

## **APPLICATION OF SYSTEMATIC REVIEW TECHNIQUES IN THE STUDY OF STRUCTURAL MODELING OF FREE-SPAN RIGID DUCTS SUBJECTED TO VORTEX-INDUCED VIBRATION**

**Ruan Lucas G. Cavalcante**

*ruan.cavalcante@lccv.ufal.br*

*Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas*

*Av. Lourival Melo Mota, 57072-970, Alagoas, Brasil*

**Josué Domingos da S. Neto**

*josue.neto@lccv.ufal.br*

*Laboratório de Computação Científica e Visualização da Universidade Federal de Alagoas*

*Av. Lourival Melo Mota, 57072-970, Alagoas, Brasil*

**Emerson Acácio F. Santos**

*emerson\_acacio@lccv.ufal.br*

*Laboratório de Computação Científica e de Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas*

*Av. Lourival Melo Mota, 57072-970, Alagoas, Brasil*

**Eduardo Setton S. da Silveira**

*eduardosetton@lccv.ufal.br*

*Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas*

*Av. Lourival Melo Mota, 57072-970, Alagoas, Brasil*

**Abstract.** The project focuses on the analysis of rigid duct structures on the phenomenon of vortex induced vibration (VIV) in free-space areas in the underwater bed from the perspective of the Systematic Review (RS). the SR methodology was utilized for its systematic and explicit ways of identification, selection and critic evaluation in a large quantity of other researches and studies. In this project, the systematic review techniques were applied to analyze the state of the art for Computational Modeling and Analysis of Structural Behavior of Hard Ducts in Free Spans Undergoing Vortex Induced Vibration. Computational analysis, via finite element simulation, is one of the best tools to study this complex phenomenon. The simulation replicates the situation of the subsea pipeline when in vain free. It was necessary to define the *string* that would be used for the beginning of the search, by testing with the keywords. Already structured *string*, it was possible to gather a material cluster, starting the filtering, choosing the inclusion and exclusion criteria that fit the process as a filter, separating the most relevant material. Thus, with the previous steps already performed, it was possible to draw a script to be followed during the research, therefore, *StArt* was used as support the steps of the SR process, helping from the creation of the script to the result. A systematic review was applied to the subject of research, providing reproducible results and pointing out what is current in the area, proving its potential in the survey phase in scientific research.

**Keywords:** Systematic Review, Pipes, Vortex Induced-Vibration, VIV

## 1 Introdução

Revisão sistemática trata-se de um processo de análise de dados que utiliza a técnica de metanálise alinhado com o esforço de pesquisa, que torna mais analítico, linear e sistemático o trabalho da revisão bibliográfica, "nos dias atuais, a revisão sistemática é considerada uma maneira mais racional e menos tendenciosa de organizar, avaliar e integrar as evidências científicas."(ROEVER, 2017)[1]. Permitindo filtrar um maior número de estudos e definir a relevância de cada um de acordo com o direcionamento da pesquisa, resultando em uma operação da revisão da literatura mais efetiva em relação aos procedimentos convencionais.

Depois de uma ampla pesquisa sobre a revisão sistemática e as etapas referentes a sua execução, podemos afirmar que:

As revisões sistemáticas são desenhadas para serem metódicas, explícitas e passíveis de reprodução. Esse tipo de estudo serve para nortear o desenvolvimento de projetos, indicando novos rumos para futuras investigações e identificando quais métodos de pesquisa foram utilizados em uma área. (SAM-PAIO, 2007)[2].

O processo de RS economiza tempo e esforço ao alavancar a qualidade e especificidade do trabalho, quando realizado da forma recomendada. Fazendo alusão a Sampaio (2007)[2], "[...] boas revisões sistemáticas são recursos importantes, frente o crescimento acelerado da informação científica. Esses estudos ajudam a sintetizar a evidência disponível na literatura sobre uma intervenção, podendo auxiliar profissionais clínicos e pesquisadores no seu cotidiano de trabalho."

Ao direcionar o processo de revisão sistemática para a análise de dutos rígidos em vãos livres sob o efeito do fenômeno de vibração induzida por vórtice (VIV), pode-se observar o nível alcançado dos estudos realizados na área, em outras palavras, o estado da arte do assunto abordado. Com relação às ferramentas utilizadas constata-se o uso do *StArt*, um *software* gratuito desenvolvido para facilitar o trabalho da revisão ao fornecer uma receita a ser seguida em cada etapa, desde a criação do protocolo até a fase de extração de dados.

Entender a origem do fenômeno de VIV facilita a compreensão do mesmo como um todo, através da teoria podemos quantificar desde o impacto até os métodos utilizados para tratá-lo. Tendo isto em mente, a análise a seguir faz uso de uma abordagem mais branda para apresentar o problema. Chega a ser instintiva a noção de que há irregularidades no solo marinho, onde repousa as estruturas dos dutos submarinos. Estas irregularidades do solo podem criar uma condição na qual o duto não fica completamente apostado no terreno, resultando na suspensão de um dos trechos dele. A esta situação dá-se o nome de vão livre, onde o duto fica suspenso entre partes do solo.

Quando uma partícula do fluido colide contra o cilindro, sua velocidade torna-se nula. Ao tornar o cilindro, a partícula vai cedendo energia, graças ao atrito. Nota-se que, a velocidade é mais lenta o início desta ação do que no momento que a partícula se separa do cilindro e o movimento se torna circular, originando os vórtices. Assim sendo, caso a frequência de surgimento dos vórtices e uma das frequências naturais sincronizar, o duto vai entrar em ressonância.

O movimento do oleoduto influencia a frequência de desprendimento de vórtices na esteira e pode ajustar a frequência de desprendimento do vórtice de forma que ele "bloqueie" a frequência natural da estrutura. Esse fenômeno de "travamento" significa que o VIV é um problema em uma faixa muito mais ampla de frequências do que seria esperado sob a ressonância clássica. (MORSE, 2017).[3]

Os dutos tem uma vida útil pré definida, porém elementos externos podem alterar esta estimativa, diminuindo o tempo até a fadiga estrutural. Uma das formas utilizadas para prever estes comportamentos mais complexos é a análise de elemento finitos (FEA), método utilizado para modelagem de várias geometrias distintas e cenários de carga atuante. "Os ativos são expostos a cargas cíclicas durante toda a sua vida operacional, o que causa danos por fadiga a componentes e defeitos."(ROSEN, 2019) [4].

Este trabalho contou com o objetivo de aplicar o procedimento de RS no levantamento do estado da arte sobre o fenômeno de VIV e sua influência no comportamento estrutural em dutos marinhos.

## 2 Revisão Sistemática

De forma mais evidente, a revisão sistemática pode ser dividida em três macro etapas, como mostrado na Tabela 1. Seguindo etapa por etapa, até a finalização do processo, obtém-se resultados mais confiáveis, minimizando os vieses.

Tabela 1. Etapas da revisão sistemática

Planejamento	Execução	Análise
Formulação da questão	Seleção dos estudos	Sintetização dos resultados
Identificação dos estudos	Extração dos dados	Interpretação dos resultados
Avaliação crítica dos estudos		

A primeira etapa do projeto foi a fase de planejamento, iniciando com a estruturação da questão principal responsável por nortear toda a pesquisa. Com o problema central claro e bem definido já se pode iniciar a formulação da *string* de busca, utilizando palavras chaves referentes ao tema para gerar uma *string* mais efetiva. Naturalmente o processo de criação da *string* passa por testes de efetividade, que acarretam em mudanças de variáveis e conectores, com o intuito de chegar em um melhor resultado na busca dentro das bases selecionadas para o estudo.

Em sequência, a fase de execução conta com o auxílio de ferramentas computacionais, como por exemplo, o *StArt*, que dá suporte ao pesquisador desde a criação de um protocolo padrão até a seleção e extração dos dados, criando gráficos e tabelas de maneira automatizada. Unir os esforços dos pesquisadores a utilização da metanálise facilita o trabalho realizado. "Metanálise é um método estatístico para agregar os resultados de dois ou mais estudos independentes, sobre uma mesma questão de pesquisa, combinando resultados em uma medida sumária."(FALAVIGNA, 2018)[5].

Já na fase de análise ocorre a interpretação dos dados obtidos como resultado do processo. É nesta fase que os dados, depois de todo o trabalho de filtragem e seleção, fornecem a sintetização dos gráficos finais, contendo todas as informações adquiridas e classificando-as pelo grau utilidade.

## 3 Metodologia

O esforço inicial do projeto foi a definição de uma *string* de busca precisa e com maior percentual de efetividade possível. Através de uma leitura prévia do material disponibilizado foram selecionadas palavras-chave para compor a *string*:

- (((((((((viv) OR vortex\* vibration) AND free ? span\*) AND fatigue) AND pipe\*) AND analysis) AND modeling\*) OR abaqus) NOT riser)''.

Utilizando esta lista de palavras-chave foi possível realizar testes em diversas bases de pesquisa, como *OnePetro* e *Scopus*, alinhando as palavras dentro da *string* e realocando os operadores booleanos que conectam-nas de acordo com os resultados obtidos. Desta forma sendo capazes de chegar ao resultado mais próximo do que o esperado, tendo a *string* utilizada como resultado final deste esforço.

A partir deste ponto tornou-se mais fácil selecionar quais bases de pesquisa utilizar e assim iniciar a busca por material de estudo dentro delas. Ao reter todo o material, passando para a plataforma do *StArt*, onde o protocolo da revisão sistemática foi criado utilizando as definições padrões da ferramenta.

Durante a elaboração do protocolo, faz-se necessário alocar os critérios de inclusão e exclusão que foram utilizados na fase de seleção, onde o material será filtrado.

Realizado o processo narrado, o trabalho se resume na leitura do material adquirido até então e na filtragem através dos critérios, indicando os principais trabalhos na área.

## 4 Resultados

Fica definido na Tabela 2 o número de artigos adquiridos durante todas as etapas da pesquisa, antes e depois das filtrações realizadas. Assim como as bases de onde foram retirados. Como houve uma linha de pesquisa mais específica, os resultados em questão de quantitativo de artigos foi mais restrito.

Tabela 2. Número de artigos em cada etapa do processo

Base de pesquisa	Busca	Seleção	Extração
OnePetro	24	1	1
Web of Science	3	3	3
Science Direct	37	12	12
<b>TOTAL</b>	<b>64</b>	<b>16</b>	<b>16</b>

Já na Figura 1, observa-se o gráfico resultante da porcentagem de artigos finais relacionado a cada base de pesquisa utilizada. É possível analisar neste gráfico, pela quantidade de material útil obtido, um direcionamento mais restrito sobre onde se localiza, em termos de quantidade, a reserva mais ampla de dados.

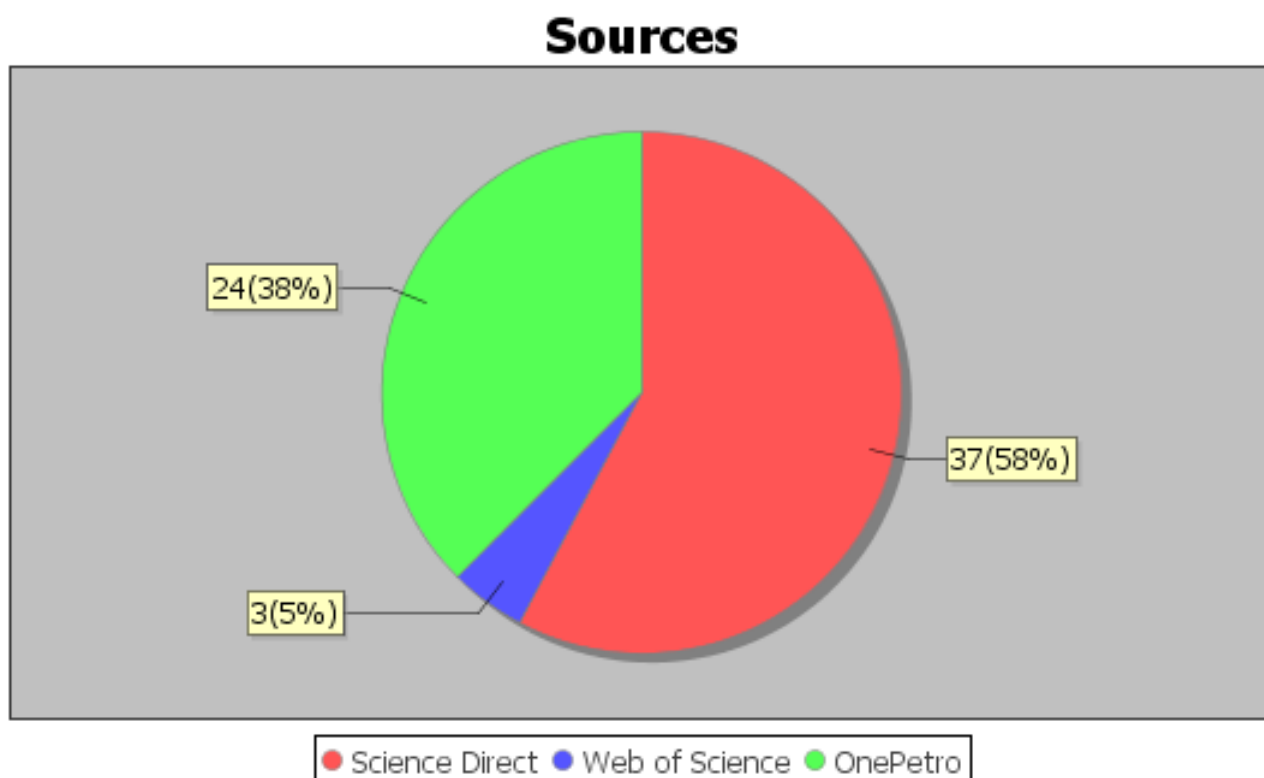


Figura 1. Porcentagem de material útil

Ao fim da pesquisa foi obtido o retorno de uma lista já filtrada, contendo os artigos remanescentes deste processo de seleção. Os artigos que restaram apontam o caminho do estado da arte do tópico tratado.

Title	Year
FREE SPAN RECTIFICATIONS IN SUBMARINE PIPELINE PROJECTS - A CASE STUDY	2017
COST-EFFECTIVE SPAN ANALYSIS METHODOLOGY FOR DIFFERENT PIPELINEAPPLICATIONS	2010
Fatigue Analysis of Multi-Spanning Subsea Pipelines	2010
A novel Wake Oscillator Model for simulation of cross-flow vortex induced vibrations of a circular cylinder close to a plane boundary	2016
Influence of seabed proximity on the vibration responses of a pipeline accounting for fluid-structure interaction	2019
An aeroelastic model for vortex-induced vibrating cylinders subject to frequency lock-in	2016
Using pipe-in-pipe systems for subsea pipeline vibration control	2016
Flow-pipe-soil coupling mechanisms and predictions for submarine pipeline instability	2017
High order force components of a near-wall circular cylinder oscillating in transverse direction in a steady current	2013
Modal response of free spanning pipelines based on dimensional analysis	2015
Numerical investigation of boundary layer effects on vortex shedding frequency and forces acting upon marine pipeline	2010
Improved assessments of wave-induced fatigue for free spanning pipelines	2016
Dynamic response of multi-span offshore pipelines	2014
Dynamic response of free span pipelines via linear and nonlinear stability analyses	2018
Hydrodynamic characteristics of an inclined slender flexible cylinder subjected to vortex-induced vibration	2018
Numerical Modeling of the Configuration of a Long-distance Free-spanning Submarine Pipeline on an Uneven Seabed	2017

Figura 2. Resultado final da revisão sistemática

## 5 Conclusão

A RS contribui com o processo de revisão bibliográfica, tornando-o um pouco mais analítico, linear e sistemático a partir de um levantamento do estado da arte de temas multidisciplinares, abrangentes e desconhecidos. O que reforça a importância de se empreender um esforço adicional, aprofundando este trabalho de RS, com o objetivo de selecionarmos os principais artigos acerca de cada tema.

Entender a origem do fenômeno de VIV facilita a compreensão do mesmo como um todo, através da teoria podemos quantificar desde o impacto até os métodos utilizados para tratá-lo.

Ficou comprovada a aplicação da metodologia de revisão sistemática para analisar o tema de estruturas da área de VIV. Onde foi possível identificar 16 artigos que representam o que tem de mais atual em relação ao tema abordado.

## Acknowledgements

A Universidade Federal de Alagoas e todo seu corpo docente, além da direção e administração que me proporcionaram a oportunidade de trabalhar neste projeto.

Ao Laboratório de Computação Científica e Visualização pelo excelente ambiente oferecido a sua equipe e os profissionais qualificados que disponibiliza para nos instruir.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, o meu muito obrigado!

## References

- [1] Roever, L., 2017. Compreendendo os estudos da revisão sistemática. *Sociedade Brasileira de Clínica Médica*, vol. 15, pp. 127–130.
- [2] Sampaio, R. F. & Mancini, M. C., 2007. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, vol. 11, pp. 82–89.
- [3] Morse, T. L., 2017. The dangers of flood scouring on buried pipeline river crossings. Technical report, Exponent, Engineering and Scientific Consulting, California, USA.
- [4] Rosen, H., 2019. Advanced assessments to understand the impact of complex defects. Technical report, ROSEN Group, Texas, USA.

- [5] Falavigna, M., 2018. O que são revisões sistemáticas? Technical report, HTAnalyze Consultoria e Treinamento, Rio Grande do Sul, Brasil.