

**Uma análise bibliométrica da literatura aplicada a transferência de tecnologia em células
a combustível**

A bibliometric analysis of the literature applied to transfer of fuel cell technology

**Un análisis bibliométrico de la literatura aplicada a la transferencia de la tecnología de
pilas de combustible**

Recebido: 08/12/2020 | Revisado: 13/12/2020 | Aceito: 17/12/2020 | Publicado: 20/12/2020

Carlos Eduardo Celestino de Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9336-1072>

Universidade Federal de Sergipe

E-mail: eng2carlos.eduardo@gmail.com

Francisco Sandro Rodrigues Holanda

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3575-8105>

Universidade Federal de Sergipe

E-mail: fholanda@infonet.com.br

Wilsonita de Melo Ubirajara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8643-6347>

Universidade Federal de Sergipe

E-mail: will_ubirajara@yahoo.com.br

Arilmara Abade Bandeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6393-6242>

Universidade Federal de Sergipe

E-mail: arilmara2015@gmail.com

Luiz Diego Vidal Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8659-8557>

Universidade Federal de Sergipe

E-mail: vidal.center@academico.ufs.br

Resumo

O desenvolvimento de inovações intensivas em conhecimento é visto como meio para enfrentar questões relacionadas ao esgotamento de recursos naturais. O estudo tem como objetivo, identificar as ênfases e os mecanismos relacionados as Células a Combustível (CC) e consequentemente a Transferência de Tecnologia (TT), a partir de uma revisão sistemática

aplicada na Scopus para período de 2010 até 2020. A análise bibliométrica reuniu 37 artigos, e os resultados mostraram que China, EUA e Coreia do Sul são países que promovem com ênfase o desenvolvimento de CT&I direcionadas as (CC). Além disso, os reportes literários sobre (CC), denotam interesses prioritários em estudos sobre catalisadores e células a combustível de óxido sólidos em um espectro amplo de avaliação direcionado a baixar custos. Em contraste, a produção literária relativa a Transferência de Tecnologia converge para destacar estudos de viabilidade econômica, e estabelecer uma compreensão sobre os aspectos presentes para a Transferência de Tecnologia.

Palavras-chave: Energia sustentável; Transmissão de conhecimento; Substituição tecnológica.

Abstract

The development of knowledge-intensive innovations is seen as a means to address issues related to the depletion of natural resources. The study aims to identify the emphases and mechanisms related to Fuel Cells (FC) and consequently Technology Transfer (TT), from a systematic review applied at Scopus for the period from 2010 - 2020. Bibliometric analysis it gathered 37 articles, and the results showed that China, USA and South Korea are countries that promote the development of CT&I directed to the (FC). In addition, the literary reports on (FC) denote priority interests in studies on catalysts and solid oxide fuel cells in a broad spectrum of evaluation aimed at lowering costs. In contrast, literary production related to Technology Transfer converges to highlight economic feasibility studies, and to establish an understanding of the present aspects of Technology Transfer.

Keywords: Sustainable energy; Knowledge transmission; Technological substitution.

Resumen

El desarrollo de innovaciones intensivas en conocimientos se considera un medio para abordar cuestiones relacionadas con el agotamiento de los recursos naturales. El estudio tiene como objetivo identificar los énfasis y mecanismos relacionados con las Pilas de Combustible (CC) y en consecuencia la Transferencia de Tecnología (TT), a partir de una revisión sistemática aplicada en Scopus para el período de 2010 - 2020. Análisis bibliométrico reunió 37 artículos, y los resultados mostraron que China, Estados Unidos y Corea del Sur son países que promueven el desarrollo de CT&I dirigido al (CC). Además, los informes literarios sobre (CC) denotan intereses prioritarios en estudios sobre catalizadores y pilas de combustible de óxidos sólidos en un amplio espectro de evaluación encaminada a reducir costos. En cambio,

la producción literaria relacionada con la Transferencia de Tecnología converge para resaltar los estudios de viabilidad económica y para establecer una comprensión de los aspectos actuales de la Transferencia de Tecnología.

Palabras clave: Energía sostenible; Transmisión de conocimiento; Sustitución tecnológica.

1 Introdução

O processo de integração, social, cultural e econômico entre as diferentes regiões do mundo contemporâneo, tem promovido uma competição, fundamentada no investimento em inovação tecnológica com elevado nível de conhecimento e direcionada a uma sustentabilidade ambiental. Assim a Ciência, Tecnologia & Inovação (CT&I) impulsionam o processo de desenvolvimento de inovações centradas em soluções para enfrentar o esgotamento de recursos naturais e as mudanças climáticas provocadas pela dependência de combustíveis fósseis (Amador *et al.*, 2018). A (CT&I) é objeto de investimento intenso e essencial em programas científicos nos países progressistas, que contribui para uma sociedade com novos conhecimentos, valores e economicamente competitivos (Fukuda, 2020).

Para gerar desenvolvimento sustentável é necessário uma articulação estratégica entre os atores envolvidos proporcionando um sistema de ciência e tecnologia sustentado em paradigmas que incorporem o potencial ecológico, as condições ambientais e os valores culturais na organização dos processos produtivos, possibilitando técnicas alternativas capazes de atingir metas de descarbonização (Furlan *et al.*, 2017). Segundo Rosa *et al.*, (2018) a busca por inovação de processos e de produtos proporciona o alcance dos níveis mais altos de competitividade. Deste modo, são necessárias vantagens competitivas baseadas em inovação, complexidade e/ou sofisticação dos produtos para serem competitivos em mercados internacionais (Korhonen; et al., 2018).

Nesse sentido, o desenvolvimento de células a combustível, isto é, de um dispositivo eletroquímico que converte energia potencial em energia elétrica ainda são objeto de constantes estudos, e é imprescindível o aperfeiçoamento (Kwon *et al.*, 2019, Wu *et al.*, 2020, Tian *et al.*, 2020). Geralmente esses dispositivos são estruturados segundo uma sequência de unidades, cada uma com quatro elementos: o eletrólito, o eletrodo oxidante (por onde os elétrons fluem para fora), o eletrodo para o combustível (por onde os elétrons fluem para dentro) e o interconector.

Além disso, as células a combustível são classificadas geralmente de acordo com o tipo de eletrólito, sendo especificadas pela literatura em cinco tipos principais: 1– célula a combustível de ácido fosfórico, 2 – células a combustível de membrana trocadora de prótons (eletrolito de membrana polimérica), 3 – célula a combustível de eletrólito alcalino, 4 – células a combustível de carbono fundido e 5 – células a combustível de óxido sólido e são uma excelente alternativa para o setor de transporte, produção de eletricidade estacionárias e de distribuição, assim como, equipamentos elétricos portáteis (Vargas *et al.*, 2006; O’Hayre *et al.*, 2016). Desta forma, estes dispositivos, se apresentam em relevância para a definição de tecnologias-chave, para construção de uma política de integração competitiva, sobretudo em países em desenvolvimento que contam com pouco capital para importar tecnologias caras de países de perfil progressista (Florio *et al.*, 2004).

A literatura recente mostra um amplo espectro de pesquisa que pode variar do tipo de combustível a ser empregado (Su *et al.*, 2020 e Staffell *et al.*, 2019) do meio/eletrólitos e componentes (catodo e anodo) utilizados (Dwivedi, 2020), indo até o princípio físico aplicado (Wang *et al.*, 2020). Em um cenário, globalizado e contemporâneo, de massiva competição, torna-se estratégico, para um país, investigar e aperfeiçoar o desenvolvimento dessas inovações e proporcionar meios seguros para uma efetiva transferência da tecnologia (Sun; Zhang; Kok, 2020).

Com efeito, a identificação e análise do conhecimento científico disponível sobre o tema em questão, torna-se relevante e a adoção de um procedimento bibliométrico, segundo reporta Arias-Ciro (2020), possibilita conjecturar as tendências de uma área específica, servindo de subsídio para pesquisas futuras. Além disso, dados provenientes de bibliometrias, permitem avaliar o estado da ciência através das medidas quantitativas fornecidas por informações secundárias publicadas (Ryabova, 2020).

Desta forma, o objetivo desse estudo foi identificar as ênfases e os mecanismos relacionados ao conhecimento atual em células a combustível e conseqüentemente a transferência dessa tecnologia, a partir de uma revisão sistemática ampla, reprodutível e especializada, por meio do banco de dados Scopus Elsevier considerando o período de 2010 até novembro 2020.

2. Metodologia

O procedimento utilizado neste estudo conforme cita Pereira, *et al.*, (2018) foi a análise de natureza qualitativa e quantitativa para a construção de um levantamento de

manuscrtos de literatura relevante sobre transferência de tecnologia e células a combustível, considerando uma abordagem de mensuração e descrição das características ocorridas com o decurso do progresso científico, por meio de indicadores bibliométricos encontrados na Scopus Elsevier, haja vista o conteúdo deste repositório ser gerado a partir dos arquivos de 60 grandes editoras: Springer, Nature, Wiley Blackwell, Taylor & Francis, IEEE, American, Ciência Física e Elsevier (Scopus, Guia de referência rápida, 2015). Foi estruturado um operador lógico com potencial de capturar evidências de transferência de conhecimento aplicada a inovações tecnológicas de alta tecnologia, bem como, economicamente viável. Assim, a expressão booleana aplicada no estudo foi a seguinte:

(*<TECHNOLOGY TRANSFER> AND < FUEL CELL >*) OR
(*<COST EFFECTIVENESS > AND < FUEL CELL >*) > 2010

A pesquisa foi aplicada de maneira sucessiva e progressiva, realizada em novembro de 2020. No sítio eletrônico foi realizado procedimento de ajuste temporal, critério para (Título de artigo, Resumo e Palavras - chave) e adicionados termos de pesquisas adicionais, sendo encontrado 1.432 manuscritos totais dos quais 75% são artigos científicos, 14% manuscritos de conferência, 8% artigos de revisão e 4% outros. Depois de um primeiro exame com foco na contagem de citações do repositório Scopus, isto é, cesta de métricas de periódicos *Source Normalized Impact per Paper – SNIP* e *SCImago Journal Rank – SJR* métricas *CiteScore* (Scopus, Acrescente valor a pesquisa, 2018), com base na avaliação de termos principais da estrutura lógica aplicada no grupo de documentos, restaram 368 manuscritos, os quais foram exportados na extensão BibTex para análise no software de gerenciamento de referências gratuito StArt.

Ao realizar a revisão da literatura de forma sistemática, com a utilização do software de gerenciamento de referências de acesso aberto, foram ajustados os critérios quantitativos, para calcular o valor da pontuação para título, resumo e palavras-chave, de forma equivalente, para depois selecionar a opção de análise de manuscritos duplicados, classificando-os pelo método automático “Scas”, fornecido pela ferramenta.

Ainda, foram lidos os títulos e os resumos, restando 37 referências aprovadas pelo seu reconhecimento científico, observado pela publicação em conceituados repositórios de dados. Por fim, novo procedimento de contagem de citações foi realizado nos artigos que integram a pasta de manuscritos aprovados, agora no *Google Scholar*, haja vista, a percepção de que este procedimento permite a busca por referências processar-se em qualquer documento que esteja

disponível na Web através do índice h5, indexador h de artigos publicados para os últimos 5 anos (Vieira; Wainer, 2013).

Em razão do procedimento de visualização de sobreposição de termos mais recorrentes sobre o tema, foi possível, otimizar o mecanismo de escolha em direção aos pontos de interesse conforme descrito por (Andrade *et al.*, 2020).

3. Apresentação e Análise dos Dados

Esta seção fornece uma visão geral da pasta de manuscritos composta por 37 artigos, conforme apresentado no Quadro 1, exibindo a produção científica relativa a temática transferência de tecnologia expressos por 27% de artigos, tal como, 73% dos artigos estão inseridos no polo literário células a combustível.

Quadro 1 – Título de manuscritos que integram a pasta.

Nº	MANUSCRITOS
1	<i>Active sites engineering leads to exceptional ORR and OER bifunctionality in P,N Co-doped graphene frameworks</i>
2	<i>Advanced Electrocatalysts for the Oxygen Reduction Reaction in Energy Conversion Technologies</i>
3	<i>Beyond formal university technology transfer: innovative pathways for knowledge exchange</i>
4	<i>Caracterización de las Spin-Off universitarias como mecanismo de transferencia de tecnología a través de un análisis cluster</i>
5	<i>Cobalt nitrides as a class of metallic electrocatalysts for the oxygen evolution reaction</i>
6	<i>Cost-effective solid-state reactive sintering method for high conductivity proton conducting yttrium-doped barium zirconium ceramics</i>
7	<i>Defective Carbons Derived from Macadamia Nut Shell Biomass for Efficient Oxygen Reduction and Supercapacitors</i>
8	<i>Electrochemical analysis of high-performance protonic ceramic fuel cells based on a columnar-structured thin electrolyte</i>
9	<i>Exceptional power density and stability at intermediate temperatures in protonic ceramic fuel cells</i>
10	<i>From Ni-YSZ to sulfur-tolerant anode materials for SOFCs: electrochemical behavior, in situ characterization, modeling, and future perspectives</i>
11	<i>Did the Chinese Bayh-Dole Act encourage the activities of technology transfer? An answer from a legal system</i>
12	<i>Hydrogen as a fuel and energy storage: Success factors for the German Energiewende</i>
13	<i>High Performance and Cost-Effective Direct Methanol Fuel Cells: Fe-N-C Methanol-Tolerant Oxygen Reduction Reaction Catalysts</i>
14	<i>High performance platinum single atom electrocatalyst for oxygen reduction reaction</i>
15	<i>Hollow Metal Nanocrystals with Ultrathin, Porous Walls and Well-Controlled Surface Structures</i>
16	<i>How to finance for establishing hydrogen refueling stations in China? An analysis based on Fuzzy AHP and PROMETHEE</i>
17	<i>Integrating innovation system and management concepts: The development of electric and hybrid electric vehicles in Japan</i>
18	<i>Microbial fuel cells as a sustainable platform technology for bioenergy, biosensing, environmental monitoring, and other low power device applications</i>

19	<i>Nanoscale hetero-interfaces between metals and metal compounds for electrocatalytic applications</i>
20	<i>On the technical challenges affecting the performance of direct internal reforming biogas solid oxide fuel cells</i>
21	<i>One-dimensional noble metal electrocatalysts: a promising structural paradigm for direct methanol fuel cells</i>
22	<i>Optimal sizing of hybrid fuel cell-supercapacitor storage system for off-grid renewable applications</i>
23	<i>Platinum Alloy Catalysts for Oxygen Reduction Reaction: Advances, Challenges and Perspectives</i>
24	<i>Platinum-Based Oxygen Reduction Electrocatalysts</i>
25	<i>Porous palladium copper nanoparticles for the electrocatalytic oxidation of methanol in direct methanol fuel cells</i>
26	<i>Pt-CoP/C as an alternative PtRu/C catalyst for direct methanol fuel cells</i>
27	<i>Rational SOFC material design: new advances and tools</i>
28	<i>Recent advances in catalysts for direct methanol fuel cells</i>
29	<i>Recent advances in the development and utilization of modern anode materials for high performance microbial fuel cells</i>
30	<i>Recent trends in PEM fuel cell-powered hybrid systems: Investigation of application areas, design architectures and energy management approaches</i>
31	<i>University Teacher-Researchers and their Motivations to Transfer Knowledge</i>
32	<i>Review of perovskite-structure related cathode materials for solid oxide fuel cells</i>
33	<i>Social cost-benefit analysis of hydrogen mobility in Europe</i>
34	<i>Strategic choice in universities: Managerial agency and effective technology transfer</i>
35	<i>Techno-economic analysis and optimization of solar and wind energy systems for power generation and hydrogen production in Saudi Arabia</i>
36	<i>Technology transfer, climate change mitigation, and environmental patente impact on sustainability and economic growth: A comparison of European countries</i>
37	<i>What is vital (and not vital) to advance economically-competitive biofuels production</i>

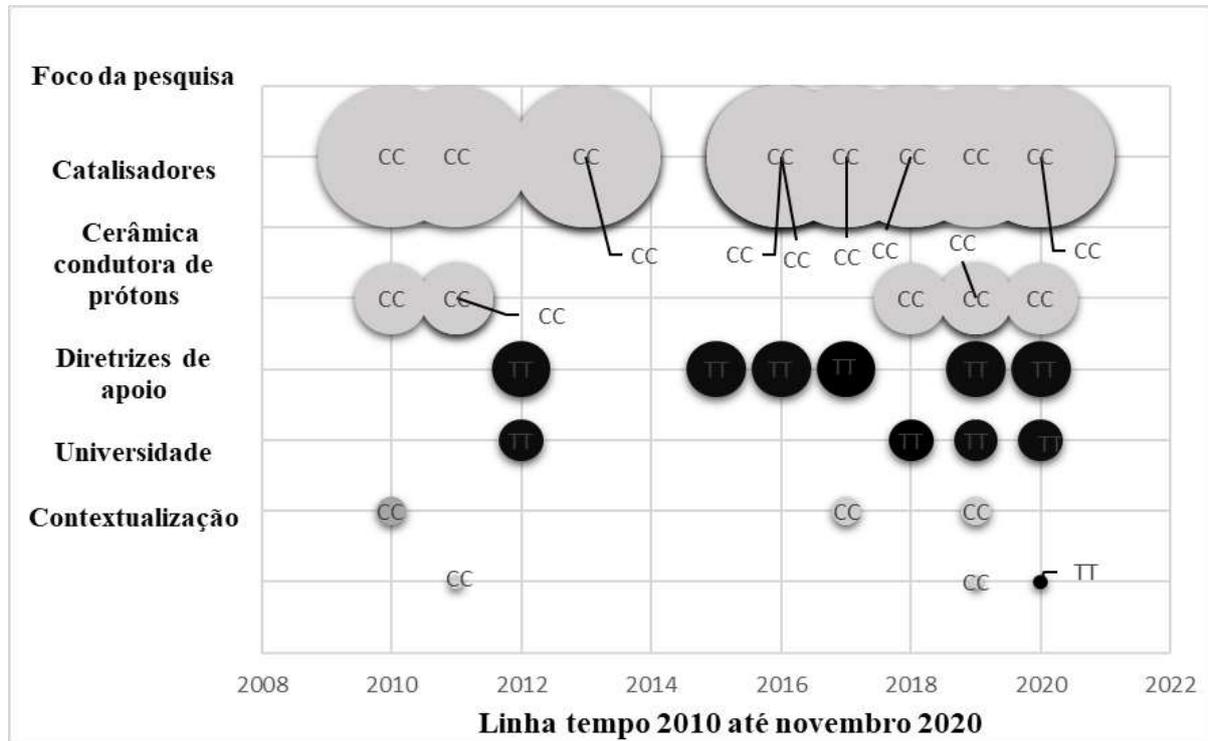
Fonte: Elaborado pelos Autores.

Considerando a perspectiva de análise da produção literária reunida na pasta final de artigos e, assim, estabelecer uma visão geral do avanço científico inserido no contexto de interesse do trabalho, são apresentadas as características descritivas associadas ao foco de cada agrupamento de estudo dos artigos integrantes da pasta, uma relação da contagem de citação segundo o Google Scholar em relação às obras, e por fim, os agentes listados pela Scopus como patrocinadores das publicações.

3.1 Análise geral da produção científica

A visualização geral da infraestrutura informacional utilizada para publicação dos artigos que compõe a pasta está apresentada na Figura 1. Em geral, na medida em que as circunferências apresentam diâmetros menores, apresentam menor intensidade de publicação por foco de pesquisa em células a combustível e transferência de tecnologia, de acordo com os parâmetros de busca.

Figura 1. Visualização geral do avanço científico inserido no contexto de interesse do trabalho.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Na Figura 1 é possível identificar que a pasta de manuscrito é composta por artigos integrantes das áreas temáticas da estrutura lógica de busca agrupados por critério de interesse científico de cada artigo e de modo a facilitar a respectiva apresentação iniciada pela contextualização do estudo.

De tal modo, cabe ressaltar que embora os cinco principais tipos de células a combustível sejam baseados em princípios eletroquímicos subjacentes, todos eles apresentam diferentes características constitutivas e operacionais (O'Hayre *et al.*, 2016), logo os agrupamentos estão distribuídos por área temática, conforme o seguinte: Contextualização do estudo (6), células a combustível - CC [catalisadores (14); células a combustível de óxido sólido-CCOS (7); bem como transferência de tecnologia - TT [diretrizes de apoio ao investimento em células a combustível e tecnologias do hidrogênio aplicado a combustíveis (6) e perspectiva transferência de conhecimento com enfoque em universidades (4)].

Contextualização do estudo

As atividades de pesquisa para atender à crescente demanda de energia, a volatilidade do preço do barril de petróleo e principalmente a questão ambiental, incentivou a busca por energias renováveis. Dentre as diferentes fontes de energia renovável uma possibilidade que se destacam são as células a combustível de configuração híbrida (Erdinc; Uzunoglu, 2010). Com outra perspectiva Zhang (2011) preceituou que a eficiência energética é o fator mais relevante associado ao desenvolvimento de longo prazo, enquanto que o custo é o fator mais importante dentro do cenário de curto prazo.

Sonawane *et al.*, (2017) em tempos mais recentes, pesquisou a conversão espontânea de biomassa em eletricidade através da ação metabólica de bactérias aplicadas a células a combustível – CCM, objetivando o tratamento de águas residuais e produção de geração de baixo custo. Em alternativa Kumar *et al.*, (2019) mostraram que os esforços de aplicação desta tecnologia estabeleceram aplicações práticas distintas como por exemplo: dessalinização de água salina, biossensores e de fonte para robôes autônomos.

Um outro cenário investigado Luta; Raji, (2019), examinaram o uso de células a combustível para armazenamento, em um arranjo com outras fontes sustentáveis. Contudo, os autores mostraram que o sistema montado apresentou elevado custo inviabilizando a aplicação comercial.

Assim, em atenção ao contexto extenso de inovações sustentáveis aplicadas a energia, é significativo convergir os esforços em torno das células a combustível, não só, considerando os diferentes escopos pesquisados para o desenvolvimento desta inovação tecnológica de alto nível de conhecimento, em função da eficiência e custos incorridos, mas, como também a respectiva transferência de tecnologia para um ciclo de desenvolvimento.

A compreensão da transferência de conhecimento de inovações ricas em tecnologia, caso das células a combustível é peça fundamental e de crescente interesse entre os formuladores de políticas. Além disso, de forma aditiva Ferreira; Fernandes; Ferreira, (2020) reportaram que os anseios ambientais, sociais e econômicos a respeito do desenvolvimento de inovações em equilíbrio com o meio ambiente, estão em evidência, e as nações socialmente responsáveis procuram meios para a transição tecnológica. Ocorre que, o cerne para estas inovações está centrado em P&D, ao passo que o investimento público apresenta papel relevante, pois possibilita desenvolver e manter estas competências.

Perspectiva transferência de conhecimento com enfoque em universidades

A transmissão do corpo de conhecimento sistematizado, formulado de maneira metódica e racional, a partir da pesquisa produzida em ambiente universitário por meio do licenciamento de inovação tecnológica patenteada a uma empresa têm sido objeto de estudo (Figura 1). Com efeito, torna-se imperativo percorrer um caminho com ênfase na observação dos mecanismos transacionais e aos meios pelos quais são transferidas as tecnologias desenvolvidas com base em atividades de pesquisa.

Deste forma, Sánchez; Maldonado; Velasco, (2012) constataram que empresas criadas dentro das universidades, oferecem importante atributo ao processo de inovação, sendo considerado estratégico para a atividade empresarial, pois estrutura um modelo econômico característico de empresas de alta tecnologia, com elevada capacidade em produzir resultados e manter um patamar de investimentos e despesas superior quando comparado a outras organizações. Ainda, García Ponce de León; Pérez Mora; Miranda Zea, (2018) estabeleceram a partir de suas observações que pesquisadores acadêmicos são motivados por atitudes proativas fomentadas a partir da ambição em quebrar paradigmas por meio da inovação.

De modo distinto, Horner *et al.*, (2019) buscou delinear a eficácia da transferência de tecnologia apoiada em conceitos relativos a escolha estratégica para a tomada de ação, em meio a um ambiente favorável e conjecturaram que cada cenário possui uma característica com um contexto específico que deve ser considerado. Hayter; Rasmussen; Rooksby, (2020) ampliaram o conceito de transferência de tecnologia de origem acadêmica, e reconheceram modos específicos, diversificados e informais de interação dos atores acadêmicos com a indústria, que precisam ser melhor compreendidas.

Diretrizes de apoio ao investimento em células a combustível e tecnologias do hidrogênio aplicado a combustíveis

De outra forma, ao se analisar a rede de agrupamento gerada para o termo transferência de tecnologia diretrizes de apoio ao investimento em energias alternativas baseadas em células a combustível e hidrogênio (Figura 1) é possível perceber uma composição de termos predominante para publicações estabelecidas a partir de 2012 indo até 2020. É considerado estratégico, segundo reporta a literatura que integra a pasta de manuscritos (Pohl; Yarime, 2012, Ehret; Bonhoff, 2015, Cantuarias-Villessuzanne *et al.*,

2016. Al-Sharafi *et al.*, 2017 e Bai; Zhang, 2020) o investimento em tecnologias descarbonatas ou de baixa emissão de carbono para combater os efeitos do efeito estufa.

Dado este contexto Pohl; Yarime, (2012) observaram que políticas reguladoras de âmbito interno são orientadas por políticas de natureza externa, bem como, iniciativas mais genéricas, como a manutenção de intensa competição no mercado interno, são efetivas para as mudanças de paradigmas tecnológicos. Ehret; Bonhoff, (2015) indicam que é necessário uma estratégia de ação ampla que envolve políticas de estado para apoiar os preparativos de mercado para essas tecnologias, não só, mas, que a parcela formada pela indústria compreenda e apoie a criação da infraestrutura sedimentada em energias alternativas aos combustíveis fósseis.

Assim de acordo a pesquisa de Cantuarias-Villesuzanne *et al.*, (2016) a transição tecnológica pode ser subsidiada por políticas de abatimento de carbono e estímulos por meio de instrumentos regulatórios tributários e leis de transição tecnológica. Para Al-Sharafi *et al.*, (2017) ainda é relevantemente alto, implementar tecnologias a partir de células a combustível. Bai; Zhang, (2020) apontaram que as barreiras para a substituição tecnológica estão inseridas em dificuldades para obtenção de financiamento, riscos de projeto e elevados custos de implementação, e apesar disso, estes dispositivos são apontados com potencial promissor para a aplicação no setor de transportes.

À vista disto, é pertinente convir que existe um movimento em direção ao desenvolvimento de conjecturas para o incentivo, análise de viabilidade e compreensão estratégica pelas partes envolvidas, desenvolver e oportunizar através de um sistema legal, a transição tecnológica por meio da transferência de tecnologia (Zhu *et al.*, 2020).

Células a combustível de óxido sólido - CCOS aspectos relevantes

A Figura 1 apresenta na quinta linha de circunferências, a visualização de pesquisas com foco em células a combustível de óxido sólido-CCOS exibindo um perfil intermitente e de interesse, em relação aos parâmetros de busca do procedimento metodológico.

Neste cenário, as células a combustível de óxido sólido fornecem uma opção para a conversão de energia, ambientalmente exequível e eficiente aos dispositivos convencionais de produção de eletricidade (KAUR G., 2016). Tong *et al.*, (2010) em sua pesquisa, apresentaram o composto BZY20 modificado com NiO produzido por rota de baixo custo com uma condutividade excepcionalmente relevante e granulometria grossa e densa.

Com outra abordagem Cheng *et al.*, (2011) indicou que materiais compostos cerâmicas e metais, sem níquel são relacionados com potencial para enfrentar os problemas associados ao envenenamento por enxofre. Para Liu *et al.*, (2011) materiais com estruturas porosas tridimensionais apresentam potencial de ganho em taxas de conversão de energia.

Em tempos mais recentes, Choi *et al.*, (2018) examinou eletrodo catódico $\text{PrBa}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{1.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$ (PBSCF) em junção como eletrólito sólido $\text{BaZr}_{0.4}\text{Ce}_{0.4}\text{Y}_{0.1}\text{Yb}_{0.1}\text{O}_3$ (BZCYYb4411) e relataram que o eletrodo fornece elevada atividade catalítica, não só, mas, que o sistema pesquisado fornece densidades de potência altas e estabilidade de longo prazo em presença ao contaminante CO_2 . Com outra abordagem, Abdelkareem *et al.*, (2019) mostraram que anodos constituídos pelo composto ScSZ sejam aplicados no HT-PSC flexível pois, são eficientes em evitar fraturas causadas por tensões térmicas e apresentam propriedades de transferência de massa melhores quando comparados aos anodos rígidos.

A expectativa de fabricação de eletrodo fino de estrutura colunar de $\text{BaCe}_{0.55}\text{Zr}_{0.3}\text{Y}_{0.15}\text{O}_{3-\delta}$ por meio de um método de baixo custo, foi investigada por Choi *et al.*, (2019) que reportaram como resultados, alcance de densidade de potência máxima a 500°C igual a $350\text{mW}/\text{cm}^2$. Kaur; e Singh, (2020) examinaram o óxido-hidróxido de manganês e lantânio dopada com estrôncio, e como respostas observaram que o composto pode ser aplicado como eletrodo catódico para CCOS em alta temperaturas.

Catalisadores uma breve perspectiva

Ainda o exame da Figura 1, permite observar uma relação que denota esforço constante e intensivo empregado pelos pesquisadores em estudos sobre a aceleração da reação de eletrodo por meio de um elemento que não é consumido na reação integral, não só, mas, esse elemento cataliticamente ativo é comumente a superfície do eletrodo, isto é, estudos sobre catalisadores (Minevski, 1995). Estes elementos, devem cumprir alguns critérios gerais para serem objeto de uso em escala comercial, a saber: baixo custo e meios praticáveis de fabricação, estabilidade química, de fase e de microestrutura porosa, elevada atividade catalítica para reduzir o oxigênio e alta condutividade iônica e eletrônica (Florio *et al.*, 2008).

Nesta perspectiva, Zhao *et al.*, (2011); segundo este reporte literário, desafios associados a cinética de reação, a contaminação por CO, a seleção de elementos químicos mais econômicos, a capacidade restrita de fabricação em escala nano são relacionados como

os principais obstáculos para a tecnologia. Assim, Koenigsmann; Wong, (2011); estudaram eletrodos produzidos em escala nano de custo baixo de platina - Pt e evidenciaram incrementos de duas a sete vezes na atividade de reação de redução de oxigênio. Wu; Yang, (2013); observaram que catalizadores do grupo Pt por apresentar elevada atividade eletrocatalítica, e serem estáveis em meio ácido, permanecerão desempenhando papel de destaque para a seleção e fabricação de catalisadores.

Por outro lado, Shih *et al.*, (2013) preconizou que eletrodos de paládio - Pd de cobre anódicos, não apresentaram problemas associados ao envenenamento por CO, tão pouco, exibem baixa corrosão dos materiais de carbono. Considerando que o componente metálico PtRu/C é um dos catalisadores anódicos com maior relevância comercial para células a combustível de metanol direto. Chang *et al.*, (2016) em sua pesquisa, preparou eletrodo anódico de Pt promovido por composto cobalto fósforo, e observou densidade de potência 1,4 vezes mais elevado que aquele fundamentado no catalisador comercial PtRu / C de última geração com a mesma carga de Pt.

Os estudos de Chen *et al.*, (2016); sobre nitretos de cobalto, especialmente o Co₄N metálico, exibiram, boas características de atividade cinética para reações de redução de oxidação, por meio da modificação morfológica. Em alternativa, catalisadores produzidos a partir de Fe-N-C, os quais proporcionaram elevado desempenho com baixo custo de montagem membrana-eleto-rodo baixo, (Sebastián *et al.*, 2016).

A diversificação das pesquisas sobre catalisadores para a reação de redução de oxigênio, pode ser percebida no estudo de (Liu, J. *et al.*, 2017). Aqui o exame está direcionado em catalisadores de átomo único de platina com base em negro de fumo. Chai *et al.*, (2017); em sua obra explorou aspectos associados a capacidade de catalisadores de grafeno co-dopado com nitrogênio e fósforo para a reação de redução de oxigênio, bem como, a reação de evolução de oxigênio com auxílio de simulações numéricas para estimar os campos ativos de RRO e REO. Para mais, conforme descreve Zhao *et al.*, (2018); é urgente a necessidade em desenvolver catalisadores a base de platina, para tanto, produziu em escala nano cristais de paredes ultrafinas e porosas de Pt. De outro modo, foram testados catalisadores alternativos a platina, obtidos a partir da sinterização da casca de noz da macadâmia para aplicações em células a combustível e supercapacitores (Yan *et al.*, 2018).

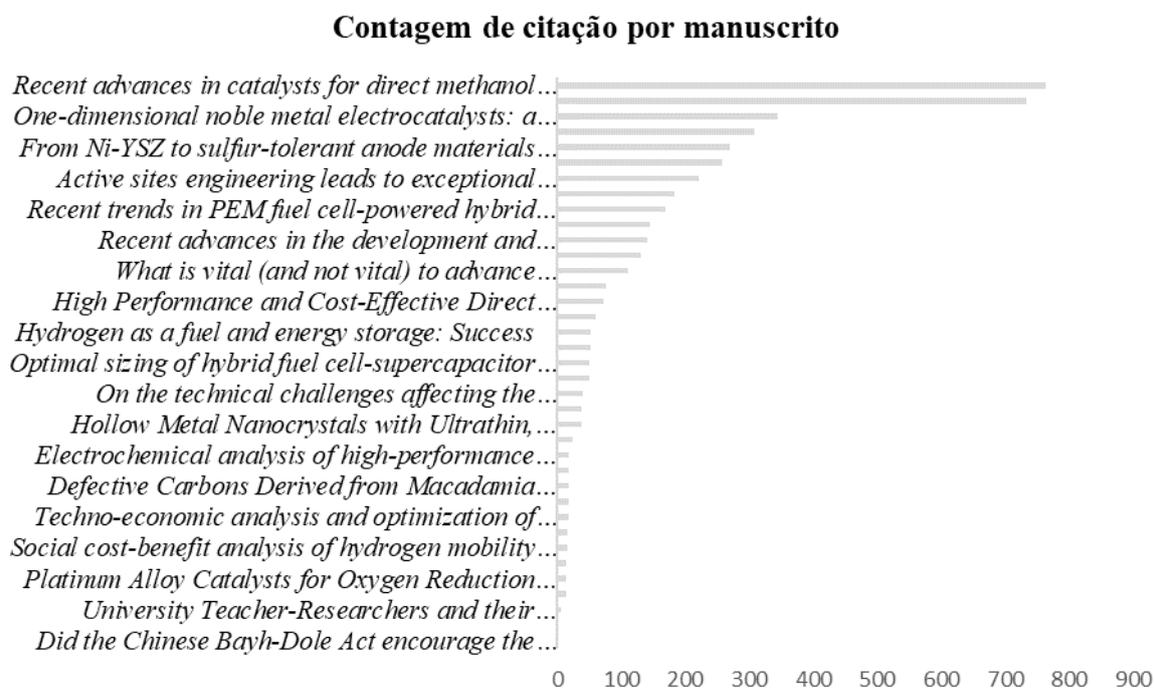
Nos últimos anos, estratégias de fabricação de catalisadores de compostos de diferentes metais nanoestruturados surgiu como promissora para desenvolver

eletrocatalisadores de alto desempenho e baixo custo. Neste cenário, foram fabricados e investigados compostos metálicos a base de sulfetos, fosfetos carbonetos e óxidos a (Kwon et al., 2019). O trabalho de Wu *et al.*, (2020); demonstra uma perspectiva dos desafios para o desenvolvimento de catalisadores a base de Pt com custo a nível comercial. Tian *et al.*, (2020) relata que os estudos estão direcionados a ênfases de projetos racionais de eletrocatalisadores para melhorar a baixa velocidade de reação de redução do oxigênio e a busca constante por desenvolvimento de novos materiais, tais como: ligas de Pt, ligas de Pd, oxinitretos, calcogenatos de metal, materiais a base de metais nobres e assim por diante.

Relevância acadêmica dos artigos que integram a pasta e critérios para a escolha do sistema de coleta

O exame para qualificar a relevância acadêmica dos 37 artigos da pasta final de manuscritos mostrados na Figura 2 apresenta duas dimensões definidas. No eixo das ordenadas o número de citações nas referências, de acordo com métrica do Google Scholar até 12/11/2020, e no eixo das abcissas os títulos das obras selecionadas.

Figura 2. Relação entre a contagem de citação das obras obtida a partir do google Scholar até 12/11/2020.



Fonte: Elaborado pelos autores coletados da Scopus (2020).

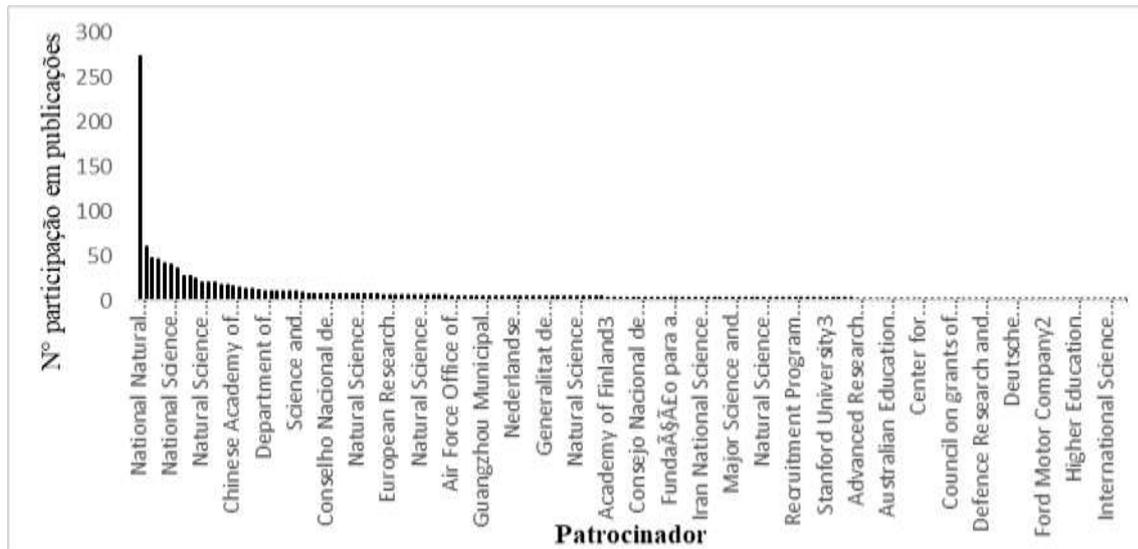
Constata-se que a produção científica integrante da pasta final de manuscritos representa elevado grau de representatividade para os parâmetros de interesse do estudo. Analisando a distribuição dos trabalhos segundo o critério foco das publicações, nota-se a predominância de trabalhos com número acima de 100 de citações nas referências, para produção científica que envolve a pesquisa em catalisadores, CCOS, CCM e um estudo acerca dos critérios determinantes para o avanço em tecnologias sustentáveis, o que denota elevada relevância das publicações (Figura 2).

No entanto, as publicações com número de citações menor que 100 nas referências, não necessariamente representam baixa relevância. Nestes casos, tem-se que considerar fatores inerentes aos critérios estruturados nos operadores lógicos de buscas, em acordo com as áreas temáticas de interesse do estudo. Percebe-se em geral, que produções científicas que se propõem estabelecer uma compreensão sobre as ênfases e mecanismos em transferência de tecnologia apresentam menores contagens de citações.

É de interesse estratégico para um país oportunizar um sistema legal para a transferência de tecnologia baseado em orientação funcional das pesquisas para a promoção do desenvolvimento econômico (Zhu et al., 2020). Conforme este estudo, a relação entre as leis de transferência de tecnologia, o objetivo legislativo, a aplicação, a configuração e atribuição institucional dos centros de pesquisa devem estar arranjados a alcançar os resultados presumidos pelos agentes criadores de Leis. Para mais, os sistemas de transferências e incentivos a patentes devem estar alinhados a otimizar a transferência de tecnologias das instituições de pesquisa sejam universidades sejam instituições de pesquisa corporativas.

Na Figura 3, estão reunidos os agentes financiadores dos estudos, para análise posterior do modo operacional estruturado para o desenvolvimento de tecnologias com alto nível de conhecimento. Sendo assim, as instituições com participação mais significativas, após aplicação de procedimento de busca foram: *National Natural Science Foundation of China, Fundamental Research Funds for the Central Universities, National Research Foundation of Korea, U.S. Department of Energy, National Basic Research Program of China (973 Program), National Science Foundation, Georgia Institute of Technology, Ministry of Science, ICT and Future Planning.*

Figura 3. Ilustração do valor de corte para escolha dos entes para análise conforme participação em publicações na modalidade patrocinador.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da Scopus (2020).

Foi possível perceber que dos 7 financiadores com participação significativa, 03 posições são ocupadas por instituições chinesas, o que mostra a forte ênfase deste país para buscar o desenvolvimento de células a combustível. Para mais, ao que parece, para desenvolver inovações tecnológicas intensivas em conhecimento é necessário a formação de um alinhamento estratégico amplo, que envolve, por um lado, políticas públicas claras e específicas integradas aos entes de fomento públicos (patrocinador), e por outro lado, grupos de pesquisas multidisciplinares interessados no desenvolvimento de inovação, sustentados por uma infraestrutura de apoio para este fim.

Nesta perspectiva, Ferreira; Fernandes; Ferreira., (2020), assevera que o cerne fundamental para a promoção de inovação está hospedado no desenvolvimento de políticas ambientais que objetivam estabelecer uma estratégia nacional de desenvolvimento. Desta forma, é possível otimizar o acesso ao mercado internacional, promovendo o desenvolvimento econômico, sedimentado em novos empreendimentos tecnológicos.

5 Considerações Finais

A realização de estudos prospectivos tem grande relevância para a formulação de cenários de tendências inovadoras, uma vez que a informação é recurso imprescindível para determinar políticas e estratégias que possibilitem o processo de desenvolvimento tecnológico em inovações intensivas em conhecimento, caso particular das células a combustível.

A partir das análises efetuadas foi possível estabelecer um panorama geral dos conhecimentos disponíveis acerca da tecnologia de célula a combustível, bem como dos principais meios de transferência da tecnologia em questão. Os resultados revelam que para o período estudado países como China, Estados Unidos da América e Coreia do Sul têm empregado elevados níveis de esforços para o desenvolvimento de CT&I direcionadas as células de combustível.

As pesquisas, representadas pela literatura que integram a pasta de manuscrito, mostraram intenso e constante empenho dos pesquisadores para melhorar aspectos de custo por meio de materiais alternativos a platina, rotas de fabricação e compreensão dos mecanismos eletroquímicos envolvidos na redução e elevação de oxigênio nos eletrodos.

De forma distinta, notou-se estudos com ênfase em diferentes escalas de avaliação para células a combustível de óxido sólido. O perfil apresentado pela literatura correspondente, mostra para os primeiros anos de pesquisa o exame focado em novos materiais a nível de composição, microestrutura, morfologia, contaminação por enxofre, dentre outros. Em tempos mais recentes, foram investigados eletrodos catódicos para observação da geração de energia, eletrodos com foco em rigidez dos componentes, para superar problemas relacionados a fraturas de origem térmica, a processos de fabricação de baixo custo em eletrodos finos, assim como novos materiais estruturados da perovskita.

A literatura relacionada as pesquisas em células a combustível apresentaram elevado nível de citação nas referências, pelo google *Scholar*. Em contraste, a produção científica com foco em transferência de tecnologia, mostra – se com níveis menores de contagens de citação nas referências, bem como, número efetivo menor de artigos, expressos por 27% do total quando comparado com pesquisas de desenvolvimento tecnológicos. Com efeito, é de interesse estratégico oportunizar um sistema legal para a transferência de tecnologia (Zhu et al., 2020).

Desta forma, por fim, a literatura denota forte interesse em investigar não só, meios para incentivar transição tecnológica em inovações baseadas em energias sustentáveis com foco em células a combustíveis, mas, também descrever as relações que existem para o desenvolvimento de tecnologias em ambientes acadêmicos.

Logo com base nos resultados apresentados, e tendo em vista, algumas características que podem ser utilizadas para resolver obstáculos ainda em aberto nesse campo de estudo,

pode ser conjecturado como sugestão de trabalhos futuros, a realização de análises com base em indicadores observáveis gerados a partir do contexto atinente aos principais financiadores, para verificação do impacto de vários aspectos existentes, para o sucesso do desenvolvimento de inovação em células a combustível, subsidiando a propositura de modelos de sistemas de inovação, eficientes e exequíveis.

Referências

Abdelkareem, M. A., *et al.* (2019). *On the technical challenges affecting the performance of direct internal reforming biogas solid oxide fuel cells. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 101*, 361–375. DOI: 10.1016/j.rser.2018.10.025.

Al-Sharafi, A., *et al.* (2017). *Techno-economic analysis and optimization of solar and wind energy systems for power generation and hydrogen production in Saudi Arabia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69* (November 2016), 33–49. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.157

Amador, S. R., *et al.* (2018). Indicator system for managing science, technology and innovation in universities. *Scientometrics Springer Link, 115*(3), p.1575–1587. DOI: 10.1007/s11192-018-2721-y.

Andrade, C.E.C., *et al.*, (2020). *An analysis of overlapping terms to define articles key words: The use of VOSviewer tool applied to technology transfer in fuel cells. International Journal for Innovation Education and Research, 8*(08), 275–287. DOI: 10.31686/ijer.vol8.iss8.2516.

Bai, W., & Zhang, L. (2020). How to finance for establishing hydrogen refueling stations in China? An analysis based on Fuzzy AHP and PROMETHEE. *International Journal of Hydrogen Energy, 237*, 34354–34370. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.12.198.

Cantuarias-villessuzanne, c., Weinberger, b., Roses, l., Vignes, a.; Brignon, j. m. (2016). *Social cost-benefit analysis of hydrogen mobility in Europe. International Journal of Hydrogen Energy, 41*(42), 19304–19311. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.07.213.

- Chai, G. L., *et al.*, (2017). *Active sites engineering leads to exceptional ORR and OER bifunctionality in P,N Co-doped graphene frameworks*. *Energy and Environmental Science*, 10(5), 1186–1195. DOI:10.1039/c6ee03446b.
- Chang, J., *et al* (2016). *Pt-CoP/C as an alternative PtRu/C catalyst for direct methanol fuel cells*. *Journal of Materials Chemistry A*, 4(47), 18607–18613. DOI:10.1039/c6ta07896f.
- Chen, P., *et al* (2016). *Cobalt nitrides as a class of metallic electrocatalysts for the oxygen evolution reaction*. *Inorganic Chemistry Frontiers*, 3(2), 236–242. DOI: 10.1039/c5qi00197h.
- Cheng, Z., *et al* (2011). From Ni-YSZ to sulfur-tolerant anode materials for SOFCs: Electrochemical behavior, in situ characterization, modeling, and future perspectives. *Energy and Environmental Science*, 4(11), 4380–4409. DOI:10.1039/c1ee01758f.
- Choi, S., *et al.*, (2018). Exceptional power density and stability at intermediate temperatures in protonic ceramic fuel cells. *Nature Energy*, 3(3), 202–210. DOI:10.1038/s41560-017-0085-9.
- Dwivedi, S. (2020). Solid oxide fuel cell: Materials for anode, cathode and electrolyte. *International Journal of Hydrogen Energy*, DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.11.234.
- Ehret, o.; Bonhoff, K. (2015). Hydrogen as a fuel and energy storage: Success factors for the German energiewende. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(15), 5526–5533. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2015.01.176.
- Erdinc, o.; Uzunoglu, m. (2010). Recent trends in PEM fuel cell-powered hybrid systems: Investigation of application areas, design architectures and energy management approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 2874–2884. DOI: 10.1016/j.rser.2010.07.060.
- Ferreira, J. J. M., Fernandes, C. I.; Ferreira, F. A. F. (2020). *Technological Forecasting & Social Change Technology transfer, climate change mitigation, and environmental patent impact on sustainability and economic growth : A comparison of European countries*.

Technological Forecasting & Social Change. 150. p. 119770. DOI:
10.1016/j.techfore.2019.119770.

Florio, D.Z., *et al.*, (2004). Materiais cerâmicos para células a combustível de óxido sólido. *Cerâmica*, v.50. p.275-290. DOI: 10.1590/S0366-69132004000400002.

Fukuda, K. (2020). Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. *International Journal of Production Economics*, 220, 107460.
DOI:10.1016/j.ijpe.2019.07.033.

Furlan, T. Z., *et al* (2017). Gestão ambiental dos processos produtivos e gestão de recursos naturais: análise dos artigos publicados em um encontro nacional brasileiro entre os anos de 2011 a 2015. *Revista Espacios*. v. 38, p. 17-38. Disponível em:
<https://www.revistaespacios.com/a17v38n06/a17v38n06p17.pdf>. Acesso em: 22/11/2020.

García P. L.O., Pérez, M. R.; Miranda, Z. A. (2018). *Los profesores-investigadores universitarios y sus motivaciones para transferir conocimiento*. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(3), 43. DOI: 10.24320/redie.2018.20.3.1754.

Hayter, C. S., Rasmussen, E.; Rooksby, J. H. (2020). *Beyond formal university technology transfer: innovative pathways for knowledge exchange*. *Journal of Technology Transfer*, 45(1), 1–8. DOI:10.1007/s10961-018-9677-1.

Horner, S., *et al.*, (2019). *Strategic choice in universities: Managerial agency and effective technology transfer*. *Research Policy*, 48(5), 1297–1309. DOI: 10.1016/j.respol.2019.01.015.

Kaur, P.; Singh, K. (2020). *Review of perovskite-structure related cathode materials for solid oxide fuel cells*. *Ceramics International*, 46(5), 5521–5535. DOI:
10.1016/j.ceramint.2019.11.066.

Koenigsmann, C.; Wong, S. S. (2011). *One-dimensional noble metal electrocatalysts: A promising structural paradigm for direct methanol fuel cells*. *Energy and Environmental Science*, 4(4), 1161–1176. DOI: 10.1039/c0ee00197j.

Korhonen, J., Honkasalo, A.; Seppälä, J. (2018). *Circular Economy: The Concept and its Limitations*. *Ecological Economics*, 143, 37–46. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.06.041.

Kumar, S. S. *et al.*, (2019). *Microbial fuel cells as a sustainable platform technology for bioenergy, biosensing, environmental monitoring, and other low power device applications*. *Fuel*, 255, 115682. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.115682.

Kwon, T., *et al.*, (2019). *Nanoscale hetero-interfaces between metals and metal compounds for electrocatalytic applications*. *Journal of Materials Chemistry A*, 7(10), 5090–5110. DOI:10.1039/c8ta09494b.

J.O'M. Bockris; Minevski, Z.; (1995). *Two Zones of " Impurities " Observed After Prolonged Electrolysis of Deuterium on Palladium*. November. Department of Chemistry, Texas A&M University, College Station, TX 77843-3255. p. 67. Disponível em: <https://www.lenr-canr.org/acrobat/BockrisJtwozonesof.pdf>. Acesso em: jul. 2020.

Liu, J., *et al.*, (2017). *High performance platinum single atom electrocatalyst for oxygen reduction reaction*. *Nature Communications*, 8(May), 1–9. DOI: 10.1038/ncomms15938.

Liu, M., *et al* (2011). *Rational SOFC material design: New advances and tools*. *Materials Today*, 14(11), 534–546. DOI:10.1016/S1369-7021(11)70279-6.

Luta, D. N.; Raji, A. K. (2019). *Optimal sizing of hybrid fuel cell-supercapacitor storage system for off-grid renewable applications*. *Energy*, 166, 530–540. DOI: 10.1016/j.energy.2018.10.070.

Pereira, A. S., *et al.*, (2018). Método Qualitativo, Quantitativo ou Quali-Quantitativo. In *Metodologia da Pesquisa Científica*. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 28 março 2020.

Pohl, H.; Yarime, M. (2012). *Integrating innovation system and management concepts: The development of electric and hybrid electric vehicles in Japan. Technological Forecasting and Social Change*, 79(8), 1431–1446. DOI: 10.1016/j.techfore.2012.04.012.

Sánchez, P. P. I., Maldonado, C. J., Velasco, A. P. (2012). *Caracterización de las Spin-Off universitarias como mecanismo de transferencia de tecnología a través de un análisis clúster. Revista Europea de Dirección y Economía de La Empresa*, 21(3), 240–254. DOI: 10.1016/j.redee.2012.05.004.

SCOPUS. *Guia de Referência Rápida*. (2015). 16. Disponível em: https://www.periodicos.capes.gov.br/images/documents/Scopus_Guia%20de%20refer%C3%Aancia%20r%C3%A1pida_10.08.2016.pdf. Acesso em: 17/06/2020.

SCOPUS. *Acrescente Valor à sua pesquisa*. (2018). Disponível em: https://www.periodicos.capes.gov.br/images/documents/Scopus_Guia%20completo_10.08.2016.pdf. Acesso em: 17/06/2020.

Sebastián, D., *et al.*, (2016). *High performance and cost-effective direct methanol fuel cells: Fe-N-C methanol-tolerant oxygen reduction reaction catalysts. ChemSusChem*, 9(15), 1986–1995. DOI: 10.1002/cssc.201600583.

Shih, Z. Y., *et al.*, (2013). *Porous palladium copper nanoparticles for the electrocatalytic oxidation of methanol in direct methanol fuel cells. Journal of Materials Chemistry A*, 1(15), 4773–4778. DOI: 10.1039/c3ta01664a.

Sonawane, J. M., *et al.*, (2017). *Recent advances in the development and utilization of modern anode materials for high performance microbial fuel cells. Biosensors and Bioelectronics*, 90(2016), 558–576. DOI: 10.1016/j.bios.2016.10.014.

Staffell, I., *et al.*, (2019). *The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system. Energy and Environmental Science*, 12(2), 463–491. DOI:10.1039/c8ee01157e.

Su, X., *et al.*, (2020). *Thermodynamic analysis and fuel processing strategies for propane-fueled solid oxide fuel cell*. *Energy Conversion and Management*, 204, 112279. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.112279.

Tian, X., *et al.*, (2020). *Advanced Electrocatalysts for the Oxygen Reduction Reaction in Energy Conversion Technologies*. *Joule*, 4(1), 45–68. DOI: 10.1016/j.joule.2019.12.014.

Tong, J., Clark, D., Hoban, M.; O'hayre, R. (2010). *Cost-effective solid-state reactive sintering method for high conductivity proton conducting yttrium-doped barium zirconium ceramics*. *Solid State Ionics*, 181(11–12), 496–503. DOI:10.1016/j.ssi.2010.02.008.

Vargas, R. A., *et al.*, (2006). *Uma visão da tecnologia de células a combustível*. Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais (CCTM), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo - SP – Brasil. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/2006/eventos/15436.pdf>. Acesso em: jul.2020.

Vieira, P. V. M.; WAINER, J. (2013). Correlações entre a contagem de citações de pesquisadores brasileiros, usando o web of science, scopus e scholar. *perspectivas em ciência da informação*, 18(3), 45–60. DOI: 10.1590/S1413-99362013000300004.

Wang, Y., *et al.*, (2020). *BiOCl-based photocathode for photocatalytic fuel cell*. *applied surface science*, 506, 144949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.144949>.

Wu, D., *et al.*, (2020). *Platinum Alloy Catalysts for Oxygen Reduction Reaction: Advances, Challenges and Perspectives*. *chemnanomat*, 6(1), 32–41. DOI: 10.1002/cnma.201900319.

Wu, J.; Yang, H. (2013). Platinum-based oxygen reduction electrocatalysts. *accounts of chemical research*, 46(8), 1848–1857. DOI: 10.1021/ar300359w.

Yan, X., (2018). *Defective Carbons Derived from Macadamia Nut Shell Biomass for Efficient Oxygen Reduction and Supercapacitors*. *chemelectrochem*, 5(14), 1874–1879. DOI: 10.1002/celec.201800068.

Zhao, M., *et al.*, (2018). *Hollow Metal Nanocrystals with Ultrathin, Porous Walls and Well-Controlled Surface Structures*. *advanced materials*, 30(48).

DOI: 10.1002/adma.201801956.

Zhu, C., LI, X.; CHEN, Y. (2020). *Did the Chinese Bayh-Dole Act encourage the activities of technology transfer? An answer from a legal system*. *asian journal of technology innovation*, 0(0), 1–17. DOI: 10.1080/19761597.2020.1797515.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Carlos Eduardo Celestino de Andrade – 51%

Francisco Sandro Rodrigues Holanda – 12.25%

Wilsonita de Melo Ubirajara – 12.25%

Arilmara Abade Bandeira – 12.25%

Luiz Diego Vidal Santos – 12.25%