

Área: Inovação | Tema: Gestão da Inovação, da Tecnologia e da Propriedade Intelectual

UM ESTUDO SOCIOMÉTRICO: UMA ANÁLISE SOBRE SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E INOVAÇÃO

A SOCIOMETRIC STUDY: AN ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY SYSTEMS AND INNOVATION

Laura Visintainer Lerman

RESUMO

A pesquisa teve como o objetivo a identificação de lacunas na pesquisa de sistemas de energias renováveis e inovação, visto que sistema de energia renovável (SER) pode ser economicamente mais benéfico em comparação ao sistema energético atual. Além disso, ocorreu a ascensão de artigos em relação a aspectos da inovação e de novos centros de pesquisa focados em inovação. Consequentemente, utilizou-se a análise de redes sociais (ARS) com objetivo de realizar a pesquisa bibliométrica e sociométrica. Para isso, analisou-se cinquenta artigos do Web of Science. Os principais elementos analisados foram os autores e as palavras-chave das pesquisas. Identificou-se que há temas já bastante explorados como Renewable Energy, Energy Transition, Energy, Innovation, Engineering, Renewable Energy Systems, Sustainability, Business model e computational intelligence. Além disso, existe uma lacuna de pesquisa relacionada à Micro Renewable Energy Systems. Outrossim, as redes analisadas que possuem machine learning, software integration e artificial intelligence, organic rankine cycle e CO2 emissions como palavras-chave podem ser exploradas nas próximas pesquisas.

Palavras-Chave: sistemas de energias renováveis, inovação, análise de redes sociais.

ABSTRACT

The researchs' objective is the identification of gaps in the research of renewable energy systems and innovation, since renewable energy system can be economically more beneficial in comparison to the current energy system. In addition, there has been a rise in articles on aspects of innovation and new research centers focused on innovation. Consequently, we used social networks analizys with the objective of performing bibliometric and sociometric research. For this, fifty articles were analyzed from the Web of Science. The main elements analyzed were the authors and the keywords of the researches. Renewable Energy Systems, Biomass, Sustainability, Business Model, and Computational Intelligence have all been explored. In addition, there is a research gap related to Micro Renewable Energy Systems. Also, analyzed networks that have machine learning, software integration, artificial intelligence, organic rankine cycle, and CO2 emissions as keywords can be explored in future research.

Keywords: renewable energy system, innovation, social network analyzis.

Inovação: Gestão da Inovação, Tecnologia e Propriedade Intelectual

UM ESTUDO SOCIOMÉTRICO: UMA ANÁLISE SOBRE SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E INOVAÇÃO

A SOCIOMETRIC STUDY: AN ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY SYSTEMS AND INNOVATION

RESUMO

A pesquisa teve como o objetivo a identificação de lacunas na pesquisa de sistemas de energias renováveis e inovação, visto que sistema de energia renovável (SER) pode ser economicamente mais benéfico em comparação ao sistema energético atual. Além disso, ocorreu a ascensão de artigos em relação a aspectos da inovação e de novos centros de pesquisa focados em inovação. Conseqüentemente, utilizou-se a análise de redes sociais (ARS) com objetivo de realizar a pesquisa bibliométrica e sociométrica. Para isso, analisou-se cinquenta artigos do *Web of Science*. Os principais elementos analisados foram os autores e as palavras-chave das pesquisas. Identificou-se que há temas já bastante explorados como *Renewable Energy*, *Energy Transition*, *Energy*, *Innovation*, *Engineering*, *Renewable Energy Systems*, *Sustainability*, *Business model* e *computational intelligence*. Além disso, existe uma lacuna de pesquisa relacionada à *Micro Renewable Energy Systems*. Outrossim, as redes analisadas que possuem *machine learning*, *software integration* e *artificial intelligence*, *organic rankine cycle* e *CO2 emissions* como palavras-chave podem ser exploradas nas próximas pesquisas.

Palavras-chave: sistemas de energias renováveis, inovação, análise de redes sociais.

ABSTRACT

The researchs' objective is the identification of gaps in the research of renewable energy systems and innovation, since renewable energy system can be economically more beneficial in comparison to the current energy system. In addition, there has been a rise in articles on aspects of innovation and new research centers focused on innovation. Consequently, we used social networks analizys with the objective of performing bibliometric and sociometric research. For this, fifty articles were analyzed from the Web of Science. The main elements analyzed were the authors and the keywords of the researches. Renewable Energy Systems, Biomass, Sustainability, Business Model, and Computational Intelligence have all been explored. In addition, there is a research gap related to Micro Renewable Energy Systems. Also, analyzed networks that have machine learning, software integration, artificial intelligence, organic rankine cycle, and CO2 emissions as keywords can be explored in future research.

Keywords: *renewable energy system, innovation, social network analyzis.*

1 INTRODUÇÃO

Schumpeter (1912) destaca que o conceito de inovação abrange os seguintes casos: (i) a introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de um bem; (ii) a introdução de um novo método de produção; (iii) a abertura de um novo mercado; (iv) a conquista de uma nova fonte de suprimento de matérias-primas ou produtos semimanufaturados; e (v) a realização da nova organização de uma indústria, como a criação de uma posição de monopólio ou o desmembramento de uma posição de monopólio. Entretanto, com o passar dos anos, observaram-se diferentes entendimentos de como ocorre o processo de inovação. Além disso, ocorreu a ascensão de artigos em relação a aspectos da inovação (FAGERBERG, 2005; FAGERBERG; VERSPAGEN, 2009) e de novos centros de pesquisa focados em inovação. Por exemplo, é enfatizado que empresas inovadoras têm competências específicas com intuito de explorar novas possibilidades e *exploit* seus resultados (PAVITT, 1991). Portanto, cada empresa, para inovar, possui capacidades (LALL, 1992; COHEN; LEVINTHAL, 1990) No entanto, essa análise é realizada a nível de firma, cada empresa gera seu processo de inovação diferente da outra, o que é realizado de forma diferente dependendo do porte da empresa (PAVITT, 2005; SCOZZI et al., 2005).

Embora a empresa pense muito em inovação para se manter competitiva no mercado, é importante a participação do governo, por exemplo, a partir de políticas públicas de incentivo à inovação (LUNDVALL; BORRÁS, 2005) e políticas de inovação relacionadas a sistemas de energias renováveis (FRANK et al., 2018). Para tanto, é fundamental que exista não só a participação do governo e da empresa, e, sim, uma interação da universidade-empresa-governo (ETZKOWITZ, 2011; BRUNEEL et al., 2010 e PERKMANN et al., 2013).

Além disso, globalmente, ocorreu um aumento da demanda de energia, o que é um fator essencial para o desenvolvimento de outras fontes de energia nos países tanto desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Consequentemente, segundo IRENA (2018), a energia renovável precisa ser ampliada pelo menos seis vezes mais rápido para o mundo começar a atingir as metas estabelecido no Acordo de Paris.

Brini et al. (2017) ressaltam que as fontes de energia renovável adquiriram uma grande relevância, porque são fontes mais limpas e que geram um menor impacto ambiental. Ademais, países que utilizam fontes limpas serão, em menor grau, relacionados a combustíveis fósseis e serão menos impactados pela crise econômica (BRINI et al., 2017). Fu et al. (2017) acrescentam que os países, à medida que se tornam industrializados e aderem à economia global, participarão de uma cadeia de valor sustentável e suportarão uma economia renovável.

Portanto, conforme Peidong et al. (2009), a energia renovável é uma opção inevitável para o desenvolvimento econômico sustentável e para a coexistência harmoniosa do ser humano. Consequentemente, todas as regiões do mundo podem se beneficiar da transformação de energia, embora a distribuição dos benefícios varie de acordo com o contexto socioeconômico (IRENA, 2018).

Outrossim, sistema de energia renovável (SER) pode ser economicamente mais benéfico em comparação ao sistema energético atual (MATHIESEN et al., 2011). E, quando se pensar em um plano para se transformar um sistema energético em 100% renovável, é essencial pensar em novas tecnologias, redução da demanda e melhorias na infraestrutura (MATHIESEN et al., 2011), por exemplo. Mathiesen et al. (2011) destacam que é só realizar a transformação de um sistema de energia convencional para um SER já garante grandes vantagens socioeconômicas.

Para isso, a inovação é fundamental, visto que é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias para energias renováveis; as empresas necessitam focalizar em quais capacidades de inovação são essenciais para se manterem competitivas em sistemas de energias; quais processos de inovação são essenciais para que a empresa possa competir nesse mercado; entender quais políticas de inovação que o governo deve utilizar para criar um ambiente

propício para o desenvolvimento de um SER (FRANK et al., 2018); quais interações entre governo-indústria-universidade são mais benéficas para o SER.

Portanto, é necessário entender como está ocorrendo a relação das pesquisas que envolvem a inovação e o SER, quais as linhas de pesquisas que estão consolidadas relacionados ao SER e a inovação; quais pesquisas estão em expansão e quais lacunas de pesquisa existem. Conseqüentemente, será realizado um estudo bibliométrico (envolvendo os autores e coautores de artigos e os conteúdos das pesquisas, analisados por meio das palavras-chave) com a utilização da análise de redes sociais para responder à seguinte questão: *Qual a direção das pesquisas de SER em relação à inovação?*

Para isso, de acordo com Brass (2011), a rede social ao invés de se centrar nos atores em si, tem como foco as relações entre eles. Entende-se, dessa forma, que o indivíduo se encontra inserido na rede junto com suas interconexões, o que representa o esforço das relações sociais dentro dos grupos (BRASS, 2011; WISE, 2012).

É possível entender a rede social como um conjunto ou grupo de pessoas que possuem algum tipo de interações entre elas (WASSERMAN; FAUST, 1994; SCOTT, 2012). Existem diversos tipos de rede, além das redes sociais. Um deles é a rede de informações, o exemplo clássico é o de citação de artigos acadêmicos: os nós são os artigos, e as conexões são as citações, as quais indicam que o Artigo A referenciou o Artigo B (NEWMAN, 2001). Entretanto, além de se identificar as citações, é possível verificar quais autores estão cooperando com quais para a publicação de artigos e se as palavras-chave que eles utilizam estão alinhadas.

Complementarmente, existem artigos bibliométricos utilizando a análise de redes sociais (ARS) para identificar o desenvolvimento de tecnologias de energia solar através da inovação aberta (DE PAULO; PORTO, 2017) e já outros tinham como objetivo avaliar os artigos relacionados à inovação em energias limpas e combustíveis fósseis (BORGES; PORTO, 2017). Portanto, existe uma lacuna de pesquisa em relação à inovação e os sistemas de energias renováveis. O objetivo do artigo é identificar as lacunas de pesquisa da relação ao SER e à inovação. Além disso, é possível detectar também os temas já consolidados, as ramificações já foram exploradas e as ramificações que podem ser exploradas.

2 METODOLOGIA

Com a análise dos modelos de redes, é possível usar a estrutura da rede como um indicador de compreensão de como a informação é distribuída em um grupo de pessoas (BURT et al., 2013). Quando os indivíduos interagem são produzidos dados, informações e conhecimento. Desse modo, as relações formadas concomitantemente e ciclicamente entre as pessoas são consideradas fontes de conhecimento.

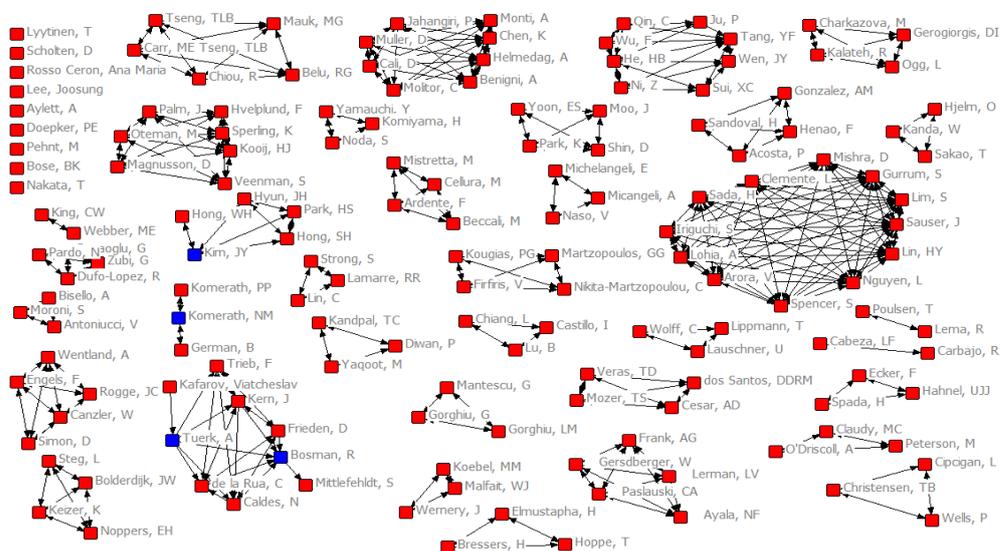
Assumindo que SER e inovação são temas fundamentais para o desenvolvimento de energias mais limpas e renováveis, foram coletados artigos acadêmicos que continham “*renewable energy systems*” e *innovation* nos seus títulos, resumos, palavras-chave e no texto. Os artigos foram coletados no *Web of Science*, que é uma interface usada para banco de dados de citações do *Institute of Scientific Information* (ISI). Dessa forma, cinquenta artigos foram selecionados com intuito de se realizar uma análise de conteúdo. Depois, foi feita a consolidação dos dados. Os mesmos foram passados para o *Unicet Software*, em formato de matriz quadrada, programa computacional utilizado para analisar redes sociais. Por fim, utilizou-se o software *Netdraw* para o desenho da rede, um software que é utilizado para a visualização das redes sociais (BORGATTI et al., 2002).

3 RESULTADOS

Na Figura 1, há a representação do sociograma dos autores de artigos relacionados a SER e à inovação, o qual é composto por um conjunto de pontos vermelhos, que representam os nós/atores, os quais estão conectados por linhas, que são as interações entre as pessoas, ou melhor, com quem os pesquisadores publicaram artigos. Além disso, há pontos azuis, em que são representados blocos e pontos de corte (se o autor não estivesse ali, os autores não teriam aquela conexão). No momento em que há um autor em azul, há um ponto de corte.

No estudo, os nós representam os autores dos artigos, e as linhas com quem eles se comunicam para o desenvolvimento de pesquisas nas respectivas áreas de atuação, ou seja, com coautores. No caso dos autores, percebe-se há um grupo de autores que publicaram sozinhos (no caso 9 pesquisadores) e não estão vinculados a outros pesquisadores nas respectivas publicações. Ademais, trinta e sete grupos com diversos autores pesquisando e publicando em conjunto. Logo, há uma oportunidade de desenvolver relações entre os pesquisadores, uma vez que são apresentados vários atores sozinhos e trinta e sete grupos distintos.

Figura 1 - Sociograma da rede de relacionamento entre os autores



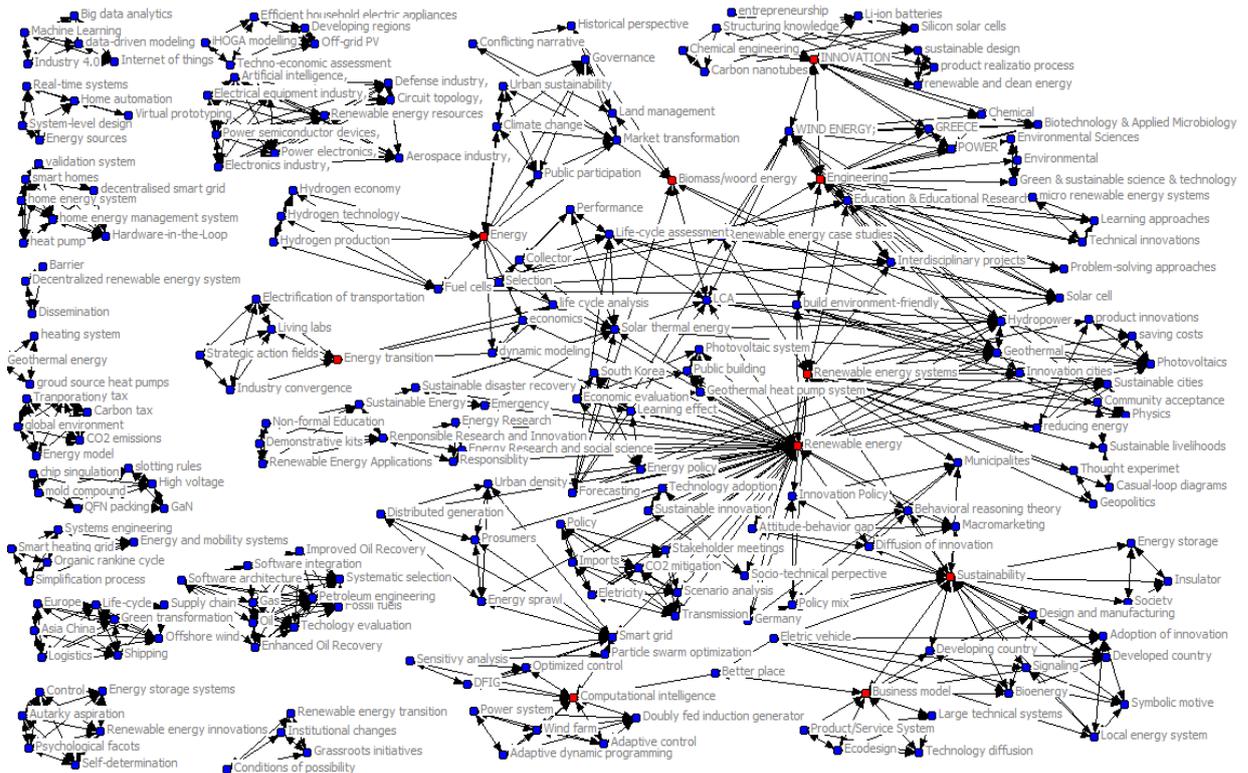
Fonte: Extraído dos softwares UCINET e Netdraw.

Na Figura 2, há a mesma representação para as palavras-chave. No entanto, as cores estão invertidas, em azul, estão as palavras-chave que são essenciais para relacionar os grupos de palavras, que não estariam interligadas se não estivessem ali. A fim de se utilizar outra abordagem para encontrar pontos que a rede está conectada por apenas um ator, deve-se perguntar: se um nó for removido, a estrutura se dividiria? Se existem esses nós, eles são denominados pontos de corte. Dessa forma, é possível imaginar como se esses pontos de cortes sejam atores importantes, os quais podem atuar como intermediários entre os grupos, os quais estariam desconectados sem eles. Essas divisões dos pontos de rede são denominadas de blocos (HANNEMAN; RIDDLE, 2005). Os itens em azul na Figura 1 são esses blocos, já, na Figura 2, os itens em vermelho são os blocos. Na rede autores, eles são: Kim, JY; Komerath, NM. Já, na rede de palavras, são *Renewable Energy*, *Energy Transition*, *Energy*, *Biomass/wood energy*, *Innovation*, *Engineering*, *Renewable Energy Systems*, *Sustainability*, *Business model* e *computational intelligence*. No Quadro 1, estão destacados os pesquisadores, o título dos artigos publicados e as palavras-chave.

Na figura 2, percebe-se que há quatorze grupos que não estão relacionados à grande rede. Além disso, há dez palavras-chave que se fossem retiradas a grande rede não estaria tão interligada. Ademais, um dos indicadores de redes sociais (RS) é a densidade, a qual indica o potencial de conectividade e de ligações da rede. Para a calcular, é necessário saber quantas

ligações são efetuadas na rede dividido pelo o total de ligações possíveis, que é quando a rede é totalmente conectada. Sendo assim, quanto maior o valor da densidade, mais os atores utilizam suas redes de parcerias. Conforme as rotinas do software UCINET, pode-se calcular a densidade, e o resultado encontrado foi de 2,28% na rede de autores e 2,56% na rede de palavras-chave. Isto é, há muitas relações a serem exploradas tanto na rede de autores quanto na rede de palavras: 97,72% e 97,44%, respectivamente.

Figura 2 - Sociograma da rede de relacionamento entre palavras-chave



Fonte: Extraído dos softwares UCINET e Netdraw

Outro indicador de RS é o grau de centralidade, que demonstra o índice de exposição ao fluxo de conhecimento que permeia a rede. No caso, refere-se ao fato de se ter a oportunidade de influenciar e de ser influenciado diretamente (HALGIN, 2008). Em relação à centralidade de Bonacich, um dos tipos de centralidade, os atores podem procurar alinhar e coordenar as suas próprias conexões, além das conexões de outros atores que estão ligados a eles. Se um ator tiver um maior número de conexões, e os atores ligados a ele tiverem um nível de conexão igualmente alto, o nível de poder individual é maior.

Dessa maneira, ser mais poderoso fornece fontes alternativas de informação, de transferência de conhecimento e dá a capacidade de disseminar as informações, de forma estratégica (BONACICH, 1987). O valor de β reflete o raio de poder. Se $\beta > 0$, a centralidade maior está relacionada com pessoas mais centrais. Se $\beta < 0$, a centralidade maior está relacionada com pessoas não centrais (BONACICH, 1987). No estudo, o valor de Beta encontrado foi de 0,09 para os autores. Já, para as palavras-chave, foi de 0,10. Logo, há uma forte relação com atores e conteúdos mais centrais nas duas redes. Portanto, ambas as centralidades estão relacionadas a nós mais centrais para pesquisadores e palavras-chave.

A fim de se analisar uma rede, em relação à intermediação ainda, é necessário identificar a distância geodésica, a qual mede a distância que um ator está de outro ator. A média da distância geodésica é 1,1, e o desvio padrão, de 0,4, isto é, um pesquisador necessita entrar em contato com outros 2 atores da rede a fim de conseguir realizar a coautoria. Ademais, a média

da distância geodésica, para as palavras-chave é de 3,8, e o desvio-padrão, de 1,6, com intuito de outra palavra chave é necessário passar por 4 palavras-chave para chegar em outra.

Quadro 1 - Pesquisadores dos pontos de corte, título dos artigos e palavras-chave

Pesquisador	Título dos Artigos	Palavras-chave
KIM, JY	<i>An Analysis of the Plans to Reduce Demand for Energy and Introduce Renewable Energy Systems in Innovation Cities</i>	<i>Engineering; Physics; Innovation cities; build environment-friendly; sustainable cities; renewable energy systems; renewable energy</i>
	<i>The economic evaluation of installing renewable energy system into public buildings in Sinseo Innovation City, Daegu</i>	<i>Economic evaluation; Renewable energy; Public building; Photovoltaic system; Geothermal heat pump system</i>
KOMERATH, NM	<i>Extrovert: Experience With Cross-Disciplinary Learning</i>	<i>Education & Educational Research; Engineering; Interdisciplinary projects; problem-solving approaches</i>
	<i>Testbeds Connecting Space Technology To Terrestrial Renewable Energy</i>	<i>Education & Educational Research; Engineering; micro renewable energy systems; Technical innovations ; Learning approaches</i>
	<i>Terrestrial Micro Renewable Energy Applications of Space Technology</i>	<i>Micro Renewable Energy Systems</i>

Fonte: autora.

No Quadro 2, estão as palavras-chave que são pontos de corte, títulos dos artigos, autores envolvidos e todas as palavras-chave. Dessa forma, é possível verificar que esses pesquisadores possuem interesses em comum e podem, no futuro, vir a desenvolver algum projeto em parceria, caso tenham a oportunidade.

Quadro 2 – Palavras-chave do ponto de corte, título dos artigos, pesquisadores dos artigos e demais palavras-chave

Palavras-chave do ponto de corte	Título dos Artigos	Pesquisadores dos artigos	Palavras-Chave
Renewable energy	<i>Renewable energy research and technologies through responsible research and innovation looking glass: Reflexions, theoretical approaches and contemporary discourses</i>	Carbajo, R., & Cabeza, L. F.	<i>Responsible Research And Innovation (RRI); Energy Research; Energy Research And Social Science; Renewable Energy; Responsibility</i>
	<i>Rescuing the concept of solar electricity transfer from North Africa to</i>	Trieb, F., Kern, J., Caldés, N., de la Rua, C., Frieden, D., & Tuerk, A.	<i>Policy; Stakeholder Meetings; Imports; Scenario Analysis; Renewable Energies;</i>

	<i>Europe</i>		<i>Electricity; CO2 Mitigation; Transmission</i>
	<i>Advancing societal readiness toward renewable energy system adoption with a socio-technical perspective</i>	Yun, S., & Lee, J.	<i>Renewable Energy; Technology Adoption; Socio-Technical Perspective; Sustainable Innovation</i>
	<i>Energy sprawl, land taking and distributed generation: towards a multi-layered density</i>	Moroni, S., Antoniucci, V., & Bisello, A.	<i>Energy Sprawl; Renewable Energy; Distributed Generation; Urban Density; Smart Grid; Prosumers</i>
	<i>Understanding the Attitude-Behavior Gap for Renewable Energy Systems Using Behavioral Reasoning Theory</i>	Claudy, M. C., Peterson, M., & O'Driscoll, A.	<i>Renewable Energy; Diffusion Of Innovation; Attitude-Behavior Gap; Behavioral Reasoning Theory; Sustainability; Macromarketing</i>
	<i>Sustainability after the Thermal Energy Supply in Emergency Situations: The Case Study of Abruzzi Earthquake (Italy)</i>	Micangeli, A., Michelangeli, E., & Naso, V.	<i>Solar Thermal Energy; Emergency; Sustainable Disaster Recovery; Renewable Energy; Sustainable Energy</i>
	<i>Economic evaluation of renewable energy systems under varying scenarios and its implications to Korea's renewable energy plan</i>	Koo, J., Park, K., Shin, D., & Yoon, E. S.	<i>Economic Evaluation; Energy Policy; Learning Effect; Renewable Energy; South Korea</i>
	<i>An Analysis of the Plans to Reduce Demand for Energy and Introduce Renewable Energy Systems in Innovation Cities</i>	Park, H. S., Hong, S. H., Kim, J. Y., & Hyun, J. H.	<i>Engineering; Physics; Innovation Cities; Build Environment-Friendly; Sustainable Cities; Renewable Energy Systems; Renewable Energy</i>
	<i>The economic evaluation of installing renewable energy system into public buildings in Sinseo Innovation City, Daegu</i>	Kim, JY & Hong, WH	<i>Economic Evaluation; Renewable Energy; Public Building; Photovoltaic System; Geothermal Heat Pump System</i>
	<i>Methodology for calculating the ability of renewable energy systems to manufacture themselves</i>	King, C. W., & Webber, M. E.	<i>Renewable Energy; Life Cycle Analysis; Economics; Energy Transition; Dynamic Modeling</i>

	<i>Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy Technologies</i>	Pehnt, M.	<i>LCA; Life Cycle Assessment, Forecasting, Renewable Energy, Photovoltaics, Geothermal, Hydropower Biomass, Wind, Solar Thermal</i>
<i>Energy transition</i>	<i>From "living lab" to strategic action field: Bringing together energy, mobility, and Information Technology in Germany</i>	Canzler, W., Engels, F., Rogge, J. C., Simon, D., & Wentland, A.	<i>Energy Transition, Electrification Of Transportation, Industry Convergence, Strategic Action Fields, Living Labs</i>
	<i>Methodology for calculating the ability of renewable energy systems to manufacture themselves</i>	King, C. W., & Webber, M. E.	<i>Renewable Energy; Life Cycle Analysis; Economics; Energy Transition; Dynamic Modeling</i>
<i>Energy</i>	<i>Hydrogen: Trends, production and characterization of the main process worldwide</i>	da Silva Veras, T., Mozer, T. S., & da Silva César, A.	<i>Energy; Hydrogen Economy; Hydrogen Technology; Hydrogen Production; Fuel Cells</i>
	<i>Networked urban climate governance: neighborhood-scale residential solar energy systems and the example of Solarize Portland</i>	Aylett, A. (2013).	<i>Urban Sustainability; Climate Change; Energy; Governance; Public Participation; Market Transformation</i>
<i>Biomass/wood energy</i>	<i>Seeing forests as fuel: How conflicting narratives have shaped woody biomass energy development in the United States since the 1970s</i>	Mittlefehldt, S.	<i>Historical Perspective; Biomass/Wood Energy; Conflicting Narratives; Land Management</i>
	<i>Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies</i>	Pehnt, M.	<i>LCA; Life Cycle Assessment, Forecasting, Renewable Energy, Photovoltaics, Geothermal, Hydropower Biomass, Wind, Solar Thermal</i>
<i>Innovation</i>	<i>Barriers to social acceptance of renewable energy systems in Colombia</i>	Rosso-Cerón, A. M., & Kafarov, V.	<i>Wind Energy; Power; Innovation; Greece</i>
	<i>Sustaining Sustainable Engineering Design Projects</i>	Doepker, PE	<i>Sustainable Design; Product Realization Process; Renewable And Clean Energy; Innovation; Entrepreneurship</i>

	<i>Chemical Engineering for Technology Innovation</i>	Yamauchi, Y., Noda, S., & Komiyama, H.	<i>Carbon Nanotubes; Chemical Engineering; Innovation; Li-Ion Batteries; Silicon Solar Cells; Structuring Knowledge</i>
Engineering	<i>Consumer renewable energy technology adoption decision-making; comparing models on perceived attributes and attitudinal constructs in the case of solar water heaters in Lebanon</i>	Elmustapha, H., Hoppe, T., & Bressers, H.	<i>Green & Sustainable Science & Technology; Engineering, Environmental; Environmental Sciences</i>
	<i>Student Learning Experience from Renewable Energy Case Studies</i>	Chiou, R.	<i>Education & Educational Research; Engineering; Renewable Energy Systems; Renewable Energy Case Studies; Wind Energy; Fuel Cell; Solar Cell; Interdisciplinary Projects</i>
	<i>Extrovert: experience with cross-disciplinary learning</i>	Komerath, NM & German, B.	<i>Education & Educational Research; Engineering; Interdisciplinary Projects; Problem-Solving Approaches</i>
	<i>Testbeds Connecting Space Technology To Terrestrial Renewable Energy</i>	Komerath, NM	<i>Education & Educational Research; Engineering; Micro Renewable Energy Systems; Technical Innovations ; Learning Approaches</i>
	<i>An Analysis of the Plans to Reduce Demand for Energy and Introduce Renewable Energy Systems in Innovation Cities</i>	Park, H. S., Hong, S. H., Kim, J. Y., & Hyun, J. H.	<i>Engineering; Physics; Innovation Cities; Build Environment-Friendly; Sustainable Cities; Renewable Energy Systems; Renewable Energy</i>
Renewable energy systems	<i>The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems local renewable energy systems</i>	Frank, A. G., Gerstlberger, W., Paslauski, C. A., Lerman, L. V., & Ayala, N. F.	<i>Sustainability; Innovation Policy; Policy Mix; Renewable Energy Systems; Germany; Municipalities</i>
	<i>An Analysis of the Plans to Reduce Demand for Energy and Introduce Renewable Energy Systems in Innovation Cities</i>	Park, H. S., Hong, S. H., Kim, J. Y., & Hyun, J. H.	<i>Engineering; Physics; Innovation Cities; Build Environment-Friendly; Sustainable Cities; Renewable Energy Systems; Renewable Energy</i>

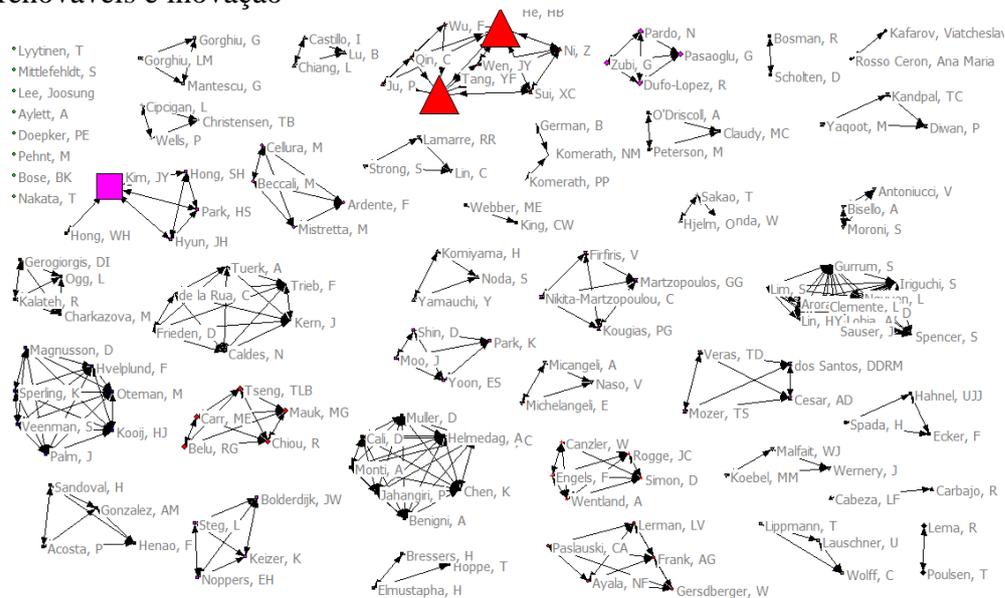
	<i>Photovoltaics: theory to reality at the bowdoin-geneva community center in dorchester, massachusetts</i>	Lamarre, R. R., Lin, C., & Strong, S.	<i>Photovoltaics; Reducing Energy; Renewable Energy System; Product Innovations; Saving Costs</i>
	<i>On the Acceptance and Sustainability of Renewable Energy Projects-A Systems Thinking Perspective</i>	González, A. M., Sandoval, H., Acosta, P., & Henao, F.	<i>Renewable Energy Systems; Sustainable Livelihoods; Community Acceptance; Causal-Loop Diagrams</i>
	<i>The geopolitics of renewables; exploring the political implications of renewable energy systems</i>	Scholten, D., & Bosman, R.	<i>Geopolitics; Renewable Energy Systems; Thought Experiment</i>
	<i>Student Learning Experience from Renewable Energy Case Studies</i>	Chiou, R.	<i>Education & Educational Research; Engineering; Renewable Energy Systems; Renewable Energy Case Studies; Wind Energy; Fuel Cell; Solar Cell; Interdisciplinary Projects</i>
Sustainability	<i>The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems local renewable energy systems</i>	Frank, A. G., Gerstlberger, W., Paslauskis, C. A., Lerman, L. V., & Ayala, N. F.	<i>Sustainability; Innovation Policy; Policy Mix; Renewable Energy Systems; Germany; Municipalities</i>
	<i>Energy in buildings-Policy, materials and solutions</i>	Koebel, M. M., Wernery, J., & Malfait, W. J.	<i>Society; Energy Storage; Insulator; Sustainability</i>
	<i>Sustainable Business Models of Small-Scale Renewable Energy Systems: Two Resource-Scarce Approaches for Design and Manufacturing</i>	Lyytinen, T.	<i>Sustainability; Business Model; Design And Manufacturing; Bioenergy; Developing Country; Developed Country</i>
	<i>The adoption of sustainable innovations: Driven by symbolic and environmental motives</i>	Noppers, E. H., Keizer, K., Bolderdijk, J. W., & Steg, L.	<i>Sustainability; Adoption Of Innovation; Symbolic Motive; Signaling; Electric Vehicle; Local Energy System</i>
	<i>Understanding the Attitude-Behavior Gap for Renewable Energy Systems Using</i>	Claudy, M. C., Peterson, M., & O'Driscoll, A.	<i>Understanding The Attitude-Behavior Gap For Renewable Energy Systems Using Behavioral Reasoning Theory</i>

	<i>Behavioral Reasoning Theory</i>		
<i>Business model</i>	<i>Sustainable Business Models of Small-Scale Renewable Energy Systems: Two Resource-Scarce Approaches for Design and Manufacturing</i>	Lyytinen, T.	<i>Sustainability; Business Model; Design And Manufacturing; Bioenergy; Developing Country; Developed Country</i>
	<i>Components of business concepts for the diffusion of large scaled environmental technology systems</i>	Kanda, W., Sakao, T., & Hjelm, O. (<i>Large Technical Systems; Business Model; Technology Diffusion; Product/Service System; Ecodesign</i>
	<i>Can innovative business models overcome resistance to electric vehicles? Better Place and battery electric cars in Denmark</i>	Christensen, T. B., Wells, P., & Cipcigan, L.	<i>Business Models; Electric Cars; Better Place</i>
<i>Computational intelligence</i>	<i>Reactive power control of grid-connected wind farm based on adaptive dynamic programming</i>	Tang, Y., He, H., Ni, Z., Wen, J., & Sui, X.	<i>Computational Intelligence; Adaptive Dynamic Programming; Doubly Fed Induction Generator; Wind Farm; Power System; Adaptive Control</i>
	<i>Optimized Control of DFIG-Based Wind Generation Using Sensitivity Analysis and Particle Swarm Optimization</i>	Tang, Y., Ju, P., He, H., Qin, C., & Wu, F.	<i>Computational Intelligence; DFIG; Optimized Control; Particle Swarm Optimization; Sensitivity Analysis; Smart Grid</i>

Fonte: autora.

No Quadro 2, foi possível observar que o artigo ***Methodology for calculating the ability of renewable energy systems to manufacture themselves*** está relacionado a duas palavras de corte: *renewable energy* e *energy transition*. Além disso, o artigo ***Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies*** está presente em *renewable energy* e *biomass*. O artigo intitulado ***An Analysis of the Plans to Reduce Demand for Energy and Introduce Renewable Energy Systems in Innovation Cities*** relaciona-se com *renewable energy*, *engineering*, *renewable energy system*. Ademais, o artigo ***Student Learning Experience from Renewable Energy Case Studies*** está relacionado a *engineering* e a *renewable energy systems*. ***The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems*** relaciona-se com o *renewable energy systems* e *sustainability*. E o artigo ***Sustainable Business Models of Small-Scale Renewable Energy Systems: Two Resource-Scarce Approaches for Design and Manufacturing*** está relacionado a palavras-chave: *sustainability* e *business model*.

Além disso, mais uma análise utilizada em redes sociais sobre centralidade é *Betweenness*, o grau de intermediação, que pode expressar os controles de comunicação. Além disso, para Alejandro e Norman (2005, p.20) “interpreta-se como a possibilidade que um nó tem para intermediar as comunicações entre pares de nós”. Nesse caso, na Figura 3, pode-se observar que há três autores que fazem essa intermediação: He, HB; Tang, YF e Kim, JY. Outrossim, construiu-se o Quadro 3 com os autores, títulos dos artigos e as palavras-chave. Figura 3 - Rede de centralidade *Betweenness* entre os pesquisadores de sistemas de energias renováveis e inovação



Fonte: Extraído do software Ucinet e Netdraw.

Quadro 3 - Autores da centralidade *Betweenness*, títulos dos artigos e as palavras-chave

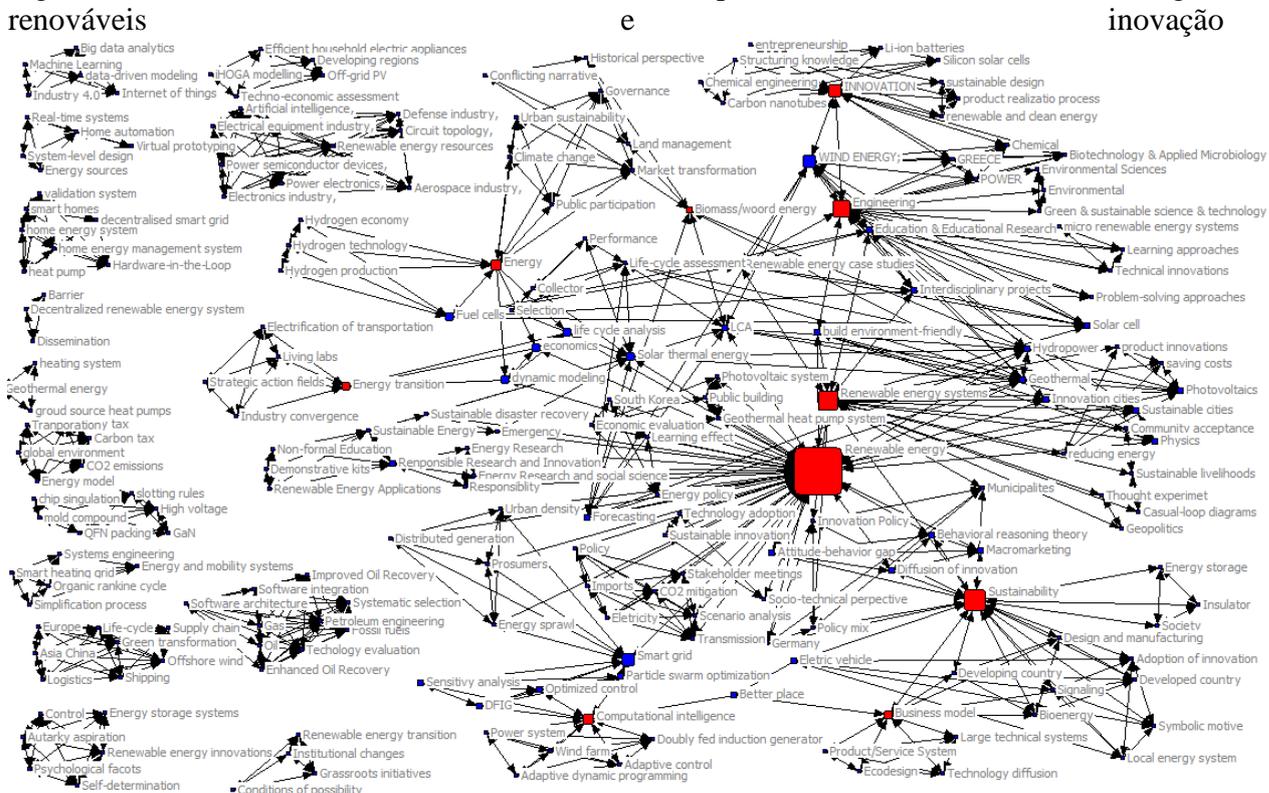
Autores	Título	Palavras-chave
He, HB	<i>Reactive power control of grid-connected wind farm based on adaptive dynamic programming</i>	<i>Computational intelligence; Adaptive dynamic programming; Doubly fed induction generator; Wind farm; Power system; Adaptive control</i>
	<i>Optimized Control of DFIG-Based Wind Generation Using Sensitivity Analysis and Particle Swarm Optimization</i>	<i>Computational intelligence; DFIG; optimized control; particle swarm optimization; sensitivity analysis; smart grid</i>
Tang, YF	<i>Optimized Control of DFIG-Based Wind Generation Using Sensitivity Analysis and Particle Swarm Optimization</i>	<i>Computational intelligence; DFIG; optimized control; particle swarm optimization; sensitivity analysis; smart grid</i>
	<i>Reactive power control of grid-connected wind farm based on adaptive dynamic programming</i>	<i>Computational intelligence; Adaptive dynamic programming; Doubly fed induction generator; Wind farm; Power system; Adaptive control</i>
Kim, JY	<i>An Analysis of the Plans to Reduce Demand for Energy and Introduce Renewable Energy Systems in Innovation Cities</i>	<i>Engineering; Physics; Innovation cities; build environment-friendly; sustainable cities; renewable energy systems; renewable energy</i>

	<p><i>The economic evaluation of installing renewable energy system into public buildings in Sinseo Innovation City, Daegu</i></p>	<p><i>Economic evaluation; Renewable energy; Public building; Photovoltaic system; Geothermal heat pump system</i></p>
--	--	--

Fonte: autora.

Há apenas um artigo do Quadro 1 que não está no Quadro 3: **Terrestrial Micro Renewable Energy Applications of Space Technology**. Logo, é uma das lacunas de pesquisa a ser explorada. Ashok (2007) destaca o *micro-hydro-wind systems* são uma combinação ótima para eletrificação em áreas rurais. Na análise de *Betweenness* gráfica das palavras-chave, há algumas palavras que se destacam: *Energy, energy transition, innovation, engineering, renewable energy systems, renewable energy, sustainability, computational intelligence, business model e biomass/wood energy*. Além disso, são as mesmas palavras-chave do Quadro 2. Na figura 4, em vermelho, as palavras estão em destaque. Consequentemente, esses temas já foram explorados com mais frequência em relação as palavras-chave das pesquisas.

Figura 4 – Rede de centralidade *Betweenness* entre as palavras-chave de sistemas de energias renováveis e inovação



Fonte: autora.

Além disso, é importante avaliar o quais são as palavras-chave que estão na fronteira em relação a essas palavras mais exploradas. Por conseguinte, essas palavras em fronteira são zonas que podem ser exploradas, em que a rede está em expansão, elas estão no Quadro 4.

Quadro 4 – Palavras-chave destacadas pela ARS e as palavras-chave relacionados a elas que são temas de fronteira (estão nos extremos da rede)

Palavras-chave da ARS	Palavras-chave que estão na fronteira
<p><i>Energy</i></p>	<p><i>Hydrogen economy, Hydrogen technology; Hydrogen production; climate change; market transformation; public participation; urban sustainability; governance</i></p>

<i>Energy transition</i>	<i>Electrification of transport; living labs, strategic action fields, industry convergence;</i>
<i>Innovation</i>	<i>Entrepreneurship, lithium batteries, structuring knowledge, chemical engineering, carbon nanotubes, silicon solar cells, sustainable design, product realization process, renewable and clean energy;</i>
<i>Sustainability</i>	<i>Energy storage; insulator, Society</i>
<i>Business model</i>	<i>Large technical systems, product/service system; ecodesign; technology diffusion</i>
<i>Computational intelligence</i>	<i>Doubly fed induction generator; power system; wind farm; adaptive control; adaptive dynamic programming</i>
<i>Renewable Energy System</i>	<i>Thought experiment; Geopolitics; Municipalities; Policy mix; Product innovations, saving costs, reducing energy, sustainable livelihood; casual-loop diagrams</i>
<i>Renewable energy</i>	<i>Diffusion of innovation; socio-technical perspective; macromarketing; behavioral reasoning theory; sustainable innovation; attitude- behavior gap; CO2 mitigation</i>
<i>Engineering</i>	<i>Technical innovations; learning approaches, problem-solving approaches; green & sustainable science & technology</i>

Fonte: autora.

Outrossim, há quatorze redes de palavras que estão separadas do grupo que está mais interligado. Há alguns estudos desses grupos separados, os quais poderiam se conectar com a grande rede interligada. Por exemplo, os grupos que possuem as palavras-chave *machine learning*, *software integration* e *artificial intelligence* poderiam, de alguma forma, relacionar-se com *computational intelligence* (que está no grande grupo) (KALOGIROU, 2011). O grupo que possui *organic rankine cycle* pode se relacionar com *chemical engineering* (que está no grande grupo) (HETTIARACHCHI, HD et al., 2007). O grupo que possui *CO2 emissions* poderia relacionar com *CO2 mitigation* (que está no grande grupo) (SIMS et al., 2003). Dessa forma, há oportunidade de se desenvolver diversas pesquisas na zona de fronteira a fim de expandir o conhecimento em sistemas de energias renováveis e inovação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há muitas oportunidades de expansão das conexões entre os pesquisadores, visto que a densidade da rede é de, aproximadamente, 2%. Além disso, alguns pesquisadores são chaves para o desenvolvimento de pesquisas em forma de parceria. Se Kim, JY e KOMERATH, NM não estivessem na rede, haveria um ponto de corte na rede. Dessa forma, eles são fundamentais para a coesão e o desenvolvimento de pesquisas. Os pesquisadores He, Hb; Tang, YF e Kim, JY são fundamentais para intermediar comunicação entre os demais atores a fim de se publicarem artigos relacionados à SER e à inovação. Sendo assim, é importante aprimorar essa predisposição deles demonstrada pela análise de redes sociais.

Além disso, há diversas oportunidades em relação aos conteúdos, visto que a densidade da rede é de, aproximadamente, 2%. Igualmente, há temas um pouco mais consolidados que outros, visto que são capazes de intermediar conexões, tais como *Energy*, *energy transition*, *innovation*, *engineering*, *renewable energy systems*, *biomass*, *renewable energy*, *sustainability*, *computational intelligence* e *business model*. Dessa forma, esses temas são fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa de outros artigos, como eles são utilizados como base em

diversas pesquisas, já estão mais consolidados em relação a sistemas de energias renováveis e inovação. Além disso, há uma lacuna de pesquisa em relação à *Micro Renewable energy Systems*.

Há diversos conteúdos em expansão, que envolvem os mais variados temas desde a difusão da inovação a geopolítica, uma vez que o tema de inovação é bastante amplo envolve diversas áreas: capacidades de inovação, sistemas de inovação, universidade empreendedora, integração indústria-universidade-governo, por exemplo. Nos temas em expansão, é possível perceber que ainda existem conexões novas para se abordar em relação a sistemas de energias renováveis e inovação. Além disso, é possível conectar à rede grande com as menores, a partir de algumas palavras-chave, por exemplo: *machine learning*, *software integration e artificial intelligence* relacionam-se com *computational intelligence*; *organic rankine cycle* relacionado com *chemical engineering*; *CO2 emissions* relacionado com *CO2 mitigation*.

Como limites dessa pesquisa, é que só foi utilizada a base de artigos *Web of Science*. Além disso, não se realizou uma limitação temporal, logo os artigos podem estar em um escopo de tempo bastante amplo. Os artigos foram publicados nas mais variadas revistas e *journals*, ou melhor, não houve especificação de *journals*. Para pesquisas futuras, é importante avaliar se, em outra base de dados, em outros *journals*, há alguma forma de correlação entre os grupos separados e a rede mais densa e consolidada. Outro ponto importante é entender como ocorrerá o comportamento da pesquisa sobre os temas em expansão, se há essa tendência mesmo, através de uma comprovação empírica.

REFERÊNCIAS

- ALEJANDRO, V.; NORMAN, A; Manual Introdutório à Análise de Redes Sociais: Medidas de Centralidade. 2005
- ASHOK, S. Optimised model for community-based hybrid energy system. **Renewable energy**, v. 32, n. 7, p. 1155-1164, 2007.
- BONACICH, Ph. Power and Centrality: A Family of Measures. **The American Journal of Sociology**, 92: 1170-1182, 1987
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. Unicet IV: Network Analysis Software. **Research Gate**, 2002.
- BORGES, JÚLIO CÉSAR; PORTO, GECIANE. Inovação em combustíveis fósseis e energias limpas: um estudo bibliométrico comparativo das disciplinas, origens e tendências. 2017.
- BRASS, Daniel J. A social network perspective on industrial/organizational psychology. **Handbook of industrial and organizational psychology**, v. 1, p. 107-117, 2011.
- BRINI, Riadh; AMARA, Mohamed; JEMMALI, Hatem. Renewable energy consumption, International trade, oil price and economic growth inter-linkages: The case of Tunisia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p. 620-627, 2017.
- BRUNEEL, Johan; D'ESTE, Pablo; SALTER, Ammon. Investigating the factors that diminish the barriers to university–industry collaboration. **Research policy**, v. 39, n. 7, p. 858-868, 2010.
- BURT, R. S.; KILDUFF, M.; TASSELLI, S. Social network analysis: Foundations and frontiers on advantage. **Annual review of psychology**, v. 64, p. 527-547, 2013.
- COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. In: **Strategic Learning in a Knowledge economy**. 2000. p. 39-67.
- DE PAULO, Alex Fabianne; PORTO, Geciane Silveira. Solar energy technologies and open innovation: A study based on bibliometric and social network analysis. **Energy Policy**, v. 108, p. 228-238, 2017.
- Etzkowitz, Henry. The Triple Helix of University -Industry -Government Implications for Policy and Evaluation. **Science Policy Institute**. 2011

FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (Ed.). The Oxford handbook of innovation. **Oxford university press**, 2005.

FAGERBERG, Jan; VERSPAGEN, Bart. Innovation studies—The emerging structure of a new scientific field. **Research policy**, v. 38, n. 2, p. 218-233, 2009.

FRANK, Alejandro Germán et al. The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems. **Energy Policy**, v. 115, p. 353-365, 2018.

FU, Xin et al. Spatial structure, inequality and trading community of renewable energy networks: A comparative study of solar and hydro energy product trades. **Energy Policy**, v. 106, p. 22-31, 2017.

HALGIN, D. An Introduction to UCINET and NetDraw. **Boston College**. 2008.

HANNEMAN, R.; RIDDLE, M. Introduction to social network methods. 2005.

HETTIARACHCHI, HD Madhawa et al. Optimum design criteria for an organic Rankine cycle using low-temperature geothermal heat sources. **Energy**, v. 32, n. 9, p. 1698-1706, 2007.

IRENA. Global Energy Transformation: A roadmap to 2050, **International Renewable Energy Agency**, Abu Dhabi. 2018.

KALOGIROU, Soteris A. Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 5, n. 4, p. 373-401, 2001.

LALL, Sanjaya. Technological capabilities and industrialization. **World development**, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

LUNDVALL, Bengt-Åke; BORRÁS, Susana. Science, technology, and innovation policy. In: **Oxford handbook of innovation**. Oxford University Press, 2005. p. 599-631.

Martinot E, McDoom O. Promoting energy efficiency and renewable energy: GEF climate change projects and impacts 1999.

MATHIESEN, Brian Vad; LUND, Henrik; KARLSSON, Kenneth. 100% Renewable energy systems, climate mitigation and economic growth. **Applied energy**, v. 88, n. 2, p. 488-501, 2011.

NEWMAN, M. E.J. The structure of scientific collaboration networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 2, p. 404-409, 2001.

PAVITT, Keith. Innovation processes. In: **The Oxford handbook of innovation**. 2005.

PAVITT, Keith. Key characteristics of the large innovating firm. **British Journal of Management**, v. 2, n. 1, p. 41-50, 1991.

PEIDONG, Zhang et al. Opportunities and challenges for renewable energy policy in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 2, p. 439-449, 2009.

PERKMANN, Markus et al. Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university–industry relations. **Research policy**, v. 42, n. 2, p. 423-442, 2013.

SCHUMPETER, JA. The theory of economic development, 1912

SCOTT, J. Social network analysis. Sage, 2012.

SCOZZI, Barbara; GARAVELLI, Claudio; CROWSTON, Kevin. Methods for modeling and supporting innovation processes in SMEs. **European Journal of Innovation Management**, v. 8, n. 1, p. 120-137, 2005.

SIMS, Ralph EH; ROGNER, Hans-Holger; GREGORY, Ken. Carbon emission and mitigation cost comparisons between fossil fuel, nuclear and renewable energy resources for electricity generation. *Energy policy*, v. 31, n. 13, p. 1315-1326, 2003.

WASSERMAN, S.; FAUST, K.. Social network analysis: Methods and applications. Cambridge university press, 1994.

WISE, Sean Evan. **The impact of intragroup social network topology on group performance: understanding intra-organizational knowledge transfer through a social capital framework**. 2013. Tese de Doutorado. University of Glasgow.