



UMA ABORDAGEM SOBRE SISTEMAS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Kawan Trindade Lessa Paulo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP Cubatão), Cubatão, SP, Brasil

Luiz Henrique Nascimento da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP Cubatão), Cubatão, SP, Brasil

Pedro Henrique Ferreira do Nascimento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP Cubatão), Cubatão, SP, Brasil

Prof. Dr. Ulisses Galvão Romão

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP Cubatão), Cubatão, SP, Brasil

Resumo: Neste artigo, discutiremos o uso de sistemas hidráulicos e pneumáticos em ambientes industriais, suas técnicas e processos de utilização dentro dos projetos industriais. O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão sistemática que identificou artigos científicos que ressaltam as vantagens do uso de sistemas hidráulicos e pneumáticos para realizarem movimentos diversos através de fluídos e ações repetitivas. A pesquisa demonstra que estudos e publicações de artigos são recentes, observando as características de cada trabalho. A fim de validar a busca, utilizou-se a metodologia ProKnow-C, que possui procedimento estruturado para revisão. O portfólio bibliográfico encontrado destaca que a utilização desses sistemas contribui reduzindo esforços repetitivos do operador e desenvolvimento de produtos com melhor precisão e qualidade.

Palavras-chave: Sistemas Pneumáticos; Sistemas Hidráulicos; ProKnow-C.

Abstract: In this article, we will discuss the use of hydraulic and pneumatic systems in industrial environments, their techniques and processes of use within industrial

projects. The objective of this article is to present a systematic review that identified scientific articles that highlight the advantages of using hydraulic and pneumatic systems to perform various movements through fluids and repetitive actions. The research demonstrates that studies and article publications are recent, observing the characteristics of each work. To validate the search, the ProKnow-C methodology was used, which has a structured procedure for review. The bibliographic portfolio highlights that the use of these systems contributes to reducing repetitive operator efforts and the development of products with better precision and quality.

Keywords: Pneumatic Systems; Hydraulic Systems; ProKnow-C.

INTRODUÇÃO

No contexto da Engenharia de Controle e Automação, o conhecimento de sistemas pneumáticos e hidráulicos é crucial para a compreensão e o desenvolvimento de soluções eficientes em automação industrial, considerando diversos cenários de aplicação. Esses sistemas utilizam fluidos líquidos ou gasosos para gerar, controlar e transmitir potência, sendo amplamente empregados em máquinas e equipamentos onde a precisão e a força são essenciais (ESPOSITO, 2013).

Os sistemas hidráulicos e pneumáticos possuem uma ampla gama de aplicações em diversas indústrias, incluindo a automotiva, aeroespacial, manufatureira e de construção civil. Eles são essenciais para a operação eficiente e segura de máquinas e equipamentos, oferecendo soluções robustas e confiáveis para as necessidades industriais (CUNDIFF, 2002).

Enquanto os sistemas hidráulicos são preferidos em aplicações que requerem alta força e precisão, como prensas industriais e equipamentos de construção, os sistemas pneumáticos são ideais para aplicações que necessitam de velocidade e flexibilidade, como linhas de montagem e dispositivos de manipulação (MAJUMDAR, 1995).

Este trabalho tem como objetivo, através de uma revisão detalhada da literatura e da avaliação de casos práticos, identificar as melhores práticas e soluções mais eficazes para a implementação desses sistemas em diferentes

cenários industriais. Além disso, este estudo fornece uma base teórica sólida para engenheiros e técnicos, contribuindo para o aprimoramento de projetos e operações que envolvem o uso de fluidos para geração, controle e transmissão de potência em ambientes industriais.

A construção do conhecimento sobre o tema de pesquisa baseia-se na metodologia ProKnow-C (Knowledge Development Process - Constructivist), desenvolvida pelo Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão. O processo ProKnow-C consiste em uma metodologia estruturada em quatro etapas: 1) seleção do portfólio bibliográfico para a revisão da literatura; 2) análise bibliométrica do portfólio bibliográfico; 3) análise sistêmica do portfólio bibliográfico; 4) elaboração dos objetivos de pesquisa (AFONSO *et al.*, 2011).

A metodologia adotada permite obter um portfólio bibliográfico relevante para o tema de pesquisa, selecionado com critérios objetivamente definidos, buscando incluir os artigos de maior relevância científica nesse portfólio (ENSSLIN *et al.*, 2010).

Este trabalho está estruturado em 6 seções: a Seção 2, trata da revisão da literatura, Seção 3 apresenta os procedimentos metodológicos do ProKnow-C, a Seção 4, as análises dos resultados, Seção 5, as considerações finais e por fim na Seção 6, as referências bibliográficas.

A unidade de produção é responsável por gerar o ar comprimido, incluindo compressores que aumentam a pressão do ar para os níveis de cada aplicação. Já a unidade de distribuição possui o papel de transportar o ar comprimido do compressor até os pontos que serão utilizados, através de uma rede de tubulações, válvulas e conexões para garantir o transporte seguro desse ar. E na unidade de condicionamento, o ar passa por um tratamento específico, com separadores, filtros e reguladores que removem umidade, impurezas e ajustam a pressão (NEGRI, 2001).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seguir, será apresentada a metodologia utilizada nesta pesquisa, ilustrada na Figura 2, abordando o seu enquadramento e os métodos adotados para alcançar os objetivos específicos propostos.

Figura 2 – Etapas do processo ProKnow-C



Fonte: Ensslin et al. (2010)

Metodologia quanto ao seu enquadramento

O enquadramento metodológico desta pesquisa é caracterizado como exploratório, pois consiste em uma busca de artigos relacionados ao tema, sem a finalidade de confirmar uma hipótese. A coleta dos artigos foi realizada nas bases de dados do Portal da Capes. A revisão sistemática torna a pesquisa quantitativa e qualitativa, devido à bibliometria e análise dos artigos selecionados no portfólio bibliográfico.

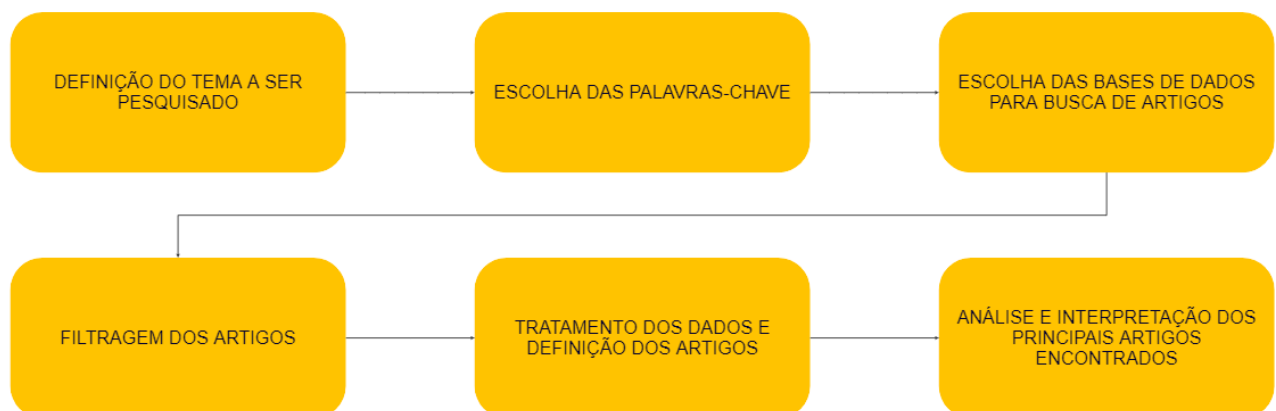
As amostras foram obtidas por meio da seleção de artigos em três bases de dados que possuem maior relevância para o tema de pesquisa e apresentam uma

maior quantidade de publicações na área. Esses artigos foram utilizados no procedimento de seleção do portfólio bibliográfico, que faz parte da metodologia ProKnow-C proposta pelo LabMCDA (Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão) e estabelece os procedimentos de seleção e análise dos resultados adotados.

Metodologia para seleção do portfólio bibliográfico

Um fluxo de procedimentos que iniciam na definição do tema a ser pesquisado faz parte da metodologia ProKnow-C utilizada para seleção do portfólio bibliográfico. Na Figura 3, a sequência dos processos está ilustrada em blocos.

Figura 3 – Processos de pesquisa



Fonte: Os autores (2024).

Inicialmente definimos o tema a ser pesquisado, posteriormente a escolha das palavras-chave para pesquisar nos mecanismos de busca com o objetivo de encontrar os artigos científicos relacionados ao tema. As palavras-chave foram escolhidas e utilizadas em conjunto.

Como mencionado anteriormente, a coleta dos artigos foi realizada nas bases de dados do Portal da Capes e utilizamos o acesso via CAFe, selecionando o Instituto Federal de São Paulo e acessando com a matrícula. Os mecanismos de buscas de artigos científicos foram selecionados dentre os que possuem maior consistência em relação ao tema.

Para validar a escolha das palavras-chave, foram realizadas dez leituras de artigos, dentro dos obtidos na pesquisa, confirmando que as palavras-chave resultariam em artigos científicos voltados ao tema de estudo.

Em seguida, os artigos passaram pela fase de filtragem, de uma busca refinada. Inicialmente filtramos artigos que possuíam as palavras-chave presentes no título do artigo, em seguida o ano de publicação, considerando os artigos publicados de 2020, até maio de 2024. A terceira etapa do filtro foi selecionar dentro dos mecanismos de buscas, apenas os artigos com acesso aberto para leitura.

Como critério para tratamentos dos artigos no banco de dados, verificamos a relevância científica dos artigos por meio do número de citações que cada artigo possui, ordenando a lista de resultados de cada base de dados, do que possui o maior número de citações para o menor.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir das etapas descritas na seção de procedimentos metodológicos, a sequência do estudo está apresentada a seguir, com os detalhes dos procedimentos e as decisões tomadas na aplicação da metodologia ProKnow-C para alcançar nossos objetivos.

Palavras-chave

Conforme descrito na introdução, o propósito do nosso estudo é fazer uma revisão sistemática da literatura sobre a abordagem de sistemas hidráulicos e pneumáticos. Entende-se que o objetivo atinge 2 eixos de pesquisa, o de sistemas hidráulicos e de sistemas pneumáticos.

Dessa forma, foram escolhidas as palavras-chave “*hydraulic*” e “*pneumatic systems*”. Ressaltando que ambas as palavras-chave deveriam estar presentes no título do artigo científico.

As buscas por artigos nas bases de dados foram realizadas utilizando essas duas combinações (*hydraulic AND pneumatic systems*).

Bases de dados do portal da CAPES

Consideramos para a composição do portfólio bibliográfico as 3 bases de dados de maior destaque no mundo acadêmico: *Google Scholar*, *Web of Science* e *Scopus*.

Para cada base de dados foram realizadas as pesquisas conforme as combinações pré-definidas. Para analisar a evolução das publicações dos artigos conforme o percurso temporal definido de 2020 a maio de 2024, ordenamos as publicações por ano em cada base de dados. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos utilizando a combinação: (*hydraulic AND pneumatic systems*).

Tabela 1 – Publicações anuais das bases de dados ordenadas por ano utilizando a combinação (*hydraulic AND pneumatic systems*).

NÚMERO DE PUBLICAÇÕES ORDENADAS POR ANO						
BASE DE DADOS	ANO DA PUBLICAÇÃO					TOTAL
	2020	2021	2022	2023	2024	
GOOGLE SCHOLAR	5	6	2	4	0	17
WEB OF SCIENCE	6	4	4	5	1	20
SCOPUS	8	4	6	6	2	26
TOTAL	19	14	12	15	3	63

Fonte: Os autores (2024)

Filtragem dos artigos

Para o processo de filtragem dos artigos, optamos por selecionar, dentro de cada base de dados, os artigos número 1 que possuíam maiores citações, uma vez que consideramos que esse processo resultaria em uma amostra com artigos de maior relevância científica dentro do nosso objetivo de estudo.

Para três bases de dados, com uma combinação de palavras-chave, nosso filtro resultou em (3) artigos mais citados, nos quais as palavras-chave estavam presentes no título do documento.

No processo de seleção nos mecanismos de busca, apenas o Google Scholar não apresentou a possibilidade de ordenar os artigos conforme seu número de citações. Desta maneira, utilizamos o software *Publish or Perish* para importar a base de dados do Google Scholar e posteriormente ordenar pelo número de citações. Esse software possibilita sistematizar a filtragem das publicações a partir de diferentes bases científicas.

Figura 4 – Print do software Publish or Perish

The screenshot shows the 'Google Scholar search' interface of the Publish or Perish software. The search criteria are: Authors (empty), Publication name (empty), Title words: 'hydraulic and pneumatic systems', and Keywords (empty). The search is set for the years 2020 to 2024, with a maximum of 200 results. The 'Include' options are checked for CITATIONS and Patents, and 'Only review articles' is unchecked. The results table is sorted by 'Cites' in descending order.

	Cites	Per year	Rank	Authors	Title	Year	Publication	Publisher	Type
<input checked="" type="checkbox"/>	h	7	2.33	11	N Santo, D Portnik...	2021	Powder technology	Elsevier	
<input checked="" type="checkbox"/>	h	6	2.00	6	T Kałaczyński, V Ma...	2021	MATEC Web of ...	matec-conferences.org	
<input checked="" type="checkbox"/>	h	5	1.67	7	AS Pugachuk, NF F...	2021	Journal of Physics ...	iopscience.iop.org	
<input checked="" type="checkbox"/>	h	5	1.67	10	K Rutkiewicz, W So...	2021	... Journal of the Military U...	yadda.icm.edu.pl	
<input checked="" type="checkbox"/>		4	4.00	1	G Filo	2023	Energies	mdpi.com	HTML
<input checked="" type="checkbox"/>		3	0.75	8	T KAZAMA	2020	JFPS International Journal ...	jstage.jst.go.jp	
<input checked="" type="checkbox"/>		3	0.75	19	VB Samorodov, HA...	2020	Kharkiv, NTU" KhPI" Publ ...		CITATIO
<input checked="" type="checkbox"/>		2	2.00	2	J Pustavrh, M Hoče...	2023	Scientific reports	nature.com	HTML
<input checked="" type="checkbox"/>		2	1.00	3	M Cherkashenko	2022		repository.kpi.kharkov.ua	
<input checked="" type="checkbox"/>		2	0.67	4	Ž Šitum, J Benić, K ...	2021	International ...	academia.edu	PDF
<input checked="" type="checkbox"/>		2	1.00	12	MV Cherkashenko	2022		repository.kpi.kharkov.ua	
<input checked="" type="checkbox"/>		2	0.50	14	L De Dobbeleer, D ...	2020	Experimental ...	Elsevier	
<input checked="" type="checkbox"/>		1	0.25	9	A Kolipaka, JW Arn...	2020	US Patent 10,524,688	Google Patents	
<input checked="" type="checkbox"/>		1	1.00	13	MA Shmouty, MH ...	2023	Delta University ...	dusjournals.ekb.eg	

Fonte: Os autores (2024)

O primeiro passo do processo consistiu na identificação e eliminação de artigos repetidos, ou seja, uma vez que encontrávamos o mesmo artigo de maior citação em uma base de dados, e esse mesmo artigo estivesse também como o de maior citação em outra base de dados, optamos pelo segundo da lista.

Para verificar o alinhamento dos artigos com maiores citações de cada base de dados, foram feitas as leituras dos resumos dos 3 artigos. Por fim, chegou-se a um portfólio bibliográfico com 3 artigos relacionados ao tema de pesquisa.

A Tabela 2 apresenta os artigos classificados referentes à combinação (*hydraulic AND pneumatic systems*):

Tabela 2 – Portfólio bibliográfico utilizando a primeira combinação: (*addtive manufacturing AND composite*).

BASE DE DADOS	AUTORES	TÍTULO	ANO	CITAÇÕES
GOOGLE SCHOLAR	N Santo, D Portnikov, H Kalman.	Experimental study on particle velocity and accelation length in pneumatic and hydraulic conveying systems.	2021	7
SCOPUS	Wang, Hongyan, Lu, Jinbo.	Research on Fractional Order Fuzzy PID Control of the Pneumatic-hydraulic Upper Limb Rehabilitation Training System Based on PSO.	2022	14
WEB OF SCIENCE	Nguyen, TA.	Advance the stability of the vehicle by using the pneumatic suspension system integrated with the hydraulic actuator	2021	12

Fonte: Os autores (2024)

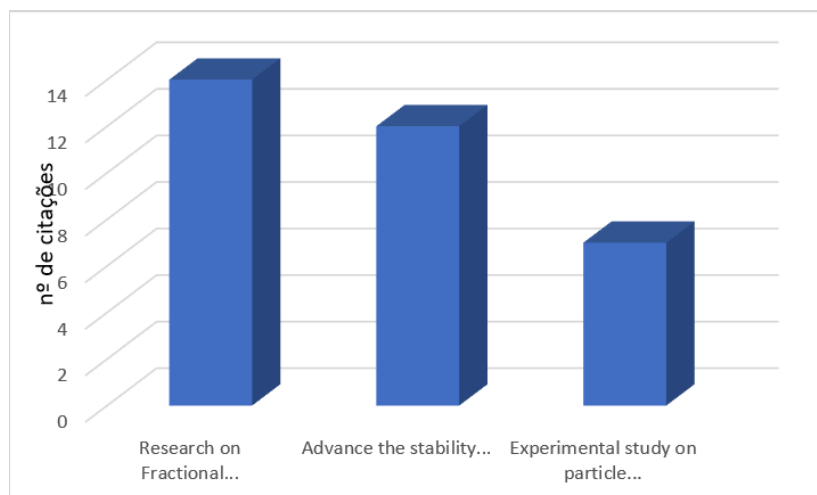
Análise bibliométrica do portfólio bibliográfico

A análise bibliométrica do portfólio bibliográfico construído faz parte do conhecimento sobre o tema de pesquisa. O objetivo dessa análise é apresentar as informações sobre o grupo de artigos selecionados e a quantificação de suas características (ENSSLIN *et al.*, 2010).

A primeira análise é referente ao período das publicações proposto de 2020 a maio de 2023. É possível notar uma queda no número de estudos do ano de 2020 com (19) artigos publicados, seguindo para 2021 com (14) artigos e 2022 com (12) artigos. Em 2023 houve um crescimento para (15) artigos publicados, mas cabe destacar que o ano em andamento de 2024 provavelmente terá mais publicações sobre o estudo em questão.

Na avaliação por relevância científica através do número de citações, conforme a Figura 5, o artigo de Wang et al., (2022) destacou-se com 14 citações, na sequência o artigo de Nguyen (2021) com 12 citações e o de Santo et al. (2021) com 7 citações.

Figura 5 – Classificação por citações dos artigos



Fonte: Os autores (2024)

Em relação às palavras-chave presentes nos resumos dos artigos do portfólio bibliográfico foi possível constatar que as palavras-chave “*hydraulic and pneumatic systems*” estão presentes em todos os 3 artigos classificados.

Importância do uso de sistemas hidráulicos e pneumáticos

Diante do portfólio bibliográfico classificado, foi possível identificar que o uso de sistemas hidráulicos e pneumáticos existe. Dentro do nosso percurso temporal de 2020 a maio de 2024, foram encontrados mais de 60 artigos que estudaram como os sistemas pneumáticos e hidráulicos possibilitam o desenvolvimento de diversas aplicações industriais que requerem alta potência, controle e precisão

Para Santo et al., (2021), por exemplo, esses sistemas desempenham um papel fundamental para fornecer uma base experimental para modelagem em sistemas de transportes, com a avaliação das velocidades de partículas, perfil de velocidade e comprimento de aceleração.

Segundo Wang et al., (2022), para a construção de uma plataforma de treinamento de reabilitação de membros superiores com a implementação do controlador PID fracionário, o sistema híbrido pneumático-hidráulico contribuiu para otimizar o controle de precisão dessa plataforma.

O trabalho de Nguyen (2021) apresenta como a criação de um sistema de suspensão pneumática composto a um atuador hidráulico resultou em melhorias no conforto e estabilidade dos veículos. Integração que permitiu ajustar a rigidez da suspensão de forma mais flexível.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por propósito realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar os artigos científicos que destacam a importância do uso dos sistemas hidráulicos e pneumáticos no desenvolvimento da engenharia moderna, desempenhando um papel fundamental em aplicações industriais para transmitir e controlar energia através de fluídos sob pressão (hidráulicos) ou ar comprimido (pneumáticos). Para alcançarmos o objetivo geral do trabalho, seguimos um fluxo de processos estabelecidos: definimos o tema a ser pesquisado, quais palavras-chave utilizaríamos e selecionamos através do portal da Capes as 3 bases de dados de mecanismos de busca. Posteriormente realizamos a filtragem dos artigos conforme os parâmetros de: número de citações, a presença das duas combinações de palavras-chave no título dos artigos, a eliminação de artigos repetidos em diferentes bases de dados e a leitura dos resumos dos artigos da amostra para avaliação da relação com o tema em questão.

Como seleção do portfólio bibliográfico utilizamos a metodologia ProKnow-C, o qual se apresentou como uma ferramenta efetiva na seleção dos artigos, proporcionando resultados de busca de maneira objetiva e clara.

É possível observar como a publicação de artigos apresentou uma queda de publicações desde 2020 até maio de 2024, com destaque para o ano de 2020 com 19 artigos publicados. Atualmente, sistemas elétricos, magnéticos, e tecnologia piezoelétricas estão sendo utilizados, uma vez que possuem melhor controle, menor manutenção e maior precisão.

A partir dos resultados encontrados, é fundamental pontuar que estão limitados com as nossas combinações das palavras-chave, além do período selecionado, ou seja, não limita o conjunto de publicações na área. Sendo assim, para futuras pesquisas e revisões sistemáticas utilizando a metodologia ProKnow-C, outras palavras-chave podem ser utilizadas como automação hidráulica, automação pneumática, prensas hidráulicas, atuadores hidráulicos e sistemas de suspensão pneumática.

REFERÊNCIAS

AFONSO, M. H. F., SOUZA, J. V. de, ENSSLIN, S. R., & ENSSLIN, L. **Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo ProKnow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável.** Revista de Gestão Social e Ambiental, 5(2), 47–62, 2011.

CUNDIFF, J. S. (2002). **Fluid Power Circuits and Controls: Fundamentals and Applications.** CRC Press.

ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R., LACERDA, R. T. de O., & TASCA, J. E. (2010). **ProKnow-C, knowledge development process-constructivist.** Processo Técnico Com Patente de Registro Pendente Junto Ao INPI., 10(4), 2015

ESPOSITO, A. (2013). **Fluid Power with Applications** (7th ed.). Pearson.

MAJUMDAR, S. R. (1995). **Pneumatic Systems: Principles and Maintenance.** Tata McGraw-Hill Education.

NEGRI, V.J. **Sistemas hidráulicos e pneumáticos para automação e controle.** Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://laship.ufsc.br/site/wp-content/uploads/2013/06/SistHPContAutP2.pdf>. Acesso em: 15 de jun. de 2024.

NGUYEN TA. **Advance the stability of the vehicle by using the pneumatic suspension system integrated with the hydraulic actuator.** Lat Am J Solids Struct 2021; 18: e403.

N SANTO, D PORTNIKOV, H KALMAN. **Experimental study on particle velocity and acceleration length in pneumatic and hydraulic conveying systems.** Powder Technology, Volume 383, (2021). Pages 1-10, ISSN 0032-5910. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.11.064>.

PINCHES, Michael J, CALLEAR, Brian J. **Power pneumatics**. London: Prentice Hall, 1996. 321p. P.46

WANG, H., LU, J. **Research on Fractional Order Fuzzy PID Control of the Pneumatic-hydraulic Upper Limb Rehabilitation Training System Based on PSO**. *Int. J. Control Autom. Syst.* **20**, 310–320 (2022).
<https://doi.org/10.1007/s12555-020-0847-1>