 1998.

SUGATHAN, V.; JOHN, E.; SUDHAKAR, K. Recent improvements in dye sensitized solar cells: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 54-64, 2015.

SUNEDISON, 2018. Semiconductors and Semiconductor Equipment, Company Overview of Sun Edison LLC, Bloomberg. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=22662140>>. Acesso em: dezembro de 2018.

SURVE, A. V. Study of Technology Forecasting Methods. **International Journal of Emerging Trends in Science and Technology**, v. 1, n. 05, 2014.

TABACHNICK, Barbara G.; FIDELL, Linda S. **Using multivariate statistics**. Allyn & Bacon/Pearson Education, 2007.

TFAMWG et al. Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 3, p. 287-303, 2004.

TESSERA, 2018. Company Overview of Tessera, Inc. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=35284>>. Acesso em: dezembro de 2018.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**. 3ª. Porto Alegre: Bookman, 2008, 600 p.

TIMILSINA, G. R.; KURDGELASHVILI, L.; NARBEL, P. A. Solar energy: Markets, economics and policies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 449-465, 2012.

THOMPSON, P. Patent citations and the geography of knowledge spillovers: evidence from inventor-and examiner-added citations. **The Review of Economics and Statistics**, v. 88, n. 2, p. 383-388, 2006.

TOL, R.S. Climate, development and malaria: an application of FUND. **Climatic Change**, v. 88, n. 1, p. 21-34, 2008.

TOMLINSON, P. R. Cooperative ties and innovation: Some new evidence for UK manufacturing. **Research Policy**, v. 39, n. 6, p. 762-775, 2010.

TOYOTA, 2018. Company - Toyota Motor Corporation Official Global Website. Disponível em: <<https://global.toyota/en/company/>>. Acesso em: novembro de 2018.

TRENCHER, G. et al. Beyond the third mission: Exploring the emerging university function of co-creation for sustainability. **Science and Public Policy**, v. 41, n. 2, p. 151-179, 2014.

TRINA, 2018. Trina Solar - Our Company. Disponível em: <<https://www.trinasolar.com/us/our-company/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

TURCHI, L. M. et al. **Impactos tecnológicos das parcerias da Petrobras com universidades, centros de pesquisa e firmas brasileiras**. 2013.

TYAGI, V. V. et al. Progress in solar PV technology: Research and achievement. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 20, p. 443-461, 2013.

UN - United Nations. **Affordable and Clean Energy: why it matters?**, Sustainable Development, 2016.

UNIMICRON, 2018. About Unimicron - Unimicron Technology Corporation. Disponível em: <http://www.unimicron.com/edcontent_d.php?lang=en&tb=1&id=203>. Acesso em: novembro de 2018.

UNIRAC, 2018. Unirac, Inc.: Private Company Information - Bloomberg. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=39063540>>. Acesso em: novembro de 2018.

USPTO, United States Patent and Trademark Office. **Patents**. Disponível em: < <http://www.uspto.gov/patents/index.jsp>>. Acesso em: 30 out. 2014.

VAALAND, T. I.; PURCHASE, S; OLARU, D. When Techno-Innovative Relationships Break Up What Happens To The Network?. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v. 2, n. 03, p. 293-312, 2005.

VERBORGH, Ruben; DE WILDE, Max. **Using OpenRefine**. Packt Publishing Ltd, 2013.

VERGANTI, R. Design, Meanings, and Radical Innovation: a meta-model and a research agenda. **Journal of Product Innovation Management**, n. 25, p. 436-456, 2008.

VERSPAGEN, B. Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research. **Advances in Complex Systems**, v. 10, n. 01, p. 93-115, 2007.

VIEGAS, F. B.; WATTENBERG, M.; FEINBERG, J. Participatory visualization with Wordle. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, v. 15, n. 6, p. 1137-1144, 2009.

VILLARREAL, O.; CALVO, N. From the Triple Helix model to the Global Open Innovation model: A case study based on international cooperation for innovation in Dominican Republic. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 35, p. 71-92, 2015.

VON ZEDTWITZ, M.; GASSMANN, O. Market versus technology drive in R&D internationalization: four different patterns of managing research and development. **Research policy**, v. 31, n. 4, p. 569-588, 2002.

WAGNER, C. S.; PARK, H. W.; LEYDESDORFF, L. The continuing growth of global cooperation networks in research: A conundrum for national governments. **PloS one**, v. 10, n. 7, p. e0131816, 2015.

WASSERMAN, S; FAUST, K. **Social Network Analysis: methods and applications**. In: Structural analysis in social the social sciences series. Cambridge: Cambridge University Press, v. 8. 857 p. ISBN 0-521-38707-8, 1994.

WATTS, R. J.; PORTER, A. L. Innovation forecasting. **Technological forecasting and social change**, v. 56, n. 1, p. 25-47, 1997.

WEIBLEN, Tobias; CHESBROUGH, Henry W. Engaging with startups to enhance corporate innovation. **California Management Review**, v. 57, n. 2, p. 66-90, 2015.

WELLMAN, B.; BERKOWITZ, S. D. **Social structures: A network approach**. CUP Archive, 1988.

WENG, C. S. Technology Management: The Perspective of Social Network. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v. 11, n. 03, p. 1440011, 2014.

WEST, S. A.; GRIFFIN, A. S.; GARDNER, A. Social semantics: altruism, cooperation, mutualism, strong reciprocity and group selection. **Journal of evolutionary biology**, v. 20, n. 2, p. 415-432, 2007a.

WEST, S. A.; GRIFFIN, A. S.; GARDNER, A. Evolutionary explanations for cooperation. **Current Biology**, v. 17, n. 16, p. R661-R672, 2007b.

WIPO, World Intellectual Property Organization. **WIPO Intellectual Property Handbook: Policy, Law and Use**. Edition 489. WIPO, 2004. Disponível em: <http://www.wipo.int/export/sites/www/freepublications/en/intproperty/489/wipo_pub_489.pdf>. Acesso em: 27 out. 2014.

WIPO, World Intellectual Property Organization. **IPC Green Inventory**. Disponível em: <<http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/est/>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

WIPO, World Intellectual Property Organization. **World Intellectual Property Indicators 2018**. Disponível em: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2018.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2018.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. Oxford University Press, Oxford, 1987.

XUE, X. et al. Analyzing collaborative relationships among industrialized construction technology innovation organizations: a combined SNA and SEM approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 61, p. 575-586, 2017.

XPERI, 2018. Company - Xperi. Disponível em: <<https://www.xperi.com/company/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

YANG, X. J. et al. China's renewable energy goals by 2050. **Environmental Development**, v. 20, p. 83-90, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 205 p., 2001.

YOON, B.; PARK, Y. A text mining-based patent network: Analytical tool for high-technology trend. **The Journal of High Technology Management Research**, v. 15, n. 1, p. 37-50, 2004.

ZHANG, M. Social network analysis: history, concepts, and research. In: **Handbook of social network technologies and applications**. Springer US, 2010. p. 3-21.

ZHANG, P. et al. Who are leading the change? The impact of China's leading PV enterprises: A complex network analysis. **Applied Energy**, v. 207, p. 477-493, 2017.

ZHAO, Z.; CHEN, Y.; CHANG, R. How to stimulate renewable energy power generation effectively? China's incentive approaches and lessons. **Renewable energy**, v. 92, p. 147-156, 2016.

ZINNIATEK, 2018. ZinniaTek Ltd: Private Company Information - Bloomberg. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/profiles/companies/0955300D:JP-zinniatek-ltd>>. Acesso em: novembro de 2018.

Apêndice A - Políticas e Medidas Públicas de Combate à Emissão de CO₂

Quadro 12 - Resumo das políticas pelos principais países

País / Grupo	Compromisso	Propostas, metas e possíveis estratégias para o setor de energia
União Europeia	20% a 30% abaixo dos níveis de 1990 a 2020.	2012: Portaria para a Redução de Emissões de CO ₂ : em relação aos níveis de 1990, limitar as emissões <ul style="list-style-type: none"> • Edifícios a não mais de 78%; • Indústria para não mais de 93%; • Transporte não superior a 100%.
Estados Unidos	Em relação aos níveis de 2005: 17% abaixo até 2020, 42% abaixo em 2030 e 83% abaixo em 2050.	Plano de ação climática 2013: <ul style="list-style-type: none"> • Padronização de poluição de carbono para usinas elétricas novas e existentes. • Padronização de eficiência de combustível dos veículos pesados pós-2018. • Alcançar uma redução de 40-45% nas emissões de metano dos níveis de 2012 até 2025 da produção de petróleo e gás.
Reino Unido	Objetivos do Reino Unido até 2020: <ul style="list-style-type: none"> • 15% da energia gerada a partir de fontes renováveis no consumo bruto de energia; • 12% do consumo de calor por fontes renováveis; • 31% da demanda de eletricidade gerada a partir de fontes de energia renováveis; • 10% da demanda de energia por fontes de energia renováveis. 	O quadro de política de renováveis do Reino Unido conta com três componentes principais: <ul style="list-style-type: none"> • Apoio financeiro para energias renováveis; • Eliminação de barreiras (incerteza administrativa, política, etc.); • Apoiar e desenvolver tecnologias emergentes; Medidas que permitirão ao Reino Unido alcançar seus objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Continuação da Obrigação de Renováveis (RO); • Sistema de tarifas de feed-in; • Introdução do Incentivo ao calor renovável (RHI); • Cooperação com o Banco Europeu de Investimento (EIB) e Banco de Investimento Verde para financiamento de recursos para projetos renováveis; • Apoio à P&D nos setores de tecnologias de energia renovável e eficiência energética; • Continuação de esquemas financeiros que oferecem apoio a diversas tecnologias em diferentes setores;
China	Intensidade de emissão 40-45% abaixo dos níveis de 2005 até 2020.	2011: 12º Plano quinquenal: Redução de 16% da intensidade energética a partir de 2005 até 2015. Plano de Ação Estratégica de Desenvolvimento Energético de 2014 e Plano Nacional de Mudanças Climáticas (2014-2020): <ul style="list-style-type: none"> • Máximo de 4,8 bilhões de toneladas de equivalente de carvão por ano (consumo primário de energia). • Limitar a parcela do carvão para menos de 62% da demanda total de energia primária em 2020.

País / Grupo	Compromisso	Propostas, metas e possíveis estratégias para o setor de energia
		<ul style="list-style-type: none"> • Energia não fóssil representará 20% do consumo primário até 2030. • 100 GW de energia PV e 200 GW de capacidade eólica.
Rússia	15-25% abaixo dos níveis de 1990 até 2020.	Estratégia energética 2010 até 2030: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir da intensidade de energia 56% abaixo do nível de 2005 até 2030. • Aumentar a participação dos combustíveis não fósseis na demanda de energia primária para 13-14% até 2030. • Reduzir as emissões antropogênicas de GEE em 25-30% abaixo dos níveis de 1990 até 2030, sujeito à maior conta possível da capacidade de absorção das florestas.
Japão	25% abaixo dos níveis de 1990 até 2020.	<ul style="list-style-type: none"> • Abril de 2014: Novo Plano Estratégico de Energia. • Março de 2015: decisão do Conselho de Ministros sobre o Ato proposto para a Melhoria do Desempenho de Economia de Energia dos Edifícios. • Meta para aumentar as energias renováveis para mais de 20% de geração até 2030. • Reinício gradual da geração de eletricidade a partir de usinas nucleares.
Coréia do Sul	30% abaixo das emissões comerciais normais até 2020.	<ul style="list-style-type: none"> • 2º Plano Nacional de Energia Básica. • 1ª etapa da comercialização de emissões (2015-2017). • Padronização do portfólio de energias renováveis.
Índia	Intensidade de emissão 20-25% abaixo dos níveis de 2005 até 2020.	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de Ação Nacional de 2008 sobre Mudanças Climáticas. • Plano 12º quinquenal (2012-2017). • Meta para aumentar as energias renováveis para 175 GW até 2022, dos quais, 100 GW de energia solar.
Brasil	36-39% abaixo das emissões projetadas até 2020.	<ul style="list-style-type: none"> • Plano Decenal de Expansão de Energia. • Plano Nacional de Eficiência Energética.

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de IEA (2016c).

Apêndice B - Evolução de patentes fotovoltaicas entre 1998 e 2017

Tabela 51 - Evolução das patentes fotovoltaicas por país de depósito (ordem alfabética)

País de Depósito	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total Geral
África do Sul	13	4	5	14	8	12	17	14	15	25	36	35	62	60	62	57	31	24	9		503
Alemanha	17	18	32	27	38	19	24	26	41	45	140	211	243	312	313	266	227	159	161	42	2361
Argentina															1	1	2	2	1		7
Austrália	25	40	46	168	261	32	1	1		7	5	13	10	17	21	25	18	34	37	18	779
Áustria	2	1		1			1	1	3	7	5	12	11	9	21	14	13	4	6	1	112
Bélgica											1		2	1					1		5
Brasil				4		2		1		1	3	1	3	3	6	10	5	6	8	5	58
Bulgária		2			1	2	1	1	1	1		1	1	2	4						17
Bureau International da WIPO										6	5	23	41	27	34	51	39	38	35	28	327
Canadá	4	8	3	9	3	8	9	8	8	16	16	27	15	52	56	24	28	34	26	12	366
Chile										1	2				2		11	6	1	1	24
China	6	4	3	16	19	46	86	110	188	426	665	888	1258	1862	2711	3903	4493	7458	1171 2	9001	44855
Chipre											4					1			2		7
Colômbia															1	1					2
Coréia do Sul	260	29	174	202	117	142	75	38	90	196	263	553	788	1079	1358	1104	816	781	897	227	9189
Croácia						1	1	2						7	8	5	7	2		1	34
Dinamarca	1				4					1		6	2	6	4	5	3	4	2	2	40
Egito										1		1									2
Equador						1															1
Escritório Europeu de Patentes (EPO)	70	77	84	61	39	57	53	30	35	89	111	224	274	283	273	275	222	246	320	109	2932
Eslováquia			1		1						1	1	1	4	4	6	6	2	1		28
Eslovênia									1			1		2	4	1		1			10
Espanha	1	3	2	1		5	6	9	10	15	24	32	29	36	19	20	18	24	19	15	288
Estados Unidos	83	94	150	677	613	962	957	749	778	1272	1247	1921	2289	2615	2501	2423	3019	2850	3033	1475	29708
Estônia											1	1									2
Filipinas	1			6		1	6	8	3	34	27	9	6	4	22	39	21	12	27	2	228
Finlândia	2	2	2	2	2	4	3	5	1	4	4	1	3	5	3	12	8	8	10	2	83

País de Depósito	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total Geral
França	4	6	14	8	11	18	11	12	22	23	68	117	135	140	143	133	124	70	60	9	1128
Geórgia		1		1																	2
Grécia	1	1		3		2	2	1		1		1	4	3	3	4	4	2	4		36
Guatemala											1										1
Gulf Cooperation Council (GCC)									1		1										2
Holanda	1	1	1	1	1		2	3	1	1	3	8	13	15	23	20	62	15	8	5	184
Hong Kong				6	1	4	2	1	2	9	8	13	33	118	119	197	144	123	118	62	960
Hungria		1	9	1			2			1			2		2		5	2	5		30
Índia	1		1	16	22	24	32	44	88	89	138	116	166	143	151	128	84	129	138	84	1594
Indonésia										1	4	12	21	2	19	15	17	7			98
Irlanda			1	2		1	2		1	4	3	1				2			1		18
Islândia		1																	1		2
Israel	1	1		1	2	5	7		1	15	41	47	64	94	47	59	46	9	10	8	458
Itália	7	3	9	15	19	31	12	20	24	48	39	42	13	3	26	48	22	1	2	1	385
Iugoslávia/Sérvia e Montenegro				1		1	1	1	1												5
Japão	912	1087	1491	1202	1061	1127	1135	1096	1321	1442	2024	2548	2800	2137	3106	2704	2801	2113	2094	558	34759
Latvia		1		1							4			1		1	1	1			10
Lituânia														1				1			2
Luxemburgo					1					1		2	2		3			1	1	3	14
Malásia				2				1	1			1				2					7
Marrocos	1		3		1	2						5	4	5	6	7	5	1	3		43
México	14	22	22	28	16	32	13	24	45	48	84	77	81	86	75	39	50	17	23	5	801
Mônaco					1	1															2
Noruega	1	1	2	2		3	3	2		1	3	6	8	8	1	3	5	1	5	1	56
Nova Zelândia				1											1	1	1	1			5
Organização de Patentes da Eurásia (EAPO)														1	2						3
Peru																	1		2		3
Polónia	1	2	1	2	2	2		6	1	2	3	9	7	15	17	25	31	16	16	1	159
Portugal					1			1		3		1	3	6	1		1		2		19
Reino Unido	2	1	2	6	3	9	8	8	5	5	15	19	34	31	23	30	42	29	38	13	323

País de Depósito	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total Geral
República de Moldova	2	5	2	4							1	1	1	1		2		1	1		21
República Dominicana						1															1
República Tcheca		2		3	1					2	1	3	2	6	8	16	10	7	6	6	73
Romênia				1	8	1	2	1	1	5	11	3	3	4	4	4		4	1	2	55
Rússia	7	9	8	8	18	9	11	6	3	16	22	13	42	41	43	52	53	46	69	6	482
Sérvia														1		1					2
Singapura	3		3	6	9	9	9	34	54	87	95	109	21	7	10	17	9	8	11	14	515
Suécia	9	12	6	4	2	2	5	2	2	3	3	9	6	3	2	2	7	4	5	1	89
Suíça										2	3	6	4	3	5	5	4	1	3		36
Tailândia		1		2	3	2		2			1								1		12
Taiwan	9	10	21	35	42	69	95	191	84	171	282	400	521	473	502	405	306	215	201	42	4074
Tajiquistão			1																		1
Tunísia												1	4	1		1		2			9
Turquia								1	2	5	2	3	2	5	2	6	15	13	17	2	75
Ucrânia			1	2	3	10	6	3	3	19	35	44	37	27	49	50	44	31	25	16	405
Uruguai										1					1	2					4
Vietnã											2	20	11	1	5	4	7	1	3		54

Fonte: Elaboração própria.

Apêndice C - 100 maiores titulares patentes PV por subgrupo tecnológico

Tabela 52 - Quantidade de patentes PV por titular e tecnologia

Titular	Total*	Montagem de uma pluralidade de células solares	Carregamento de baterias	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica	Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)	Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares	Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares	Silício; crescimento de cristal simples
Sharp	1877	705	112	1885	199	29	34	159
Mitsubishi Electric Corp	1766	1220	84	940	7	3	42	31
Kyocera Corp	1392	505	109	1361	39	2	53	125
Toshiba Corp	1284	683	71	714	69	2	22	54
Sony Corp	1082	321	58	801	133	3	11	40
Sanyo Electric Co	1008	530	56	1115	8	9	42	23
LG Electronics	970	351	32	1646	1	4	5	5
Samsung Electronics	925	294	12	888	2	1	2	44
Canon	904	297	21	869	19	7	41	130
Fujifilm Corp	732	131	0	838	170	2	0	2
Hitachi	730	532	26	271	9	0	21	13
Taiwan Semiconductor Mfg	729	476	0	383	0	1	0	11
Commissariat Energie Atomique	727	129	18	948	12	2	6	62
IBM	720	167	4	1024	1	0	1	13
Matsushita Electric Ind	705	359	27	403	16	16	29	39
Panasonic Corp	686	277	69	488	50	27	20	26
Seiko Epson Corp	660	375	6	315	41	0	2	53
LG Innotek	651	343	9	799	1	4	5	2
Panasonic IP Man	641	159	112	1111	19	15	25	7
Shinetsu Handotai	577	23	0	99	0	0	0	660
Sumco Corp	561	2	0	13	0	0	0	579
Sumitomo Electric Ind	558	133	37	526	7	3	14	21

Titular	Total*	Montagem de uma pluralidade de células solares	Carregamento de baterias	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica	Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)	Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares	Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares	Silício; crescimento de cristal simples
Nec Corp	529	221	56	319	43	3	1	20
Dainippon Printing	519	231	3	421	112	7	0	26
Fujitsu	514	251	9	331	6	1	2	12
Toyota Motor Corp	494	321	54	211	8	1	21	20
Denso Corp	483	386	51	65	2	0	8	4
Micron Technology	471	199	0	370	0	0	0	11
Sekisui Chemical	470	178	50	538	142	0	4	9
Oceans King Lighting Science	457	5	0	520	13	296	0	5
Fuji Electric	428	361	7	103	1	0	8	24
Fujikura	428	57	19	311	360	0	0	2
Osram Opto Semiconductors	410	125	0	432	0	1	0	1
Hitachi Chemical	409	164	1	502	12	0	0	2
Ind Technology Res Inst	400	131	5	486	51	1	6	11
Sunpower Corp	382	107	2	719	0	0	3	1
Renesas Electronics Corp	379	376	0	59	0	1	1	5
LG Chemical	377	98	4	464	18	5	0	13
Semiconductor Energy Lab	374	76	5	420	0	1	0	31
State Grid Corp China	370	26	217	37	0	87	28	0
Mitsubishi Materials Corp	362	122	0	70	3	0	0	228
Rohm	351	212	3	188	18	1	2	1
Kaneka Corp	325	97	1	663	5	0	1	17
Samsung Sdi	311	61	8	341	58	1	3	12
Du Pont	304	17	0	390	0	0	0	3
Shinetsu Chemical Co	303	89	0	465	3	0	0	130
Sumitomo Chemical Co	301	21	0	360	11	0	0	11

Titular	Total*	Montagem de uma pluralidade de células solares	Carregamento de baterias	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica	Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)	Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares	Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares	Silício; crescimento de cristal simples
Infineon Technologies Ag	300	224	1	97	0	0	3	13
Bosch Robert	298	91	22	265	3	10	6	7
Toppan Printing	288	142	0	274	39	1	0	13
Intel Corp	280	187	3	143	0	1	0	2
Mitsubishi Chem Corp	277	65	3	321	19	2	0	6
Renesas Technology Corp	276	277	0	55	0	0	0	0
Centre Nat Rech Scient	269	68	4	467	31	0	19	31
Gen Electric	265	60	12	354	9	3	3	13
Konica Minolta Holdings	250	32	2	256	51	1	3	1
Hon Hai Prec Ind	241	69	14	213	8	12	2	38
LG Siltron	237	2	0	5	0	0	0	234
First Solar	233	45	1	409	0	0	0	0
Changzhou Trina Solar Energy	226	12	1	312	0	1	0	24
Fuji Photo Film	225	8	0	175	191	1	0	1
Jinko Solar	224	9	0	216	0	0	0	91
Byd	222	33	8	283	18	4	5	12
Toray Industries	222	94	0	212	8	0	0	20
Shinko Electric Ind Co	221	196	0	34	4	1	0	0
Murata Manufacturing Co	213	148	8	62	4	0	0	5
Jinko Solar Holding	209	6	0	211	0	0	0	78
Advanced Semiconductor Eng	208	130	0	97	0	0	0	1
Nitto Denko Corp	203	50	1	213	23	1	0	10
Applied Materials	202	31	0	192	2	0	0	75
Au Optronics Corp	200	55	0	263	0	1	0	6
Asahi Glass	198	61	1	298	13	0	0	5

Titular	Total*	Montagem de uma pluralidade de células solares	Carregamento de baterias	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica	Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)	Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares	Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares	Silício; crescimento de cristal simples
Fraunhofer Ges Forschung	196	22	2	256	2	0	2	9
Guangdong Aiko Solar Energy Technology	196	6	0	323	0	0	0	2
Univ California	195	23	0	277	17	1	0	8
Korea Energy Research Inst	190	78	0	233	9	0	2	28
Saint Gobain	190	40	0	304	4	0	0	2
Korea Electronics Telecomm	184	51	4	239	11	0	6	1
Ricoh	184	13	15	225	50	0	2	6
Dow Global Technologies	179	37	0	309	8	0	0	0
Mitsubishi Heavy Ind	179	73	33	124	2	0	5	27
Merck Patent	178	11	0	243	21	0	0	2
Bridgestone Corp	177	83	0	181	21	0	0	11
Sumitomo Bakelite Co	176	126	0	65	7	0	0	0
Hamamatsu Photonics	173	14	0	202	0	0	0	2
Honda Motor	172	86	22	119	5	3	7	3
Univ Zhejiang	170	4	11	195	4	3	14	22
Boeing Co	168	24	2	290	0	0	1	0
Mitsubishi Sumitomo Silicon	168	0	0	5	0	0	0	195
Tdk Corp	167	70	0	81	49	0	2	15
Basf Se	166	15	0	272	40	0	0	2
Nissan Motor	163	99	8	48	17	0	3	13
Siemens Ag	163	49	8	145	4	0	7	8
Univ South China Tech	160	1	10	214	8	2	9	1
Elpida Memory	157	158	0	3	0	0	0	7
Matsushita Electric Works	157	57	15	109	11	9	12	2
Motechnology Ind	157	94	0	236	0	0	0	4

Titular	Total*	Montagem de uma pluralidade de células solares	Carregamento de baterias	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica	Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)	Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares	Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares	Silício; crescimento de cristal simples
Konica Minolta	152	13	3	146	41	1	2	11
Hitachi Cable	148	41	0	157	2	0	0	11
Yingli Solar China	147	10	0	132	0	2	0	54

Fonte: Elaboração própria.

*Nota: Equivale à quantidade absoluta de patentes por titular. São desconsideradas as duplicidades em virtude das múltiplas classificações de IPC que cada patente pode ter.

Apêndice D - 100 titulares com melhores estatísticas na rede cooperação

Tabela 53 - Estatística de Grau médio ponderado (*Average Weighted Degree*)

Posição	Titular	Grau médio ponderado	Posição	Titular	Grau médio ponderado
1	State Grid Corp China	609	36	Saint-Gobain Glass France Sa	147
2	Samsung Electronics	592	37	Panasonic Elec Works	145
3	Centre Nat Rech Scient	571	38	LG Innotek	145
4	IBM	554	39	Renesas Technology	143
5	Panasonic Corp	452	40	Boeing Co	143
6	Hitachi	390	41	Infineon Technologies Ag	142
7	Sharp	379	42	Arkema France	135
8	Matsushita Electric Ind	317	43	Univ Kyoto	132
9	Dow Global Technologies	299	44	Freescale Semiconductor	132
10	Fraunhofer Ges Forschung	285	45	Total Marketing Services	130
11	Matsushita Denki Sangyo	284	46	Gen Electric	122
12	Commissariat Energie Atomique	269	47	Kyocera Corp	121
13	Micron Technology	266	48	Mitsubishi Sumitomo Silicon	120
14	Toshiba Corp	260	49	LG Chemical	118
15	Samsung Sdi	243	50	Taiwan Semiconductor Mfg	118
16	Sumitomo Electric Ind	225	51	Univ Princeton	113
17	Panasonic IP Man	223	52	Aptina Imaging Corp	112
18	Nec Corp	222	53	Denso Corp	112
19	Sunpower Corp	222	54	Univ Kyushu	112
20	Sanyo Electric Co	216	55	Hon Hai Prec Ind	110
21	Osram Opto Semiconductors	213	56	Mitsubishi Chem Corp	109
22	Toyota Motor Corp	210	57	Sumco Corp	107
23	Merck Patent	207	58	Sumitomo Wiring Systems	105
24	Univ California	203	59	Matsushita Electric Works	103
25	LG Electronics	203	60	Nat Inst of Adv Ind and Technol	100
26	Intel Corp	193	61	Sumitomo Chemical Co	98
27	Saint-Gobain Glass France	183	62	Massachusetts Inst Technology	97
28	Renesas Technology Corp	180	63	Keenihan James R	97
29	Siemens Ag	178	64	Evonik Degussa	95
30	Int Business Machines Corp	165	65	Fujifilm Corp	94
31	Cie De Saint-Gobain	162	66	Agilent Technologies	94
32	Bosch Robert	160	67	Koninkl Philips Electronics Nv	94
33	Mitsubishi Electric Corp	159	68	Univ Tohoku	93
34	Sony Corp	154	69	Omnivision Technologies	93
35	Applied Materials	150			

Posição	Titular	Grau médio ponderado
70	Hitachi Seisakusho	91
71	Fujitsu	90
72	Dokuritsu Gyosei Hojin Sangyo Gijutsu So	90
73	Toyota Central Res and Dev	90
74	Langmaid Joseph A	90
75	Shahrjerdi Davood	89
76	Corning	89
77	Univ Michigan	88
78	Renesas Electronics Corp	87
79	Primestar Solar	87
80	Univ Tokyo	86
81	Hitachi Chemical	86
82	Univ Osaka	85
83	Samsung Denkan	85
84	Total Sa	85
85	Erk Peter	85

Fonte: Elaboração própria.

Posição	Titular	Grau médio ponderado
86	Lopez Leonardo C	85
87	Ibiden	83
88	Konarka Technologies	83
89	Univ Southern California	82
90	Sens Ruediger	82
91	Kisco	82
92	Saint Gobain	81
93	Nat Inst Advanced Ind Sci and Technology	81
94	Hewlett-Packard Dev Co Lp	81
95	Bruder Ingmar	80
96	First Solar	80
97	Omnivision Technology	80
98	Samsung Electro Mech	79
99	Dongbu Electronics	79
100	Rohm	78

Tabela 54 - Estatística de Centralidade da proximidade (*Closeness centrality*)

Posição	Titular	Centralidade da proximidade
1	Samsung Electronics	0,24
2	Nec Corp	0,236
3	Univ California	0,224
4	Massachusetts Inst Technology	0,220
5	Univ Osaka	0,219
6	Univ Tokyo	0,214
7	Fujifilm Corp	0,213
8	Fujitsu	0,213
9	Nat Inst For Materials Science	0,213
10	Univ Shinshu	0,212
11	Univ Tohoku	0,211
12	Micron Technology	0,211
13	Sharp	0,211
14	Mitsubishi Chem Corp	0,210
15	Hitachi	0,210
16	California Inst of Technology	0,209
17	Infineon Technologies Ag	0,209
18	Ibiden	0,208

Posição	Titular	Centralidade da proximidade
19	Univ Leland Stanford Junior	0,208
20	Centre Nat Rech Scient	0,207
21	Univ Tokyo Sci	0,207
22	Univ Sungkyunkwan Res and Bus	0,207
23	Int Business Machines Corp	0,207
24	Samsung Sdi	0,207
25	Mitsubishi Electric Corp	0,206
26	Sanyo Electric Co	0,205
27	Samsung Denkan	0,205
28	Toshiba Corp	0,204
29	Lee Sang-Mock	0,204
30	Jin Sung-Ho	0,204
31	Lee Kyu-Hyoung	0,204
32	Sumitomo Chemical Co	0,203
33	Univ Tsukuba	0,203
34	Oki Electric Ind	0,203
35	Samsung Display	0,203

Posição	Titular	Centralidade da proximidade
36	Matsushita Electronics Corp	0,203
37	Hitachi Chemical	0,203
38	Hewlett Packard Co	0,203
39	Nissan Motor	0,202
40	Sony Corp	0,202
41	Sumitomo Electric Ind	0,202
42	Matsushita Electric Ind	0,202
43	Merck Patent	0,202
44	Nam J	0,202
45	Chartered Semiconductor Mfg	0,202
46	Globalfoundries Singapore Pte	0,202
47	Lai C W	0,202
48	Utomo H	0,201
49	Nippon Telegraph and Telephone	0,201
50	Fuji Xerox	0,201
51	Univ Nanyang Tech	0,200
52	Park H J	0,200
53	Agilent Technologies	0,200
54	Samsung Electro Mech	0,200
55	Lee Kwang Hee	0,200
56	Univ Tokyo Rika Gh	0,200
57	Kim Kyu Sik	0,199
58	Park Kyung Bae	0,199
59	Toyota Motor Corp	0,199
60	Unist Academy Ind Res Corp	0,199
61	Toppan Printing	0,199
62	Ahn D	0,199
63	Fujikura	0,199
64	Univ Seoul Nat R and Db Found	0,199
65	Postechnology Acad Ind Found	0,199
66	Choi H	0,199

Posição	Titular	Centralidade da proximidade
67	Samsung Mobile Display	0,199
68	Ko J	0,199
69	Huh K S	0,199
70	Aptina Imaging Corp	0,198
71	Tokyo Inst Tech	0,198
72	Iucf Hyu	0,198
73	Oh M	0,198
74	Song N	0,198
75	Chung S	0,198
76	Jeon K	0,198
77	Korea Advanced Inst Sci and Tech	0,198
78	Kim Y K	0,198
79	Denso Corp	0,198
80	Hirose Electric	0,198
81	Sumco Corp	0,198
82	Lee Yun-Seok	0,198
83	Song Nam-Kyu	0,198
84	Hanyang Universtiy	0,198
85	Lee Czang-Ho	0,198
86	Nam Yuk-Hyun	0,198
87	Shin Myung-Hun	0,198
88	Jung Seung-Jae	0,198
89	Kim Jung-Tae	0,198
90	Lee Byoung-Kyu	0,198
91	Lim Mi-Hwa	0,198
92	Seo Joon-Young	0,198
93	Choi Dong-Uk	0,198
94	Kim Byoung-June	0,198
95	Seo Kyoung-Jin	0,198
96	Jeong Byong Gook	0,198
97	Kang Ku-Hyun	0,198
98	Kang Yoon-Mook	0,198
99	Song Ju-Hee	0,198
100	Suh Dong-Chul	0,198

Fonte: Elaboração própria

Tabela 55 - Estatística de Centralidade de Intermediação (*Betweenness centrality*)

Posição	Titular	Centralidade de Intermediação
1	Samsung Electronics	2,391E+23

Posição	Titular	Centralidade de Intermediação
2	Nec Corp	1,247E+23

Posição	Titular	Centralidade de Intermediação
3	Centre Nat Rech Scient	9,040E+15
4	Massachusetts Inst Technology	7,400E+15
5	Univ California	7,127E+15
6	Emcore Corp	5,595E+15
7	IBM	5,268E+14
8	Infineon Technologies Ag	4,737E+15
9	Fraunhofer Ges Forschung	4,244E+15
10	Univ Tohoku	4,238E+15
11	Alliance Sustainable Energy	4,117E+16
12	State Grid Corp China	3,910E+16
13	California Inst of Technology	3,766E+15
14	Merck Patent	3,647E+15
15	Univ Shanghai Jiaotong	3,603E+16
16	Sandia Corp	3,346E+16
17	Ecole Polytech	3,317E+15
18	Bosch Robert	3,311E+15
19	Hewlett Packard Co	3,281E+15
20	Sharp	3,254E+15
21	Siemens Ag	2,991E+16
22	Micron Technology	2,942E+15
23	Advent Solar	2,749E+16
24	Fujifilm Corp	2,632E+15
25	Konink Philips Electronics Nv	2,626E+15
26	Nat Inst For Materials Science	2,559E+15
27	Univ Sungkyunkwan Res and Bus	2,482E+15
28	Univ Osaka	2,451E+16
29	Hitachi Chemical	2,408E+16
30	Dow Global Technologies	2,325E+15
31	Total Marketing Services	2,305E+14

Posição	Titular	Centralidade de Intermediação
32	Applied Materials	2,278E+16
33	Commissariat Energie Atomique	2,250E+16
34	Hitachi	2,238E+16
35	Lumileds Lighting Us	2,227E+15
36	Taiwan Semiconductor Mfg	2,188E+15
37	First Solar	2,159E+15
38	Basf Se	2,153E+16
39	Int Business Machines Corp	2,126E+15
40	Sumitomo Chemical Co	2,105E+16
41	Osram Opto Semiconductors	2,089E+16
42	Toyota Motor Corp	2,063E+16
43	Toshiba Corp	2,030E+15
44	Mitsubishi Chem Corp	1,956E+16
45	Hynix Semiconductor	1,865E+16
46	Sunpower Corp	1,846E+15
47	Sony Corp	1,799E+16
48	Fujitsu	1,762E+16
49	Univ Leland Stanford Junior	1,760E+15
50	Gen Electric	1,694E+16
51	Samsung Sdi	1,692E+16
52	Panasonic Corp	1,659E+16
53	Korea Electronics Technology	1,656E+16
54	Intel Corp	1,619E+16
55	Meakin D H	1,602E+15
56	Univ Nanyang Tech	1,580E+16
57	Univ Tokyo	1,571E+15
58	Carlson D E	1,570E+15
59	Evonik Degussa	1,542E+16
60	Fraunhofer Ges Foerderung Angewandten Ev	1,536E+15
61	LG Electronics	1,535E+16
62	Intellectual Ventures Ii	1,407E+16

Posição	Titular	Centralidade de Intermediação
63	Imec Vzw	1,351E+16
64	Mitsubishi Electric Corp	1,263E+16
65	Newsouth Innovations Pty	1,207E+16
66	LG Chemical	1,182E+16
67	Sanyo Electric Co	1,176E+15
68	Murphy Stephen P	1,176E+15
69	Denso Corp	1,161E+16
70	Cambridge Display Tech	1,156E+15
71	Consejo Superior Investigacion	1,151E+16
72	Solarworld Innovations	1,132E+16
73	Dow Corning	1,120E+15
74	Schott Solar Ag	1,115E+16
75	Freescale Semiconductor	1,110E+16
76	Fuji Electric	1,084E+16
77	Matsushita Electric Ind	1,047E+16
78	Choi H	1,042E+16
79	Karlsruher Inst Technologie	1,031E+16
80	Boeing Co	1,012E+15
81	Korea Inst Sci and Tech	9,989E+15

Fonte: Elaboração própria.

Posição	Titular	Centralidade de Intermediação
82	Ko J	9,944E+15
83	Kyocera Corp	9,913E+15
84	Konarka Technologies	9,818E+15
85	Univ Kyoto	9,791E+15
86	Raytheon Co	9,78792E+15
87	Advanced Micro Devices	9,77316E+15
88	Georgia Technology Res Corp	9,640E+15
89	Hamamatsu Photonics	9,636E+15
90	Univ Shinshu	9,619E+15
91	Saint Gobain	9,453E+15
92	Univ Kyushu	8,820E+15
93	Eni Spa	8,725E+15
94	China Electric Power Res Inst	8,621E+15
95	Grohe Andreas	8,552E+15
96	Us Sec of Navy	8,425E+15
97	Bailat Julien	8,280E+15
98	Sumitomo Electric Ind	8,229E+15
99	Agilent Technologies	8,224E+15
100	WOEHL ROBERT	8,143E+15

Tabela 56 - Estatística de Pagerank

Posição	Titular	Pagerank
1	State Grid Corp China	0,00855
2	Samsung Electronics	0,00539
3	Sharp	0,00394
4	IBM	0,00345
5	Toshiba Corp	0,00295
6	Univ California	0,00274
7	Centre Nat Rech Scient	0,00268
8	Sony Corp	0,00250
9	Commissariat Energie Atomique	0,00247
10	Osram Opto Semiconductors	0,00245
11	Hitachi	0,00245
12	Micron Technology	0,00237

Posição	Titular	Pagerank
13	Sunpower Corp	0,00222
14	Bosch Robert	0,00214
15	Intel Corp	0,00214
16	Taiwan Semiconductor Mfg	0,00210
17	Fraunhofer Ges Forschung	0,00207
18	Infineon Technologies Ag	0,00196
19	Panasonic Corp	0,00191
20	Siemens Ag	0,00184
21	Freescale Semiconductor	0,00179
22	Gen Electric	0,00169
23	LG Electronics	0,00150
24	Applied Materials	0,00148
25	Dow Global Technologies	0,00147

Posição	Titular	Pagerank
26	Samsung Sdi	0,00145
27	Mitsubishi Electric Corp	0,00144
28	Nec Corp	0,00143
29	Boeing Co	0,00142
30	Sanyo Electric Co	0,00140
31	Kyocera Corp	0,00139
32	Massachusetts Inst Technology	0,00137
33	Toyota Motor Corp	0,00134
34	Merck Patent	0,00133
35	LG Chemical	0,00118
36	Raytheon Co	0,00111
37	First Solar	0,00108
38	Sumitomo Electric Ind	0,00108
39	Matsushita Electric Ind	0,00108
40	Aptina Imaging Corp	0,00106
41	Alliance Sustainable Energy	0,00104
42	Texas Instruments	0,00103
43	Hewlett-Packard Dev Co Lp	0,00102
44	Koninkl Philips Electronics Nv	0,00102
45	Agilent Technologies	0,00099
46	Univ Kyoto	0,00097
47	Sumitomo Chemical Co	0,00097
48	Univ Tohoku	0,00095
49	Fujitsu	0,00093
50	Matsushita Denki Sangyo	0,00093
51	Corning	0,00093
52	Mitsubishi Chem Corp	0,00087
53	Korea Electronics Telecomm	0,00087
54	LG Innotek	0,00087
55	Canon	0,00085
56	Univ Princeton	0,00084
57	Samsung Electro Mech	0,00083
58	Ricoh	0,00083
59	Renesas Technology Corp	0,00082
60	Saint Gobain	0,00079
61	Fuji Electric	0,00079
62	Fujifilm Corp	0,00075
63	Oki Electric Ind	0,00075

Posição	Titular	Pagerank
64	Asahi Glass	0,00075
65	Univ Tokyo	0,00074
66	Korea Inst Sci and Tech	0,00073
67	Univ Osaka	0,00073
68	California Inst of Technology	0,00072
69	Arkema France	0,00071
70	Nissan Motor	0,00069
71	Dow Corning	0,00068
72	Denso Corp	0,00068
73	Honeywell Int	0,00068
74	Univ Kyushu	0,00067
75	Konarka Technologies	0,00066
76	Dokuritsu Gyosei Hojin Sangyo Gijutsu So	0,00066
77	Evonik Degussa	0,00065
78	Imec	0,00065
79	Rohm	0,00064
80	Ind Technology Res Inst	0,00064
81	Nat Inst of Advanced Ind Scien	0,00064
82	Schott Solar Ag	0,00064
83	Kaneka Corp	0,00063
84	Stats Chippac	0,00062
85	St Microelectronics Sa	0,00062
86	Ecole Polytech	0,00062
87	Univ Leland Stanford Junior	0,00061
88	Panasonic Elec Works	0,00060
89	Shinetsu Chemical Co	0,00060
90	Semiconductor Energy Lab	0,00060
91	Univ Michigan	0,00059
92	Newsouth Innovations Pty	0,00059
93	Ut Battelle	0,00058
94	Qualcomm	0,00058
95	Hon Hai Prec Ind	0,00058
96	Nitto Denko Corp	0,00057
97	Consejo Superior Investigacion	0,00057
98	Tokyo Inst Tech	0,00057
99	Isis Innovation	0,00056
100	Agency Sci Technology and Res	0,00056

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 57 - Estatística de Triangulações

Posição	Titular	Triangulações
1	Samsung Electronics	670
2	IBM	598
3	Centre Nat Rech Scient	534
4	Applied Materials	394
5	Dow Global Technologies	302
6	Hitachi	298
7	Fraunhofer Ges Forschung	294
8	Samsung Sdi	292
9	Intel Corp	251
10	Univ California	243
11	Merck Patent	228
12	Osram Opto Semiconductors	218
13	State Grid Corp China	215
14	Micron Technology	207
15	Commissariat Energie Atomique	196
16	Erk Peter	194
17	Sharp	190
18	Sunpower Corp	188
19	Elgar Yacov	178
20	Lu Danny Cam Toan	178
21	Sullivan Jeffrey S	178
22	Bosch Robert	175
23	Panasonic Corp	174
24	Bruder Ingmar	166
25	Boeing Co	164
26	Freescale Semiconductor	164
27	Siemens Ag	163
28	Infineon Technologies Ag	160
29	Aptina Imaging Corp	159
30	Ut Battelle	159
31	Murphy Stephen P	156
32	Hwang Jae Hyung	155
33	Choi Soo Young	153
34	De Vries Nicholas G J	153
35	Englhardt Eric A	153
36	Frei Michel R	153
37	Hawkins Parris	153
38	Ho Choi	153
39	Hunter James Craig	153
40	Lo Wing Hoo	153

Posição	Titular	Triangulações
41	Mei Fang	153
42	Patel Srujal	153
43	Saunders Matthew J B	153
44	Trowbridge Teresa	153
45	Walker Brice	153
46	Won Tae K	153
47	LG Electronics	150
48	Univ Tohoku	150
49	Sens Ruediger	146
50	Renesas Technology	144
51	Nec Corp	143
52	Agilent Technologies	142
53	Evonik Degussa	142
54	Matsushita Electric Ind	139
55	Schoeneboom Jan	139
56	Arkema France	136
57	Taiwan Semiconductor Mfg	135
58	Lee Yun-Seok	132
59	Song Nam-Kyu	127
60	Lumb Matthew P	126
61	Meyer Jerry R	126
62	Vurgaftman Igor	126
63	Konarka Technologies	120
64	Tischler Joseph G	120
65	Ekins-Daukes Nicholas	118
66	Toyota Motor Corp	117
67	Abell Joshua	116
68	Adams Jessica	116
69	Chan Ngai	116
70	Dokuritsu Gyosei Hojin Sangyo Gijutsu So	116
71	Gonzalez Maria	116
72	Jenkins Phillip	116
73	Stavrinou Paul	116
74	Toshiba Corp	116
75	Walters Robert J	116
76	Yakes Michael K	116
77	Ott Ronald D	114
78	Panasonic Elec Works	114
79	Matsushita Denki Sangyo	113
80	Pschirer Neil Gregory	111
81	Lee Czang-Ho	109

Posição	Titular	Triangulações
82	Univ Kyoto	109
83	Emcore Corp	108
84	Inst Polytechnique Bordeaux	105
85	Brochon Cyril	104
86	Hadziioannou Georges	104
87	Mitsubishi Electric Corp	104
88	Us Government	103
89	Sony Corp	102
90	Univ Delaware	102
91	Gen Electric	101

Posição	Titular	Triangulações
92	Univ Bordeaux 2	101
93	Blug Matthias	100
94	Busse Jens	100
95	Hoch Sascha	100
96	Jaegermann Wolfram	100
97	Kaiser Bernhard	100
98	Hitachi Seisakusho	98
99	Massachusetts Inst Technology	98
100	Koninkl Philips Electronics Nv	97

Fonte: Elaboração própria.

Apêndice E - Principais parceiros dos 20 titulares que mais cooperam

Tabela 58 - FMRC e DURC dos 20 titulares que mais cooperam e seus principais parceiros

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	Medida de Salton		Titular A			Titular B		
			FMRC	Faixa	Total Patentes	DURC	Faixa DURC	Total Patentes	DURC	Faixa DURC
Sharp	Univ Tokyo	12	0,029	Incipiente	1877	0,01	Baixa	90	0,13	Baixa
	Univ Kyoto	8	0,021	Incipiente	1877	0,00	Baixa	74	0,11	Baixa
	Fujitsu	5	0,005	Incipiente	1877	0,00	Baixa	514	0,01	Baixa
State Grid Corp China	Jiangsu Electric Power Co	23	0,249	Incipiente	370	0,06	Baixa	23	1,00	Alta
	State Grid Hebei Electric Power Co	14	0,188	Incipiente	370	0,04	Baixa	15	0,93	Alta
	State Grid Fujian Electric Power	12	0,180	Incipiente	370	0,03	Baixa	12	1,00	Alta
	Nanping Electric Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	10	0,164	Incipiente	370	0,03	Baixa	10	1,00	Alta
	Shaowu Power Supply Co of State Grid Fujian Electric Power	10	0,164	Incipiente	370	0,03	Baixa	10	1,00	Alta
	State Grid Beijing Electric Power Co	10	0,157	Incipiente	370	0,03	Baixa	11	0,91	Alta
Sanyo Electric Co	Panasonic IP Man	64	0,080	Incipiente	1008	0,06	Baixa	641	0,10	Baixa
	Sanyo Semiconductor	37	0,189	Incipiente	1008	0,04	Baixa	38	0,97	Alta
	Kanto Sanyo Semiconductors	12	0,109	Incipiente	1008	0,01	Baixa	12	1,00	Alta
	Panasonic Corp	11	0,013	Incipiente	1008	0,01	Baixa	686	0,02	Baixa
Samsung Electronics	Samsung Sdi	33	0,062	Incipiente	925	0,04	Baixa	311	0,11	Baixa
	Samsung Display	10	0,036	Incipiente	925	0,01	Baixa	83	0,12	Baixa
	Samsung Semiconductor Cn R&D	7	0,087	Incipiente	925	0,01	Baixa	7	1,00	Alta
	Univ Sungkyunkwan Res and Bus	7	0,024	Incipiente	925	0,01	Baixa	89	0,08	Baixa
Toshiba Corp	Toshiba Materials	35	0,163	Incipiente	1284	0,03	Baixa	36	0,97	Alta
	Toshiba Micro Electronics	22	0,131	Incipiente	1284	0,02	Baixa	22	1,00	Alta
	Toshiba Electronic Eng	21	0,128	Incipiente	1284	0,02	Baixa	21	1,00	Alta
	Toshiba Electron Tubes and Devic	7	0,069	Incipiente	1284	0,01	Baixa	8	0,88	Alta
Panasonic Corp	Matsushita Denki Sangyo	91	0,293	Pontual	686	0,13	Baixa	141	0,65	Alta
	Matsushita Electric Ind	91	0,131	Incipiente	686	0,13	Baixa	705	0,13	Baixa
	Panasonic IP Man	70	0,106	Incipiente	686	0,10	Baixa	641	0,11	Baixa
	Panasonic Elec Works	21	0,071	Incipiente	686	0,03	Baixa	129	0,16	Baixa

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	Medida de Salton		Titular A			Titular B		
			FMRC	Faixa	Total Patentes	DURC	Faixa DURC	Total Patentes	DURC	Faixa DURC
	Matsushita Electric Works	18	0,055	Incipiente	686	0,03	Baixa	157	0,11	Baixa
	Univ Waseda	12	0,088	Incipiente	686	0,02	Baixa	27	0,44	Baixa
	Sanyo Electric Co	11	0,013	Incipiente	686	0,02	Baixa	1008	0,01	Baixa
Oceans King Lighting Science	Oceans King Dongguan Lighting Technology	46	0,317	Pontual	457	0,10	Baixa	46	1,00	Alta
	Shenzhen Ocean's King Lighting Engineering	24	0,229	Incipiente	457	0,05	Baixa	24	1,00	Alta
	Haiyangwang Lighting Technology	14	0,175	Incipiente	457	0,03	Baixa	14	1,00	Alta
	Shenzhen Ocean's King Lighting Technology	10	0,148	Incipiente	457	0,02	Baixa	10	1,00	Alta
Centre Nat Rech Scient	Electricite De France	44	0,362	Pontual	269	0,16	Baixa	55	0,80	Alta
	Total Sa	28	0,293	Pontual	269	0,10	Baixa	34	0,82	Alta
	Total Marketing Services	28	0,224	Incipiente	269	0,10	Baixa	58	0,48	Baixa
	Ecole Polytech	23	0,165	Incipiente	269	0,09	Baixa	72	0,32	Baixa
	Commissariat Energie Atomique	14	0,032	Incipiente	269	0,05	Baixa	727	0,02	Baixa
	Inst Polytechnique Bordeaux	13	0,220	Incipiente	269	0,05	Baixa	13	1,00	Alta
	Ecole Polytechnique	13	0,198	Incipiente	269	0,05	Baixa	16	0,81	Alta
	Rhodia Operations	11	0,154	Incipiente	269	0,04	Baixa	19	0,58	Alta
	Total Raffinage Marketing	10	0,169	Incipiente	269	0,04	Baixa	13	0,77	Alta
	Arkema France	10	0,062	Incipiente	269	0,04	Baixa	97	0,10	Baixa
Commissariat Energie Atomique	Isorg	19	0,150	Incipiente	727	0,03	Baixa	22	0,86	Alta
	Arkema France	18	0,068	Incipiente	727	0,02	Baixa	97	0,19	Baixa
	St Microelectronics Sa	15	0,060	Incipiente	727	0,02	Baixa	86	0,17	Baixa
	Aledia	14	0,102	Incipiente	727	0,02	Baixa	26	0,54	Alta
	Centre Nat Rech Scient	14	0,032	Incipiente	727	0,02	Baixa	269	0,05	Baixa
	Colas Sa	7	0,098	Incipiente	727	0,01	Baixa	7	1,00	Alta
Sony Corp	Sony Computer Entertainment	6	0,064	Incipiente	1082	0,01	Baixa	8	0,75	Alta
	Sony Semiconductor Solutions Corp	6	0,035	Incipiente	1082	0,01	Baixa	27	0,22	Baixa
	Suzhou Inst Nano Technology and Nano B	6	0,018	Incipiente	1082	0,01	Baixa	103	0,06	Baixa
	Sony Deutschland	5	0,046	Incipiente	1082	0,00	Baixa	11	0,45	Baixa
Hitachi	Hitachi Ulsi Sys	31	0,179	Incipiente	730	0,04	Baixa	41	0,76	Alta

Titular A	Titular B	Patentes em Cooperação	Medida de Salton		Titular A			Titular B		
			FMRC	Faixa	Total Patentes	DURC	Faixa DURC	Total Patentes	DURC	Faixa DURC
	Renesas Technology Corp	29	0,065	Incipiente	730	0,04	Baixa	276	0,11	Baixa
	Hitachi Seisakusho	26	0,189	Incipiente	730	0,04	Baixa	26	1,00	Alta
	Elpida Memory	19	0,056	Incipiente	730	0,03	Baixa	157	0,12	Baixa
	Hitachi Tobu Semiconductor	12	0,119	Incipiente	730	0,02	Baixa	14	0,86	Alta
	Hitachi Car Eng	11	0,123	Incipiente	730	0,02	Baixa	11	1,00	Alta
	Renesas Electronics Corp	10	0,019	Incipiente	730	0,01	Baixa	379	0,03	Baixa
	Univ Kyoto	8	0,034	Incipiente	730	0,01	Baixa	74	0,11	Baixa
	Mitsubishi Chem Corp	8	0,018	Incipiente	730	0,01	Baixa	277	0,03	Baixa
IBM	Egypt Nanotechnology Center	9	0,053	Incipiente	720	0,01	Baixa	9	1,00	Alta
	IBM UK	6	0,066	Incipiente	720	0,01	Baixa	8	0,75	Alta
Jinko Solar	Jinko Solar Holding	196	0,906	Elevada	224	0,88	Alta	209	0,94	Alta
Toyota Motor Corp	Denso Corp	31	0,063	Incipiente	494	0,06	Baixa	483	0,06	Baixa
	Toyota Central Res and Dev	28	0,115	Incipiente	494	0,06	Baixa	121	0,23	Baixa
	Toyota Jidosha	15	0,107	Incipiente	494	0,03	Baixa	40	0,38	Baixa
	Toyota Ind Corp	14	0,063	Incipiente	494	0,03	Baixa	101	0,14	Baixa
	Toyota Jidoshokki	11	0,089	Incipiente	494	0,02	Baixa	31	0,35	Baixa
Panasonic IP Man	Panasonic Corp	70	0,106	Incipiente	641	0,03	Baixa	686	0,10	Baixa
	Sanyo Electric Co	64	0,080	Incipiente	641	0,02	Baixa	1008	0,06	Baixa
	Matsushita Electric Ind	26	0,039	Incipiente	641	0,02	Baixa	705	0,04	Baixa
	Matsushita Denki Sangyo	18	0,060	Incipiente	641	0,03	Baixa	141	0,13	Baixa
	Panasonic Elec Works	14	0,049	Incipiente	641	0,02	Baixa	129	0,11	Baixa
	Matsushita Electric Works	11	0,035	Incipiente	641	0,02	Baixa	157	0,07	Baixa
LG Innotek	Univ Chung Ang Ind	5	0,045	Incipiente	651	0,01	Baixa	19	0,26	Baixa
Micron Technology	Aptina Imaging Corp	18	0,097	Incipiente	471	0,04	Baixa	73	0,25	Baixa
Sunpower Corp	Total Marketing Services	21	0,141	Incipiente	382	0,05	Baixa	58	0,36	Baixa

Legenda: FMRC=Força da relação de cooperação (medida de Salton); Faixa=Classificação da FMRC;

Fonte: Elaboração própria.

Apêndice F - FMRC e DURC dos 100 titulares PV que mais cooperam

Tabela 59 - Estatísticas sobre FMRC e DURC dos 100 titulares que mais cooperam

Posição	Titular	Tipo Titular	Patentes PV em Cooperação	Total Patentes PV	% Coop.	Mediana FMRC	Faixa FMRC	Máximo FMRC	Mediana DURC	Faixa DURC	Máximo DURC
1	Sharp	Empresa	526	1877	0,28	0,023	Incipiente	0,080	0,001	Baixa	0,006
2	State Grid Corp China	Empresa	370	370	1,00	0,052	Incipiente	0,249	0,003	Baixa	0,062
3	Sanyo Electric Co	Empresa	353	1008	0,35	0,031	Incipiente	0,189	0,001	Baixa	0,063
4	Samsung Electronics	Empresa	333	925	0,36	0,033	Incipiente	0,088	0,001	Baixa	0,036
5	Toshiba Corp	Empresa	283	1284	0,22	0,028	Incipiente	0,163	0,001	Baixa	0,027
6	Panasonic Corp	Empresa	255	686	0,37	0,038	Incipiente	0,293	0,001	Baixa	0,133
7	Centre Nat Rech Scient	Centro de Pesquisa	245	269	0,91	0,061	Incipiente	0,362	0,006	Baixa	0,164
8	Oceans King Lighting Science	Empresa	245	457	0,54	0,066	Incipiente	0,317	0,004	Baixa	0,101
9	Commissariat Energie Atomique	Centro de Pesquisa	243	727	0,33	0,037	Incipiente	0,150	0,001	Baixa	0,026
10	Sony Corp	Empresa	235	1082	0,22	0,030	Incipiente	0,064	0,001	Baixa	0,006
11	Hitachi	Empresa	213	730	0,29	0,037	Incipiente	0,189	0,001	Baixa	0,042
12	IBM	Empresa	203	720	0,28	0,037	Incipiente	0,281	0,003	Baixa	0,079
13	Jinko Solar	Empresa	196	224	0,88	0,906	Elevada	0,906	0,875	Alta	0,875
14	Jinko Solar Holding	Empresa	196	209	0,94	0,906	Elevada	0,906	0,938	Alta	0,938
15	Mitsubishi Electric Corp	Empresa	194	1766	0,11	0,024	Incipiente	0,151	0,001	Baixa	0,023
16	Toyota Motor Corp	Empresa	185	494	0,37	0,045	Incipiente	0,115	0,002	Baixa	0,063
17	Panasonic IP Man	Empresa	181	641	0,28	0,039	Incipiente	0,106	0,003	Baixa	0,109
18	LG Innotek	Empresa	180	651	0,28	0,039	Incipiente	0,184	0,002	Baixa	0,034
19	Micron Technology	Empresa	178	471	0,38	0,046	Incipiente	0,222	0,002	Baixa	0,055
20	Sunpower Corp	Empresa	161	382	0,42	0,051	Incipiente	0,141	0,003	Baixa	0,055
21	Nec Corp	Empresa	156	529	0,29	0,039	Incipiente	0,326	0,002	Baixa	0,112

Posição	Titular	Tipo Titular	Patentes PV em Cooperação	Total Patentes PV	% Coop.	Mediana FMRC	Faixa FMRC	Máximo FMRC	Mediana DURC	Faixa DURC	Máximo DURC
22	LG Electronics	Empresa	154	970	0,16	0,032	Incipiente	0,120	0,001	Baixa	0,014
23	Matsushita Electric Ind	Empresa	154	705	0,22	0,038	Incipiente	0,311	0,001	Baixa	0,139
24	Shinetsu Handotai	Empresa	153	577	0,27	0,042	Incipiente	0,093	0,002	Baixa	0,064
25	Sumitomo Electric Ind	Empresa	153	558	0,27	0,042	Incipiente	0,228	0,002	Baixa	0,084
26	Sumitomo Chemical Co	Empresa	143	301	0,48	0,058	Incipiente	0,163	0,003	Baixa	0,050
27	Matsushita Denki Sangyo	Empresa	141	141	1,00	0,084	Incipiente	0,311	0,007	Baixa	0,695
28	Osram Opto Semiconductors	Empresa	134	410	0,33	0,049	Incipiente	0,148	0,002	Baixa	0,029
29	Taiwan Semiconductor Mfg	Empresa	133	729	0,18	0,037	Incipiente	0,052	0,001	Baixa	0,005
30	Kyocera Corp	Empresa	130	1392	0,09	0,027	Incipiente	0,071	0,001	Baixa	0,005
31	Changshu Csi Adv Solar	Empresa	122	122	1,00	0,091	Incipiente	0,572	0,008	Baixa	0,541
32	Du Pont	Empresa	122	304	0,40	0,057	Incipiente	0,181	0,003	Baixa	0,033
33	Samsung Sdi	Empresa	115	311	0,37	0,057	Incipiente	0,345	0,003	Baixa	0,119
34	Basf Se	Empresa	112	166	0,67	0,078	Incipiente	0,425	0,006	Baixa	0,181
35	Csi Solar Power China	Empresa	109	109	1,00	0,096	Incipiente	0,572	0,009	Baixa	0,606
36	Fujifilm Corp	Empresa	109	732	0,15	0,037	Incipiente	0,165	0,001	Baixa	0,033
37	Shinetsu Chemical Co	Empresa	109	303	0,36	0,057	Incipiente	0,103	0,003	Baixa	0,122
38	Fraunhofer Ges Forschung	Empresa	107	196	0,55	0,071	Incipiente	0,267	0,005	Baixa	0,071
39	Hitachi Chemical	Empresa	106	409	0,26	0,017	Incipiente	0,140	0,005	Baixa	0,020
40	Hon Hai Prec Ind	Empresa	105	241	0,44	0,064	Incipiente	0,357	0,004	Baixa	0,195
41	Intel Corp	Empresa	105	280	0,38	0,060	Incipiente	0,139	0,004	Baixa	0,025
42	Dow Global Technologies	Empresa	102	179	0,57	0,075	Incipiente	0,317	0,006	Baixa	0,101
43	Saint-Gobain Glass France	Empresa	98	109	0,90	0,096	Incipiente	0,824	0,009	Baixa	0,697
44	Sumco Corp	Empresa	95	561	0,17	0,020	Incipiente	0,160	0,002	Baixa	0,087
45	Semiconductor Energy Lab	Empresa	94	374	0,25	0,052	Incipiente	0,090	0,003	Baixa	0,021

Posição	Titular	Tipo Titular	Patentes PV em Cooperação	Total Patentes PV	% Coop.	Mediana FMRC	Faixa FMRC	Máximo FMRC	Mediana DURC	Faixa DURC	Máximo DURC
46	Univ California	Universidade	94	195	0,48	0,072	Incipiente	0,203	0,005	Baixa	0,041
47	Fuji Electric	Empresa	91	428	0,21	0,028	Incipiente	0,084	0,002	Baixa	0,012
48	Fujikura	Empresa	89	428	0,21	0,021	Incipiente	0,085	0,005	Baixa	0,019
49	Univ Princeton	Universidade	89	121	0,74	0,091	Incipiente	0,353	0,008	Baixa	0,231
50	Canon	Empresa	88	904	0,10	0,033	Incipiente	0,067	0,001	Baixa	0,004
51	Siemens Ag	Empresa	88	163	0,54	0,078	Incipiente	0,175	0,006	Baixa	0,086
52	Mitsubishi Sumitomo Silicon	Empresa	87	168	0,52	0,077	Incipiente	0,160	0,006	Baixa	0,292
53	Denso Corp	Empresa	85	483	0,18	0,046	Incipiente	0,155	0,002	Baixa	0,064
54	Toyota Central Res and Dev	Centro de Pesquisa	82	121	0,68	0,055	Incipiente	0,402	0,008	Baixa	0,364
55	First Solar	Empresa	81	233	0,35	0,066	Incipiente	0,185	0,004	Baixa	0,034
56	Renesas Technology Corp	Empresa	80	276	0,29	0,060	Incipiente	0,177	0,004	Baixa	0,105
57	LG Chemical	Empresa	79	377	0,21	0,052	Incipiente	0,155	0,003	Baixa	0,024
58	Cie De Saint-Gobain	Empresa	78	78	1,00	0,113	Incipiente	0,824	0,026	Baixa	0,974
59	Sumitomo Bakelite Co	Empresa	78	176	0,44	0,053	Incipiente	0,107	0,006	Baixa	0,011
60	Suzhou Csi Solar Power Technology Co	Empresa	77	147	0,52	0,117	Incipiente	0,350	0,020	Baixa	0,143
61	Infineon Technologies Ag	Empresa	76	300	0,25	0,058	Incipiente	0,102	0,003	Baixa	0,047
62	Merck Patent	Empresa	75	178	0,42	0,075	Incipiente	0,212	0,006	Baixa	0,051
63	Mitsubishi Chem Corp	Empresa	75	277	0,27	0,060	Incipiente	0,104	0,004	Baixa	0,032
64	Sekisui Chemical	Empresa	75	470	0,16	0,013	Incipiente	0,046	0,002	Baixa	0,009
65	Gen Electric	Empresa	74	265	0,28	0,061	Incipiente	0,137	0,004	Baixa	0,019
66	Ulvac	Empresa	73	103	0,71	0,099	Incipiente	0,139	0,010	Baixa	0,019
67	Applied Materials	Empresa	72	202	0,36	0,070	Incipiente	0,141	0,005	Baixa	0,025
68	Kaneka Corp	Empresa	71	325	0,22	0,055	Incipiente	0,266	0,003	Baixa	0,071
69	Konica Minolta Holdings	Empresa	70	250	0,28	0,052	Incipiente	0,438	0,020	Baixa	0,220

Posição	Titular	Tipo Titular	Patentes PV em Cooperação	Total Patentes PV	% Coop.	Mediana FMRC	Faixa FMRC	Máximo FMRC	Mediana DURC	Faixa DURC	Máximo DURC
70	Omnivision Technology	Empresa	70	133	0,53	0,087	Incipiente	0,168	0,008	Baixa	0,060
71	Univ Osaka	Universidade	70	77	0,91	0,051	Incipiente	0,199	0,013	Baixa	0,260
72	Saint Gobain	Empresa	69	190	0,36	0,073	Incipiente	0,145	0,005	Baixa	0,026
73	Nippon Mining and Metals	Empresa	68	84	0,81	0,149	Incipiente	0,526	0,024	Baixa	0,381
74	Boeing Co	Empresa	67	168	0,40	0,077	Incipiente	0,191	0,006	Baixa	0,042
75	Fujitsu	Empresa	67	514	0,13	0,044	Incipiente	0,117	0,002	Baixa	0,027
76	Aptina Imaging Corp	Empresa	66	73	0,90	0,117	Incipiente	0,203	0,014	Baixa	0,247
77	Arkema France	Empresa	66	97	0,68	0,102	Incipiente	0,282	0,021	Baixa	0,186
78	Bosch Robert	Empresa	66	298	0,22	0,058	Incipiente	0,116	0,003	Baixa	0,017
79	Univ Tokyo	Universidade	65	90	0,72	0,034	Incipiente	0,199	0,011	Baixa	0,133
80	Univ Michigan	Universidade	64	110	0,58	0,095	Incipiente	0,344	0,009	Baixa	0,236
81	Hongfujin Prec Ind Shenzhen	Empresa	61	72	0,85	0,139	Incipiente	0,357	0,028	Baixa	0,653
82	Konica Corp	Empresa	61	63	0,97	0,109	Incipiente	0,438	0,040	Baixa	0,873
83	Panasonic Elec Works	Empresa	61	129	0,47	0,088	Incipiente	0,197	0,008	Baixa	0,163
84	Renesas Electronics Corp	Empresa	61	379	0,16	0,051	Incipiente	0,116	0,003	Baixa	0,069
85	Mitsubishi Materials Corp	Empresa	60	362	0,17	0,053	Incipiente	0,174	0,006	Baixa	0,044
86	Univ Tsinghua	Universidade	60	140	0,43	0,085	Incipiente	0,169	0,007	Baixa	0,157
87	Nippon Electric Co	Empresa	59	62	0,95	0,090	Incipiente	0,326	0,016	Baixa	0,952
88	Asahi Glass	Empresa	58	198	0,29	0,071	Incipiente	0,163	0,005	Baixa	0,051
89	Massachusetts Inst Technology	Centro de Pesquisa	58	103	0,56	0,099	Incipiente	0,171	0,010	Baixa	0,029
90	Rohm	Empresa	58	351	0,17	0,041	Incipiente	0,065	0,003	Baixa	0,020
91	Dongbu Electronics	Empresa	57	68	0,84	0,167	Incipiente	0,339	0,029	Baixa	0,324
92	Univ Kyoto	Universidade	57	74	0,77	0,082	Incipiente	0,232	0,027	Baixa	0,122
93	3m Innovative Properties	Empresa	56	123	0,46	0,090	Incipiente	0,326	0,008	Baixa	0,114

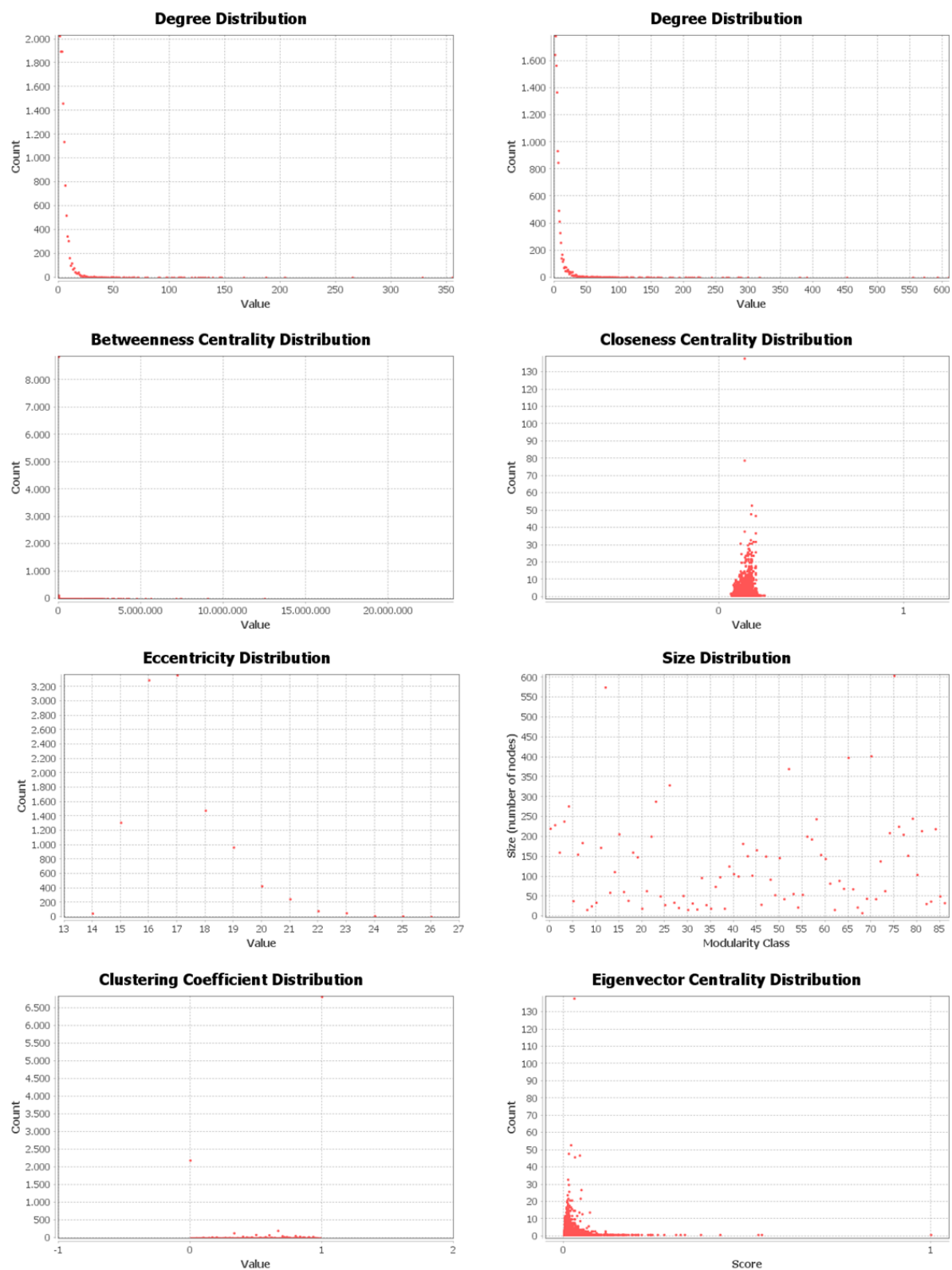
Posição	Titular	Tipo Titular	Patentes PV em Cooperação	Total Patentes PV	% Coop.	Mediana FMRC	Faixa FMRC	Máximo FMRC	Mediana DURC	Faixa DURC	Máximo DURC
94	Aisin Seiki	Empresa	56	99	0,57	0,067	Incipiente	0,402	0,010	Baixa	0,444
95	Daikin Ind	Empresa	56	131	0,43	0,087	Incipiente	0,321	0,008	Baixa	0,153
96	Freescale Semiconductor	Empresa	55	99	0,56	0,101	Incipiente	0,178	0,010	Baixa	0,121
97	Total Marketing Services	Empresa	54	58	0,93	0,064	Incipiente	0,437	0,017	Baixa	0,483
98	Ricoh	Empresa	53	184	0,29	0,074	Incipiente	0,255	0,005	Baixa	0,065
99	Boe Technology Group	Empresa	52	113	0,46	0,114	Incipiente	0,365	0,013	Baixa	0,168
100	Lintec Corp	Empresa	52	136	0,38	0,086	Incipiente	0,171	0,007	Baixa	0,029

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: FMRC Média=Média da força mútua da relação de cooperação (medida de Salton); FMRC Mediana=Mediana da força mútua da relação de cooperação (medida de Salton); DURC Média=Média da dependência unilateral da relação de cooperação; DURC Mediana=Mediana da dependência unilateral da relação de cooperação.

Apêndice G - Relatório geral de estatísticas da rede de cooperação (componente gigante)

Figura 78 - Relatório geral de estatísticas da rede de cooperação (componente gigante)



Fonte: Elaboração própria.

Apêndice H - Estatísticas de rede dos principais clusters de cooperação de titulares PV

Tabela 60 - Detalhamento das estatísticas de rede por cluster de cooperação

Medida	Cluster						
	Amarelo	Azul	Azul Claro	Laranja	Rosa	Verde claro	Vermelho
Principal Titular	Mitsubishi Electric Corp	Hitachi	Centre Nat Rech Scient	IBM	Samsung Electronics	Osram Opto Semiconductors	State Grid Corp China
Nós	246	289	576	325	605	403	371
Arestas	402	628	1506	1045	1686	964	596
Representatividade do Cluster	2,17%	2,55%	5,09%	2,91%	5,34%	3,56%	3,28%
Grau	3,27	4,35	5,23	6,43	5,56	4,78	3,21
Grau Médio Ponderado	5,75	8,86	9,22	6,63	8,01	5,83	5,79
Diâmetro da Rede	9	7	11	6	8	9	6
Triangulações	228	713	2173	1660	2495	1081	327
Triangulações por nó	0,93	2,47	3,77	5,11	4,12	2,68	0,88
Comprimento médio do caminho	4,45	3,25	3,71	2,09	3,00	3,02	2,26
FMRC Incipiente	0,56	0,59	0,31	0,27	0,28	0,32	0,53
FMRC Pontual	0,12	0,12	0,18	0,14	0,16	0,12	0,16
FMRC Frequente	0,12	0,12	0,20	0,22	0,27	0,22	0,14

Medida	Cluster						
	Amarelo	Azul	Azul Claro	Laranja	Rosa	Verde claro	Vermelho
FMRC Elevada	0,20	0,18	0,31	0,37	0,30	0,35	0,17
Maior Pagerank	Mitsubishi Electric Corp	Hitachi	Centre Nat Rech Scient	IBM	Samsung Electronics	Osram Opto Semiconductors	State Grid Corp China
Maior Centralidade de Proximidade	Mitsubishi Electric Corp	Hitachi	Commissariat Energie Atomique	IBM	Samsung Electronics	Osram Opto Semiconductors	State Grid Corp China
Maior Centralidade de Intermediação	Mitsubishi Electric Corp	Hitachi	Centre Nat Rech Scient	IBM	Samsung Electronics	Osram Opto Semiconductors	State Grid Corp China
Maior grau médio ponderado	Mitsubishi Electric Corp	Hitachi	Centre Nat Rech Scient	IBM	Samsung Electronics	Osram Opto Semiconductors	State Grid Corp China
Maior Centralidade de autovetor	Mitsubishi Electric Corp	Hitachi	Centre Nat Rech Scient	IBM	Samsung Electronics	Osram Opto Semiconductors	State Grid Corp China
Maior quantidade de triangulações	Mitsubishi Electric Corp	Hitachi	Centre Nat Rech Scient	IBM	Samsung Electronics	Osram Opto Semiconductors	State Grid Corp China

Fonte: Elaboração própria.

Anexo A - Classificação IPC Green Inventory

Nome da Tecnologia PV (em inglês)	Nome da tecnologia PV (em português)*	IPC
Devices adapted for the conversion of radiation energy into electrical energy	Dispositivos adaptados para a conversão de energia de radiação em energia elétrica	H01L 27/142, 31/00-31/078
		H01G 9/20
		H02N 6/00
Using organic materials as the active part	Uso de materiais orgânicos como parte ativa	H01L 27/30, 51/42-51/48
Assemblies of a plurality of solar cells	Montagem de uma pluralidade de células solares	H01L 25/00, 25/03, 25/16, 25/18, 31/042
Silicon; single-crystal growth	Silício; crescimento de cristal simples	C01B 33/02
		C23C 14/14, 16/24
		C30B 29/06
Regulating to the maximum power available from solar cells	Regulagem para potência máxima disponível a partir de células solares	G05F 1/67
Electric lighting devices with, or rechargeable with, solar cells	Dispositivos de iluminação elétrica com, ou recarregáveis com, células solares	F21L 4/00
		F21S 9/03
Charging batteries	Carregamento de baterias	H02J 7/35
Dye-sensitised solar cells (DSSC)	Células solares sensibilizadas por corante (DSSC)	H01G 9/20
		H01M 14/00

Fonte: Tradução livre feita pelo autor (WIPO, 2015).