

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE TÚNEL DE VENTO: DESBALANCEAMENTO E VIBRAÇÃO

Matheus Cesarino Pereira¹, matheus.cesarino@discente.ufg.br

Bruno Cordeiro e Silva¹, cordeirosilva@discente.ufg.br

Marlipe Garcia Fagundes Neto¹, marlipe@ufg.br

¹ Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e Computação (EMC) – Alameda Ingá, Quadra B, bloco 5, s/n, Campus Samambaia, CEP: 74.045-155 – Goiânia – Goiás – Brasil

Resumo. *Este trabalho apresenta uma metodologia de busca por artigos na base Scopus que auxiliem em uma problemática envolvendo rigidez estrutural e possível desbalanceamento do motor de um túnel de vento, que vem apresentando elevados níveis de vibrações. A metodologia consiste em fazer uma estratégia para seleção de artigos e ranqueá-los para leitura direcionada de acordo com o interesse dessa pesquisa, e classificá-los de acordo com os critérios de elegibilidade. Foi possível filtrar os resultados, obter alguns dados notáveis e selecionar alguns documentos de maior relevância, mas que apenas tangenciam o tema de interesse desta revisão. Ao final deste processo, tendo encontrado por volta de cinquenta mil documentos e podendo escolher cerca de cinco mil de maior importância, notou-se que o método adotado é bastante eficaz, porém tem suas falhas.*

Palavras chave: *túnel de vento, vibração, tubo de pitot, rigidez estrutural.*

Abstract. *This work presents a methodology to search for articles in the Scopus database that help in a problem involving structural rigidity and possible imbalance of a wind tunnel engine, which has been presenting high levels of vibrations. The methodology consists of making a strategy for selecting articles and ranking them for targeted reading according to the interest of this research, and classifying them according to the eligibility criteria. It was possible to filter the results, obtain some notable data and select some documents of greater relevance, but which only touch on the topic of interest of this review. At the end of this process, having found around fifty thousand documents and being able to choose around five thousand of greater importance, it was noted that the adopted method is quite effective, but it has its flaws.*

Keywords: *wind tunnel, vibration, pitot tube, structure roughness.*

1. INTRODUÇÃO

A motivação para este tipo de trabalho acadêmico advém de estudo feitos em túnel de vento, vide Fig. 1, aparato utilizado para estudos aerodinâmicos de corpos (AeroAlcool, 2022), no PI04425-2020/8 “Estudo estrutural do túnel de vento AeroAlcool modelo AA-TVSH2”. Após a modelagem do túnel de vento na ferramenta computacional Autodesk Inventor verificou-se que elevados níveis de vibração são observados na região da câmara de ensaios e na região próximo ao motor. Os valores elevados de vibração estão associados à falta de rigidez da estrutura, principalmente na base estrutural, e possível desbalanceamento no motor. Algumas sugestões foram avaliadas no Autodesk Inventor com adição de contraventamento e rigidez estrutural. Cujas modificaram a região de frequência natural do túnel de vento. Essas sugestões foram tiradas de “Caracterização Experimental de Túneis de Vento para Análise de Potencial Eólico” de Cardoso, F. M. R.

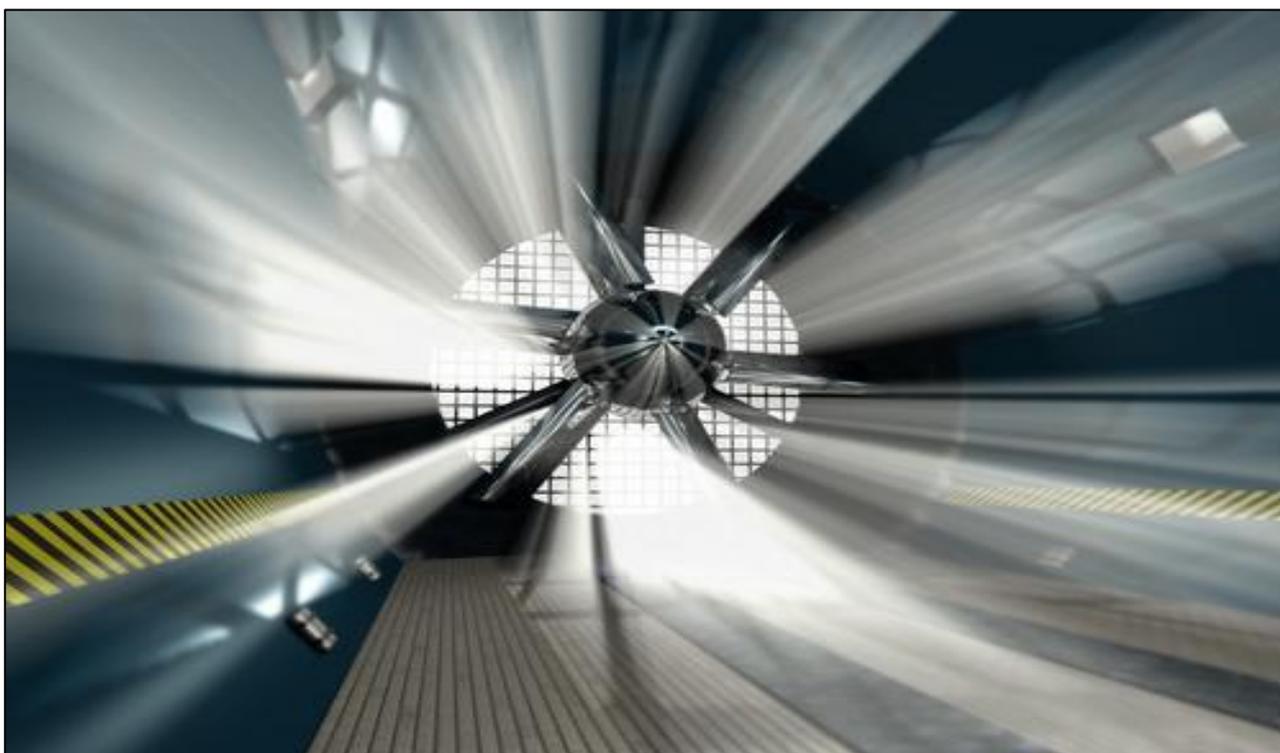


Figura 1: Exemplo de túnel de vento (Tecmundo, 2012)

Apesar da proposta via simulação, antes de executar a solução, deve-se mensurar os níveis de vibração no túnel de vento. Primeiro para ter um valor de referência e comparar à realização a modificação estrutural. E, também, para avaliar à influência dos níveis de vibração na medição do tubo de Pitot – sensor utilizado para medição e controle da velocidade no modelo AA-TVSH2. Por fim, acredita-se que os níveis excessivos de velocidade estão interferindo na intensidade da turbulência do túnel de vento em baixas velocidades, como pode ser visto no gráfico da Fig. 2, pertencente ao trabalho de Cardoso, F. M. R., “Caracterização Experimental de Túneis de Vento para Análise de Potencial Eólico”.

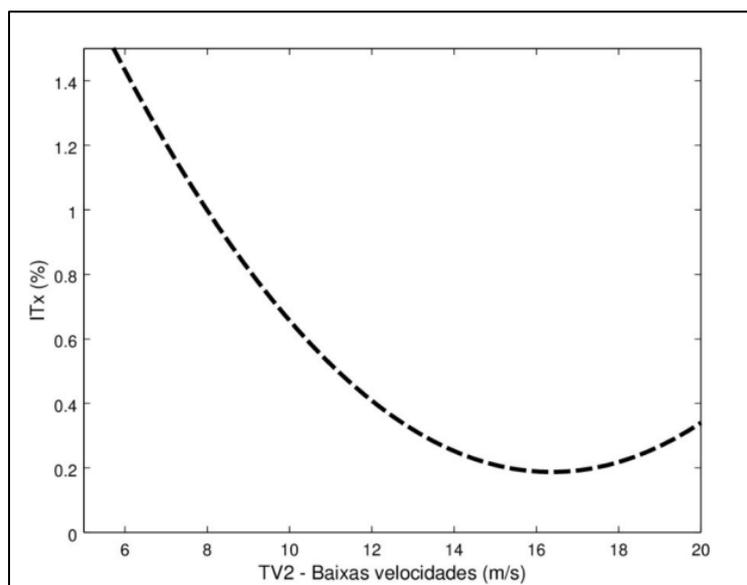


Figura 2: Curva de resposta para baixas velocidades – TV2 (Cardoso, 2020)

Neste contexto, o objetivo desta revisão sistemática será o de encontrar trabalhos científicos relevantes relacionados a esta problemática e ranqueá-los para leitura e classificação de acordo com um critério de elegibilidade.

2. METODOLOGIA

Para este trabalho utilizou-se a base de dados Scopus (www.scopus.com) para levantamento da literatura alinhada com as palavras-chaves de interesse.

Utilizando a opção de busca avançada e separando as palavras-chaves em grupos com o operador AND, como ilustra a Fig. 3, foram encontrados os resultados segundo a Tab. 1.

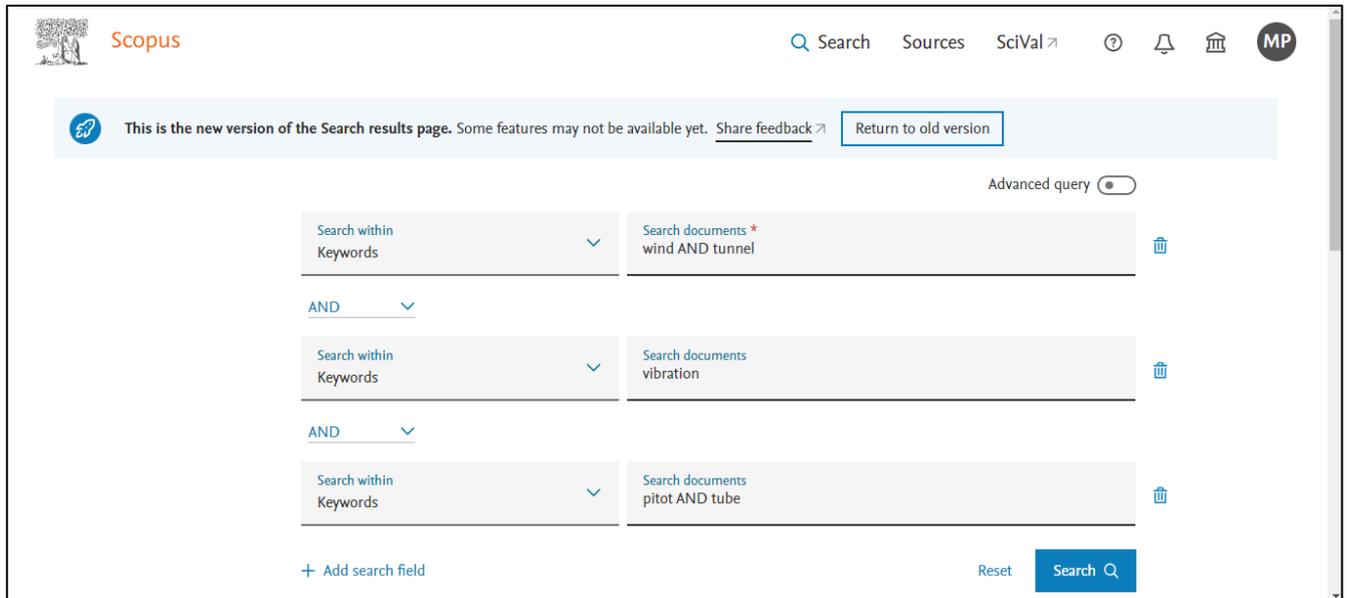


Figura 3: Sistema de busca da Scopus (Scopus,2023)

Tabela 1 – Resultados encontrados (Próprio autor, 2023)

Palavras-chaves	Resultados
<i>wind tunnel, vibration, pitot tube, structure roughness</i>	1
<i>wind tunnel, vibration, pitot tube</i>	11
<i>wind tunnel, pitot tube</i>	314
<i>wind tunnel, structure roughness</i>	410
<i>wind tunnel, vibration,</i>	4806

Como observado na Tab. 1, o procedimento de busca nos campos título, resumo e palavras-chave (TITLE-ABS-KEY), considerando a interseção das 4 palavras-chaves, resultou apenas em 1 documento. Esse resultado foi salvo na própria plataforma em 'My Scopus – Saved Searches' como 'All keywords' e uma ação de alerta foi ativada caso ocorra alguma alteração nesse resultado.

2.1. Ranking decrescente do número de citações

Um critério de elegibilidade foi definido para avaliar se a ideia central de cada artigo converge ou diverge do escopo esperado nesta revisão. Com exceção do resultado único da interseção das 4 palavras-chaves, aplicou-se um ranqueamento por número de citações, em todas as outras interseções, em ordem decrescente, e os abstracts de maiores citações de cada interseção foram avaliados para classificação.

A Fig. 4 demonstra como utilizar o filtro de citações no próprio sistema da Scopus.

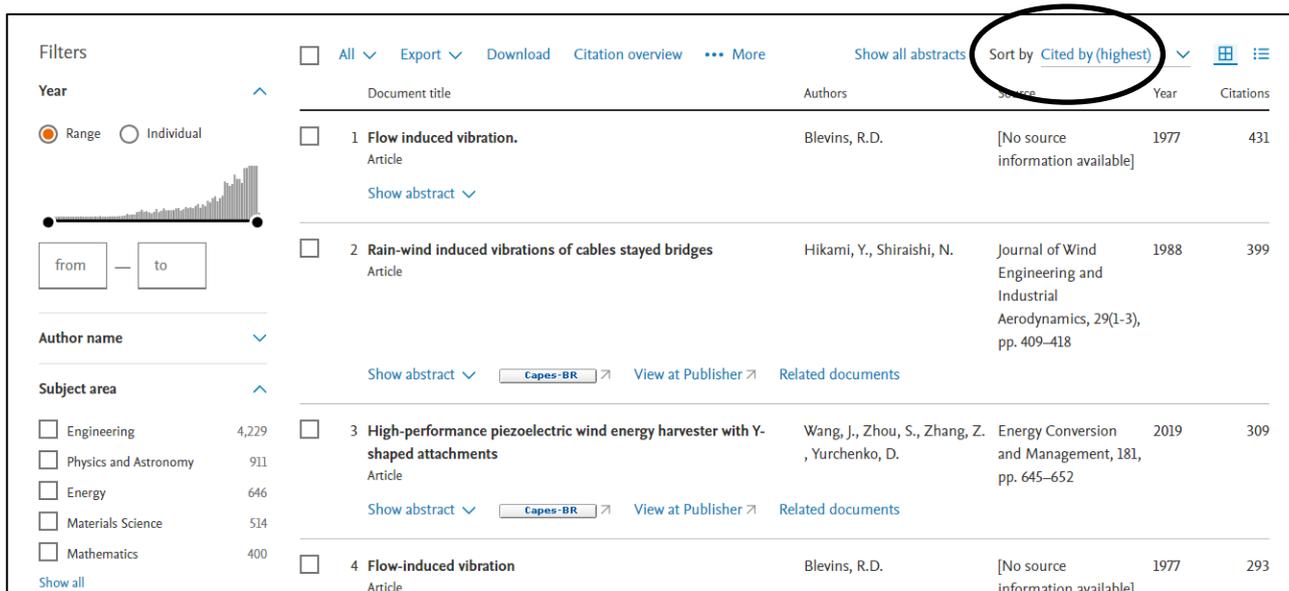


Figura 4: Filtro por citações (Scopus, 2023)

3. RESULTADOS

Olhando para a interseção *wind tunnel – vibration*, a que apresenta a maior quantidade de resultados, é possível ter uma noção mais global de como andam os estudos do tema em questão. Por exemplo, é possível saber que a China lidera as pesquisas relacionadas a túneis de ventos e vibrações. Em segundo lugar estão os Estados Unidos, vide Fig. 5. Pela própria Scopus há como visualizar em quais anos esses documentos, que se alinham com as palavras-chaves, foram mais pesquisados, tal como mostra a Fig. 6.

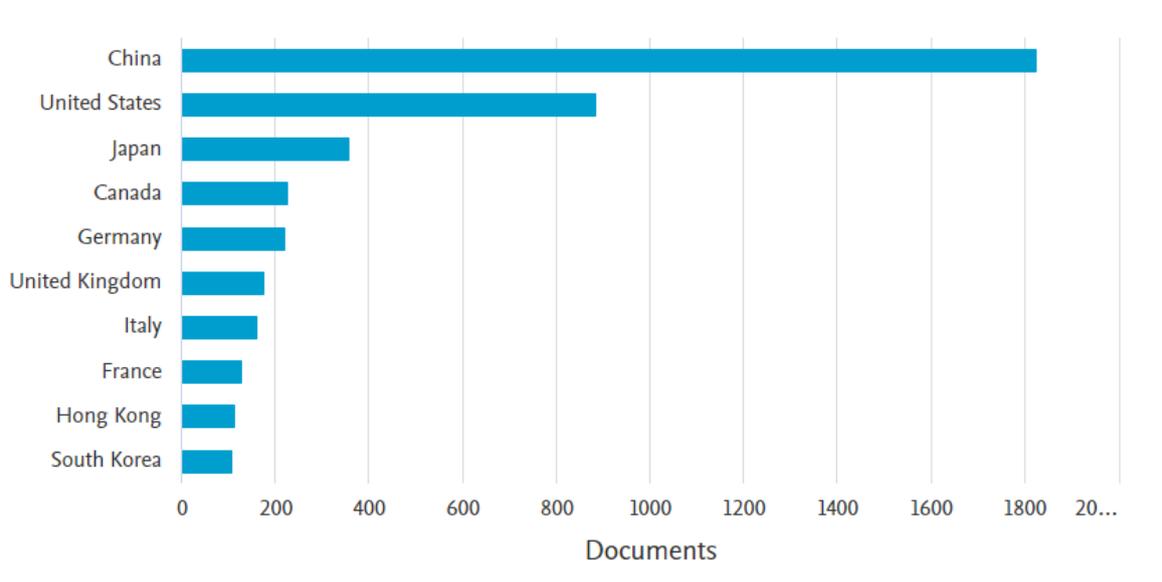


Figura 5: Quantidade de documentos publicados por país (Próprio autor, 2023)

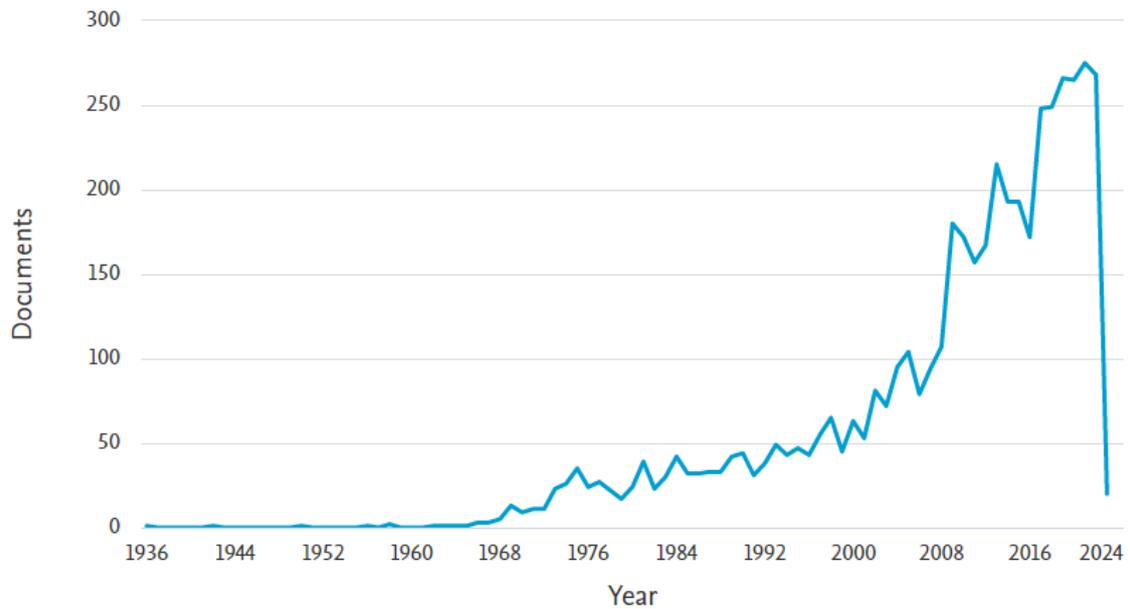


Figura 6: Quantidade de documentos pesquisados por ano (Próprio autor, 2023)

3.1. O documento com todas as palavras-chaves

Título: Design and test of IEA-I high speed wind tunnel for aerial plant protection
Autores: Tang, Qing; Chen, Liping; Zhang, Ruirui; Xu, Min; Xu, Gang e Zhang, Bin
Ano da publicação: 2016
Quantidade de citações: 7
Journal: Chinese Society of Agricultural Engineering

Este foi o único documento encontrado pela combinação das 4 palavras-chaves. O objetivo do artigo é descrever a criação de um túnel de vento para testes de sprays agrícolas. Portanto, ao se afastar do tema proposto por essa revisão, este documento é classificado como divergente. A Fig. 7 demonstra um exemplo de túnel de vento similar ao construído por Tang, Q. e sua equipe, o modelo TV AeroAlcool da EMC (Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e Computação) da UFG (Universidade Federal de Goiás).



Figura 7: Exemplo de túnel de vento (Próprio autor, 2023)

3.2. Os mais citados

3.2.1. Flow-Induced Vibration

Autores: Blevins, R. D.
Ano da publicação: 1977
Quantidade de citações: 430
Editora: Van Nostrand Reinhold

Este documento foi retirado da interseção *wind tunnel – vibration*, e se trata de um livro, como demonstra a Fig. 8, sendo mais citado do que qualquer outro nas outras interseções. O livro tem como objetivo o estudo geral das vibrações induzidas por escoamento de ventos. Este é, portanto, um documento divergente, pois não se encaixa no objetivo principal desta revisão.

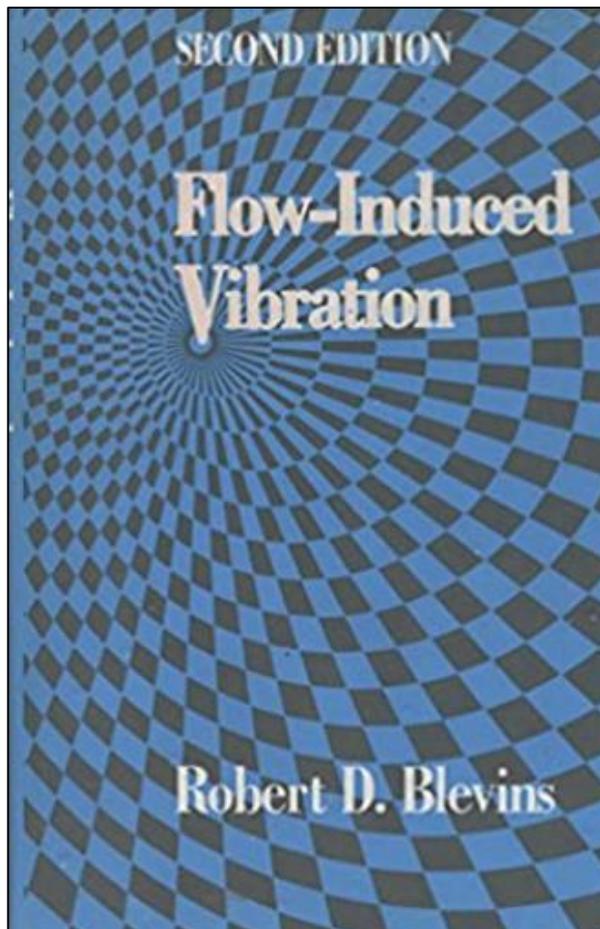


Figura 8: Capa da 2ª edição de *Flow-Induced Vibration* (Blevins, R. D., 1990)

3.2.2. Rain-wind Induced Vibrations of Cables Stayed Bridges

Autores: Hikami, Y. e Shiraishi, N.
Ano da publicação: 1988
Quantidade de citações: 399
Journal: Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics

Tirado também da interseção *wind tunnel – vibration*, este documento se trata de um artigo sobre testes feitos em túneis de vento para medir vibrações em cabos de pontes suspensas durante ventos fortes e, assim, medir a estabilidade da ponte. Novamente, é um artigo divergente, pois não aborda o assunto principal da revisão bibliográfica. A Fig. 9 revela alguns dos resultados obtidos nesses estudos.

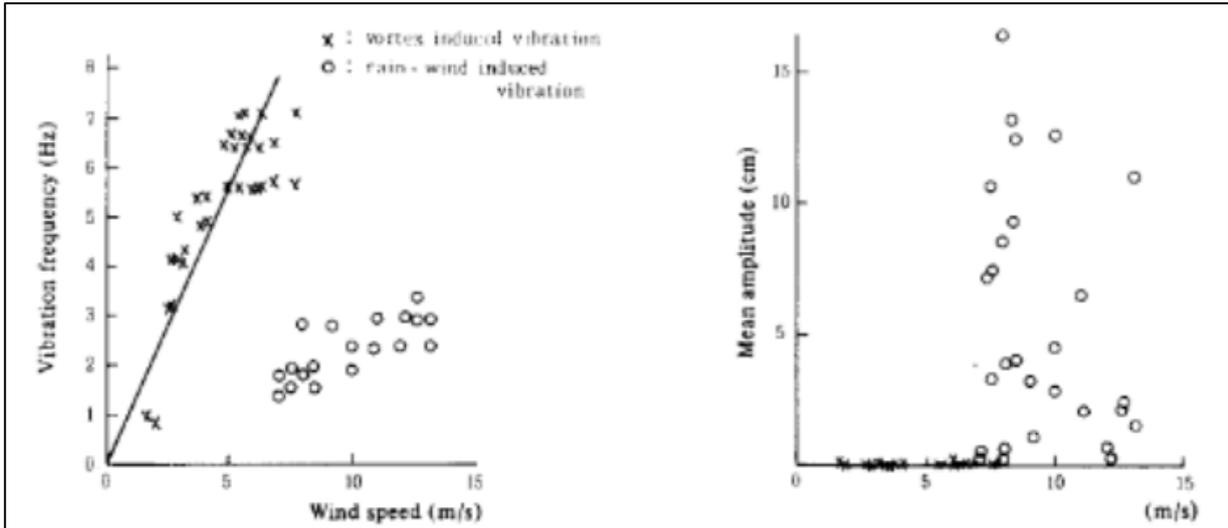


Figura 9: Relações entre frequência e amplitude de vibração e a velocidade do vento no cabo (Hikami, 1988)

3.2.3. A Wind-Tunnel Investigation of Wind-Turbine Wakes: Boundary-Layer Turbulence Effects

Autores: Chamorro, L. P. e Porté-Agel, F.

Ano da publicação: 2009

Quantidade de citações: 375

Journal: Boundary-Layer Meteorology

Este artigo foi retirado da interseção *wind tunnel – structure roughness* e fala sobre testes feitos para estudar a turbulência em turbinas eólicas com diferentes materiais, utilizando de um túnel de vento para aplicação destes testes. Este documento tangenciou bem o tema de interesse, porém apenas tangenciou, por isso ainda será classificado como divergente. A Fig. 10 expressa alguns dados obtidos neste trabalho.

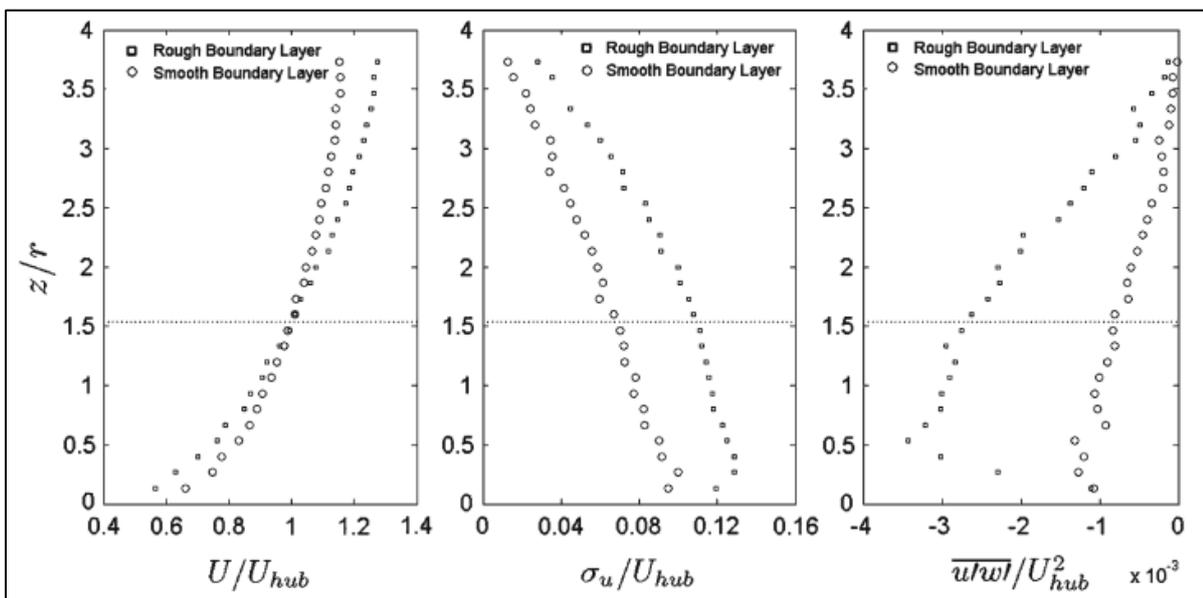


Figura 10: Diferença de turbulência entre superfícies rugosas e lisas (Chamorro, 2009)

3.3. Documentos convergentes

Por meio da busca sistemática, não foram encontrados documentos convergentes dentro dos resultados avaliados. Acredita-se que isso se deve à especificidade do tema em questão ou as palavras-chaves não foram suficientes para descrever o assunto com precisão. Por causa disso, os documentos encontrados apenas tangenciam o tema ou se afastam dele, tornando-os divergentes.

4. CONCLUSÕES

A utilização de uma metodologia prática e sistemática de busca na base Scopus se mostrou eficiente, facilitando muito a seleção de artigos relevantes para leitura. A busca pelas interseções das palavras-chaves se mostrou muito boa para reduzir a quantidade de documentos disponíveis, que se alinham com o interesse de estudo desta revisão.

Os critérios de elegibilidade adotados para leitura dos artigos, no entanto, não se mostraram eficazes, pois tanto o livro quanto os artigos com mais citações foram classificados como divergentes. Isso ocorre porque o tema pesquisado é muito específico, logo os resultados fornecidos pela busca sistemática apenas contêm as palavras-chaves, mas não necessariamente falam do tema de interesse, tornando-os divergentes.

O que foi inevitável foi a análise individual da maior parte dos documentos encontrados, dentro dos critérios de ranqueamento por citações e elegibilidade.

5. REFERÊNCIAS

- Blevins, R. D., 1977. *Flow-Induced Vibration*. Van Nostrand Reinhold, Washington, DC, 1º edição.
- Cardoso, F. M. R., 2020. *Caracterização Experimental de Túneis de Vento para a Análise de Potencial Eólico*. UFG, Escola de Engenharia Ambiental e Sanitária. Goiânia, Brasil.
- Chamorro, L. P. e Porté-Agel, F., 2009. "Boundary-Layer Meteorology". Springer, Holanda.
- Hikami, Y. e Shiraishi, N., 1988. "Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics". Bucareste, România
- Tang, Q., Chen, L., Zhang, R., Xu, M., Xu, G. e Zhang, B., 2016. "Chinese Society of Agricultural Engineering". Beijing, China

6. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, à Furnas Centrais Elétricas S/A por me proporcionar a oportunidade de escrever este artigo. Em segundo lugar quero agradecer aos coautores, Cordeiro e Silva, B. e Fagundes Neto, M. G., por todo suporte que me deram nesta jornada.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.