



Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

33ETC-05929

INVESTIGAÇÃO NUMÉRICA DOS MECANISMOS DE EMISSÃO ACÚSTICA DE VAZAMENTOS DE ÁGUA EM DUTOS SUBTERRÂNEOS

Matheus Silva Proença

Amarildo Tabone Paschoalini

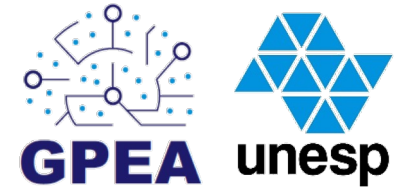
Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Faculdade de Engenharia





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)

Faculdade de Engenharia de Ilha-Solteira - FEIS



9 CURSOS DE GRADUAÇÃO
6 CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO





GRUPO DE PESQUISA EM ENGENHARIA APLICADA

Faculdade de Engenharia de Ilha-Solteira - FEIS

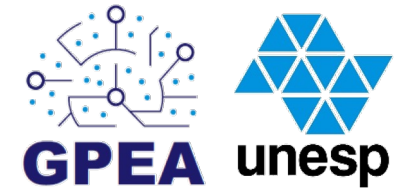


Figura 1: Faculdade de Eng. de Ilha-Solteira. a) Campus Central. b) Departamento da Engenharia Mecânica – Bloco M3





Abordagens Experimentais

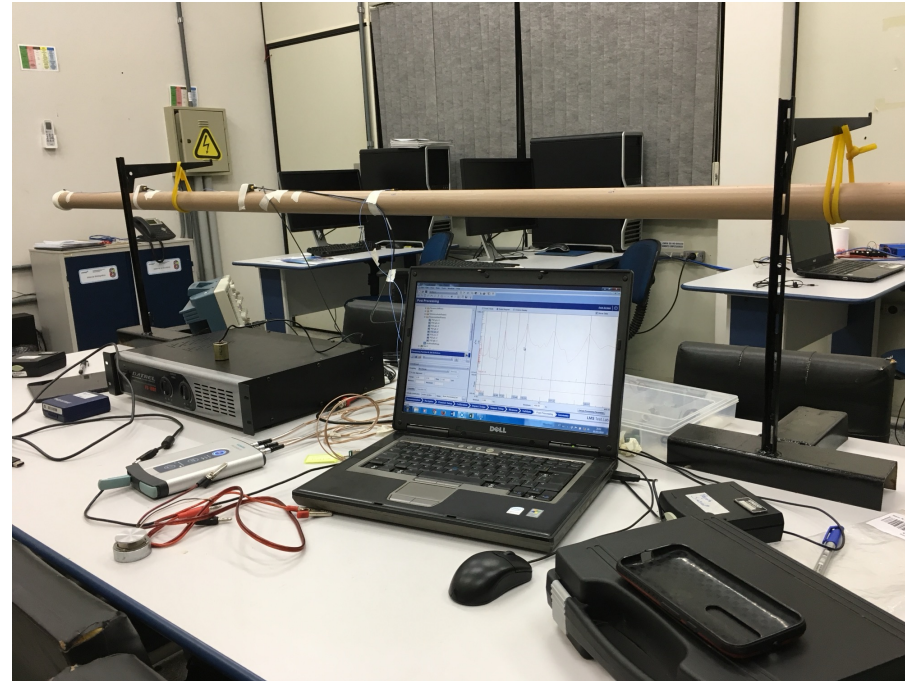


Figura 2: Ensaio experimentais. a) Estudo do comportamento dinâmico de diferentes geomateriais. b) Análise vibro-acústica em tubulações com vazamento de água





Abordagens Experimentais

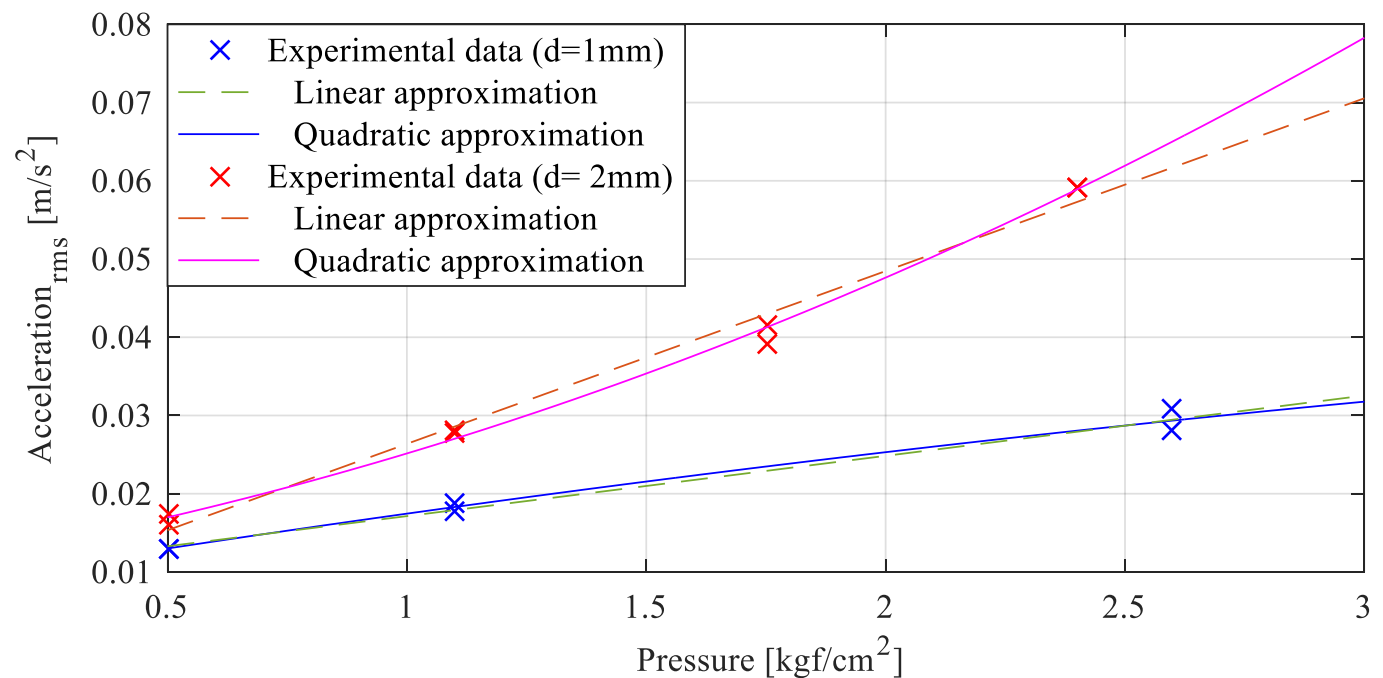
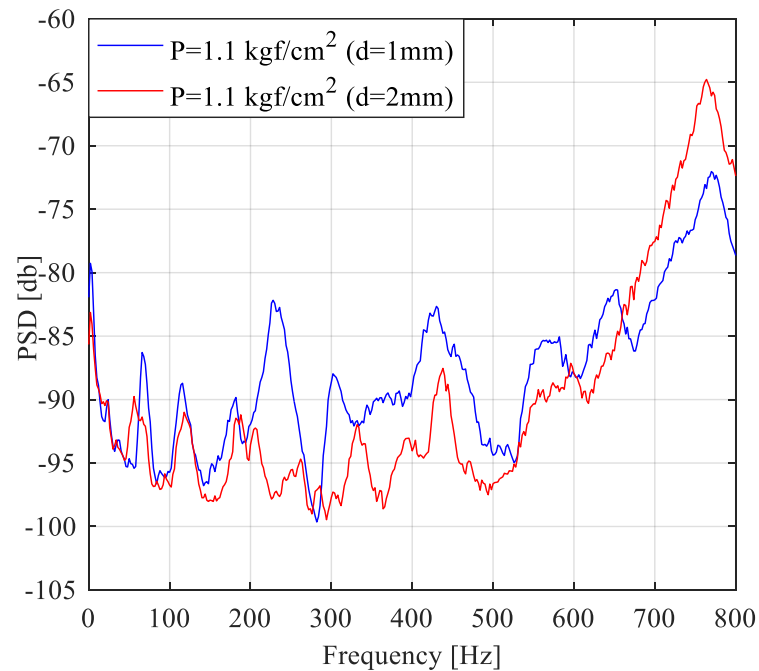


Figura 3: Estudos dos parâmetros operacionais do sistema na presença de um vazamento.





Abordagens Experimentais

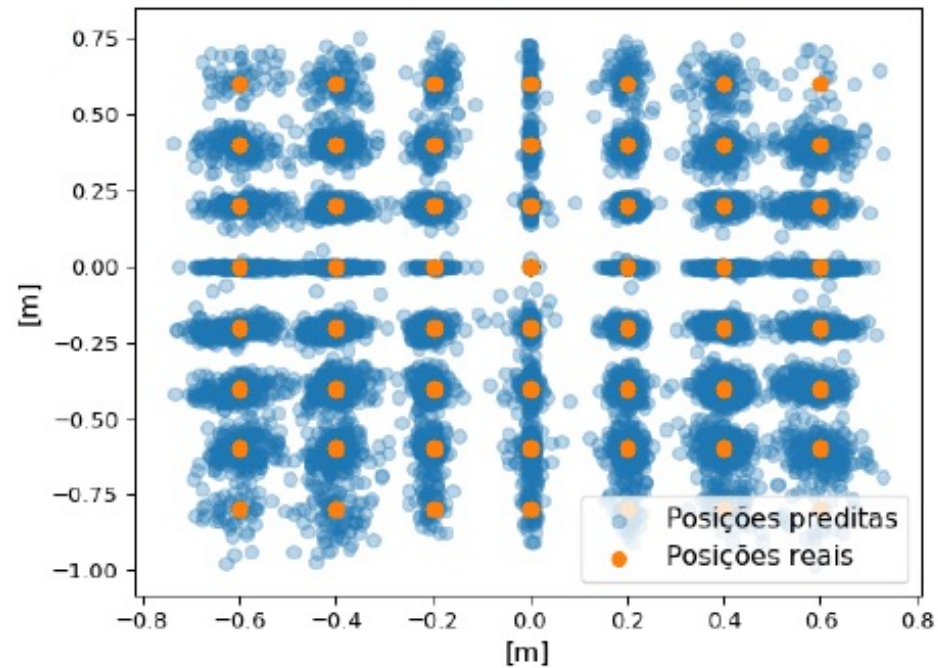
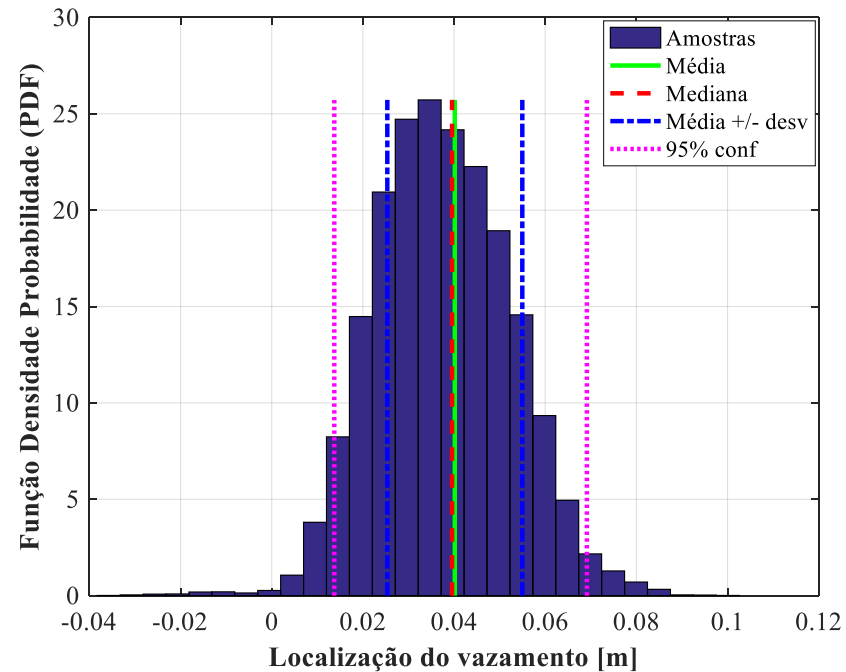


Figura 4: Predição da localização de vazamentos. a) Inferência estatística. b) Rede Neural de Convolução.





Abordagens Numéricas

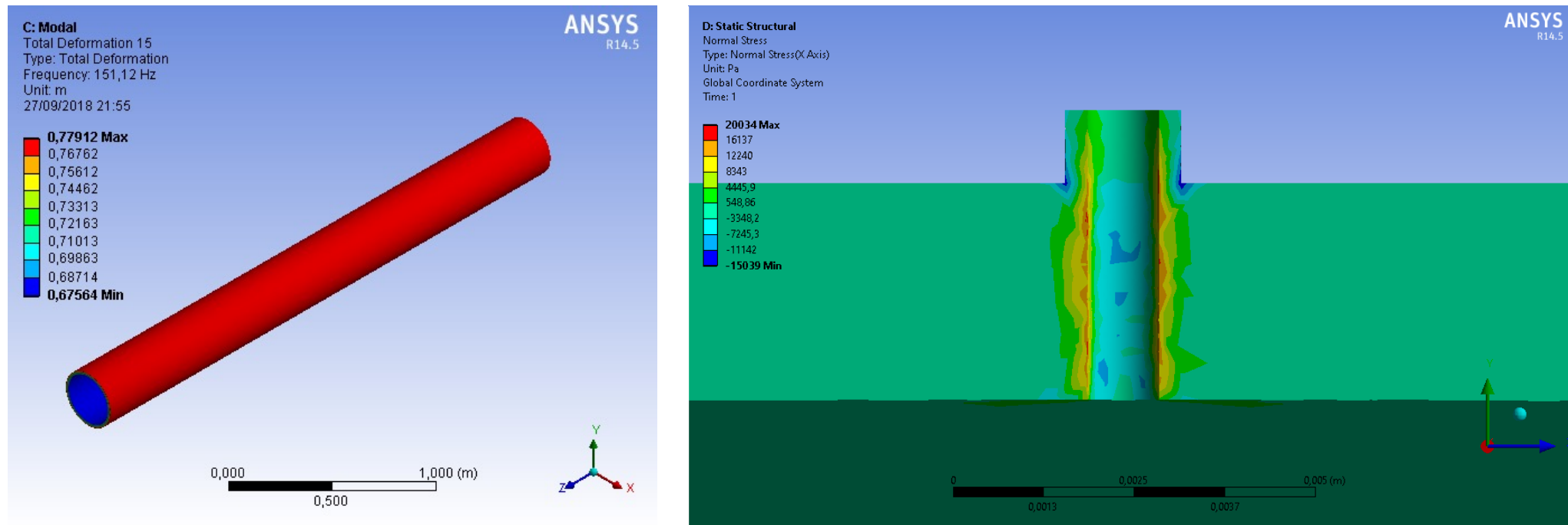
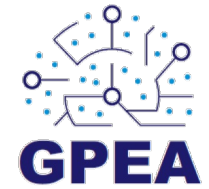


Figura 5: Estudos numéricos do sistema. a) Modos vibracionais. b) Campo de tensões.





GRUPO DE PESQUISA EM ENGENHARIA APLICADA



31° Encontro Técnico AESABESP

Encontro Técnico AESABESP 31º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

31º ENCONTRO TÉCNICO AESABESP

O MAIOR EVENTO DE SANEAMENTO DA AMÉRICA LATINA

24 a 26 de novembro de 2020
09h00 às 18h00

Matheus Silva Proença
UNESP

MEUS FAVORITOS
NETWORKING

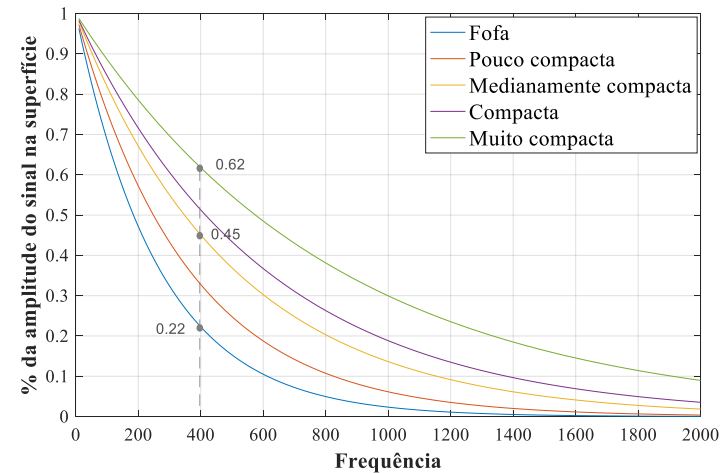
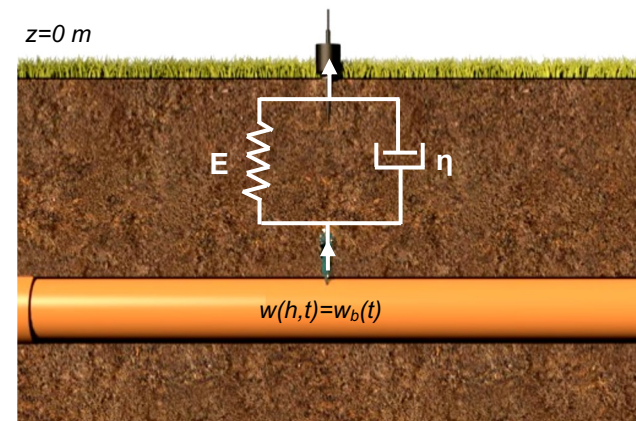
Patrocínio:

O EFEITO DA COMPACTAÇÃO DOS SOLOS NA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS PELO MÉTODO VIBRO-ACÚSTICO

MATHEUS SILVA PROENÇA

Apresentação em Poster | Trabalho Completo

Chat com autor | Enviar e-mail para autor





INTRODUÇÃO

Contextualização do Problema



39,2%

No Brasil, como apresentado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, os **índices médios de perda** ainda são **alarmantes**, chegando a 39,2% da água tratada (SNIS, 2020).





INTRODUÇÃO

Contextualização do Problema



NAÇÕES UNIDAS BRASIL





INTRODUÇÃO

Contextualização do Problema



ODS

6 Água Potável e Saneamento



OBJETIVO 6.

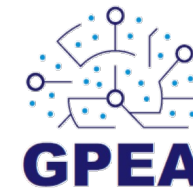
Assegurar a disponibilidade e **gestão sustentável** da água e saneamento para todos

6.4 - Até 2030, aumentar substancialmente a **eficiência do uso da água** em todos os setores...



INTRODUÇÃO

Contextualização do Problema



Para combater esta realidade, diversas técnicas têm sido aprimoradas para se estimar, com maior versatilidade e eficiência, a presença e localização dos vazamentos.



Figura 6: Técnicas acústicas para localização de vazamentos. a) Correlacionador. b) Geofone eletrônico.





INTRODUÇÃO

Contextualização do Problema

Dentre os diversos métodos até então explorados no cenário da indústria da água, os **Métodos Acústicos se destacam** (FUCHS e RIEHLE, 1991).

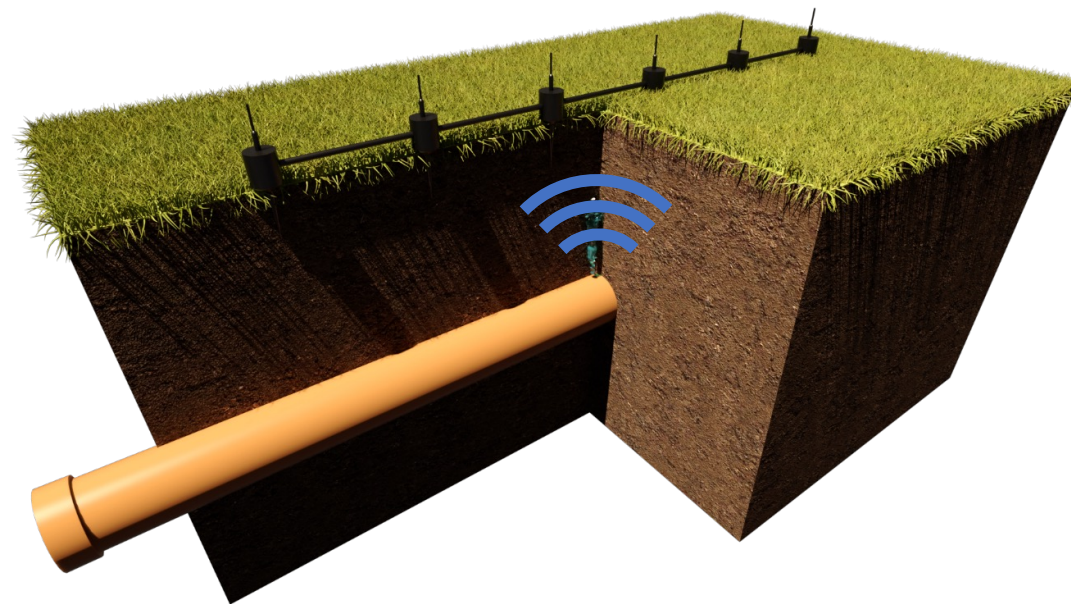
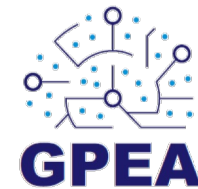


Figura 7: Representação da propagação do sinal do vazamento no entorno.





OBJETIVOS

Aplicação do Estudo

Para se ter avanços no processo de monitoramento de vazamentos em dutos subterrâneos de água, nota-se a **necessidade em se compreender os principais mecanismos de emissão sonora** por eles gerados (ZOHORA, 2020).

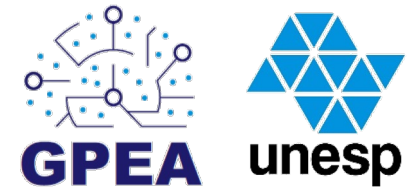
O objetivo deste artigo é, então, **investigar os principais mecanismos** de emissão acústica de um vazamento no sistema.



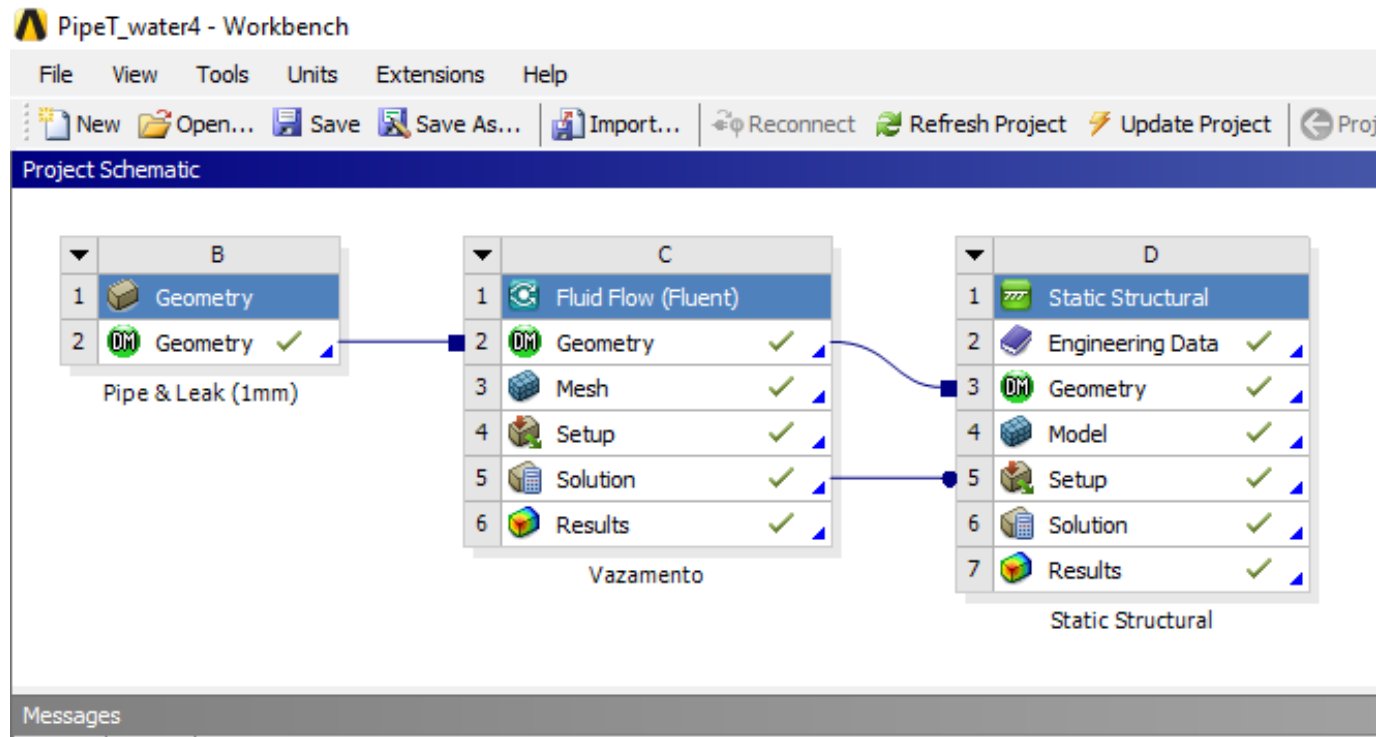


METODOLOGIAS

Modelagem Numérica



As simulações foram realizadas utilizando o **Método dos Volumes Finitos (MVF)** embarcado em um software comercial consolidado.



- Software ANSYS Workbench 14;
- O pacote *Fluent* foi utilizado como solucionador da CFD;
- Carga de pressão importada para uma análise estrutural estática;

Figura 8: Bloco *system Couple*.





METODOLOGIAS

Modelagem Numérica

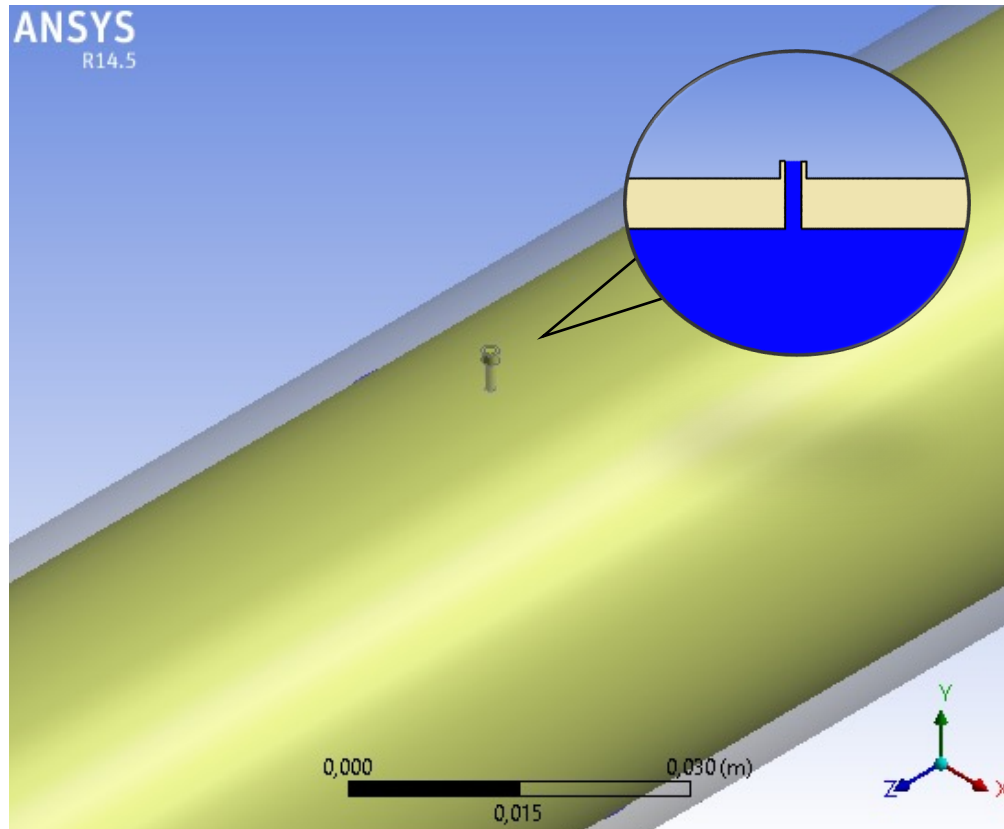
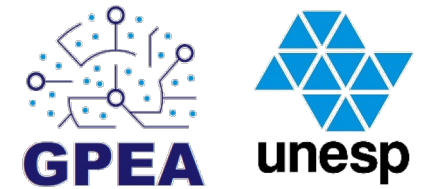


Figura 9: Representação da geometria do modelo.

Tubo de PVC: $L = 3,0 \text{ m}$; $\varnothing = 50 \text{ mm}$; $e = 2,5 \text{ mm}$

Vazamento: furo cilíndrico central com $\varnothing = 1,0 \text{ mm}$

Condições de contorno: $V = 1,1 \text{ m/s}$, $\dot{M}_v = 0,02 \cdot \dot{M}$

Modelo de Turbulência $k-\omega$ padrão

Propriedades físicas do tubo e da água baseadas em catálogos técnicos





RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fluxo Turbulento

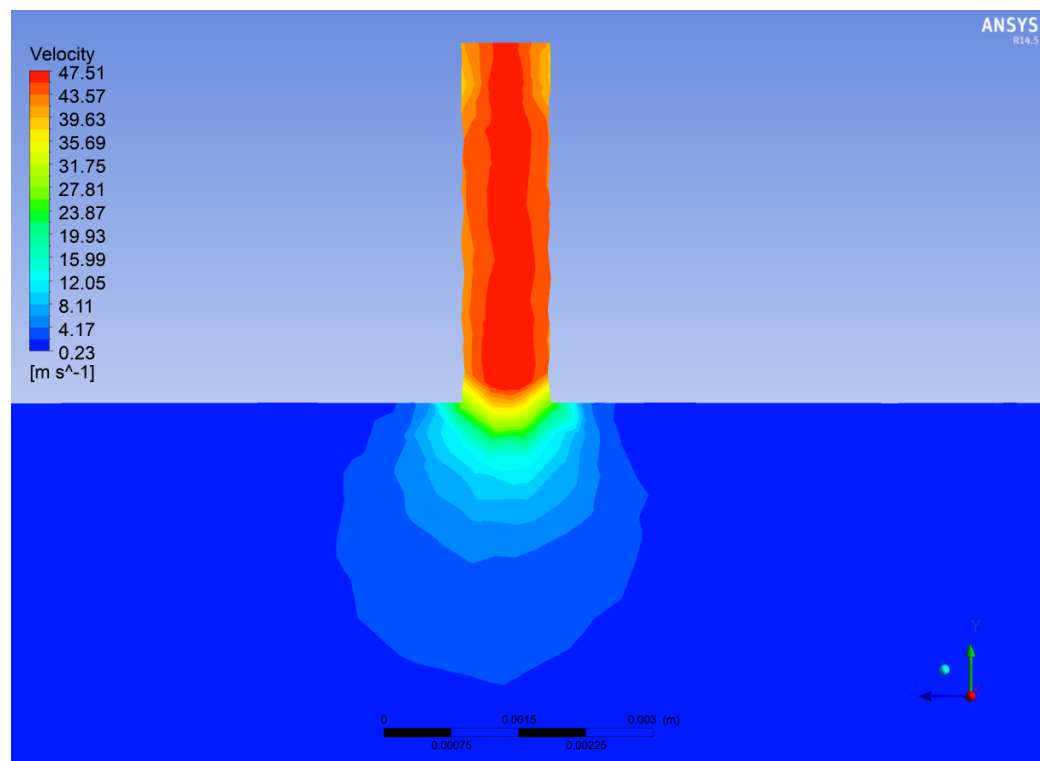


Figura 10: Campo de velocidades na região do vazamento.

Pollock e Hsu (1982); Thompson *et al.* (2001); Papastefanou (2011); Papastefanou, Joseph e Brennan (2012) sugerem que o **evento turbilhonar**, gerado pelo vazamento, seja um dos mecanismos de emissão acústica **protagonista** do sistema.





RESULTADOS E DISCUSSÃO

Energia Cinética Turbulenta

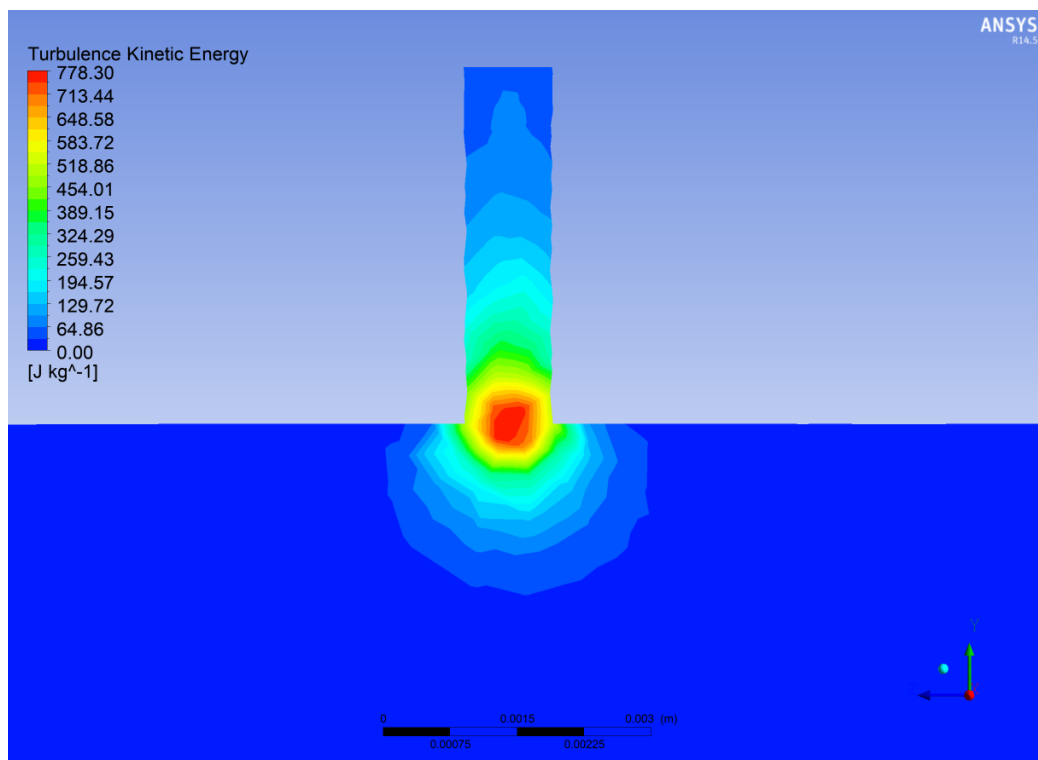


Figura 11: Energia Cinética Turbulenta na região do vazamento.

Thompson *et al.* (2001), em seus ensaios, sugere que a velocidade de fuga da água está relacionada, de forma quadrática, com o gradiente de pressão e a densidade da água. Assim, quanto maior a pressão interna do tubo, maior a velocidade de fuga e maior a energia cinética turbulenta do fluxo.





RESULTADOS E DISCUSSÃO

Campo de Tensões

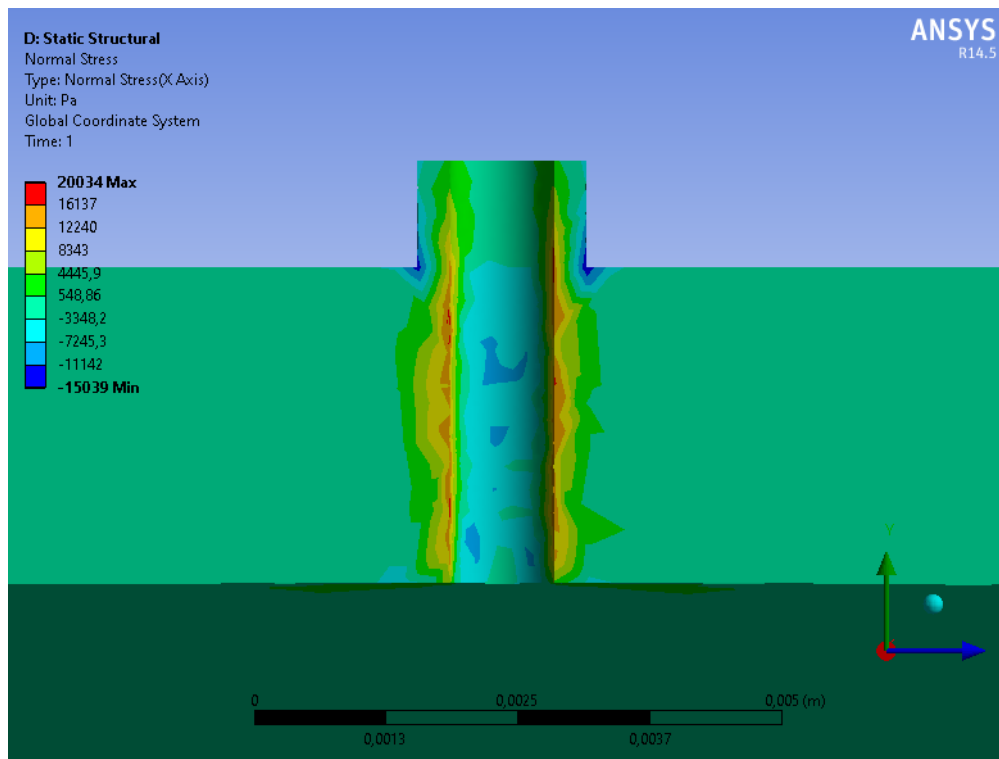


Figura 12: Tensões normais geradas pela interação do fluxo turbulento com a parede do tubo.

A **interação água - tubo** gera vibrações transversais e paralelas à direção do escoamento (**VIE**).

E, os vórtices, por si só, também produzem forças fluidodinâmicas e induzem uma vibração particular (**VIV**), por gerarem flutuações locais de pressão (POLLOCK e HSU, 1982; DAVIES, 1972).





RESULTADOS E DISCUSSÃO

Campo de Tensões

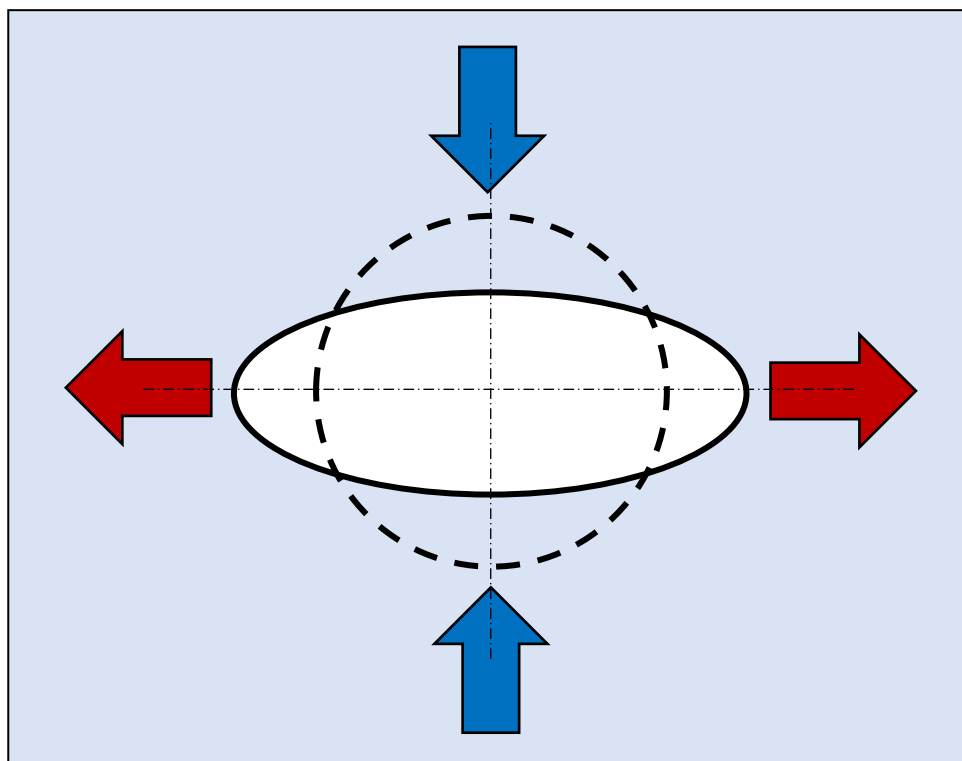


Figura 13: Abertura da área do vazamento devido ao campo de tensões existentes.

o campo de tensões existente induz a abertura da área do vazamento em uma **fissura longitudinal**.

Cassa *et al.* (2010) e Greyvenstein e Van Zyl (2007) observaram, também, experimentalmente, em vazamentos circulares, **tensões maiores nas bordas longitudinais**.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indícios de cavitação

Thompson *et al.* (2001); Novak (2005); Zohora (2020) atribuíram também a **cavitação** – formação, crescimento e colapso de bolhas macroscópicas – uma parcela de contribuição nas vibrações do tubo.

No trabalho constatou-se indícios do fenômeno pelas tensões negativas, geradas por um **efeito de sucção**.

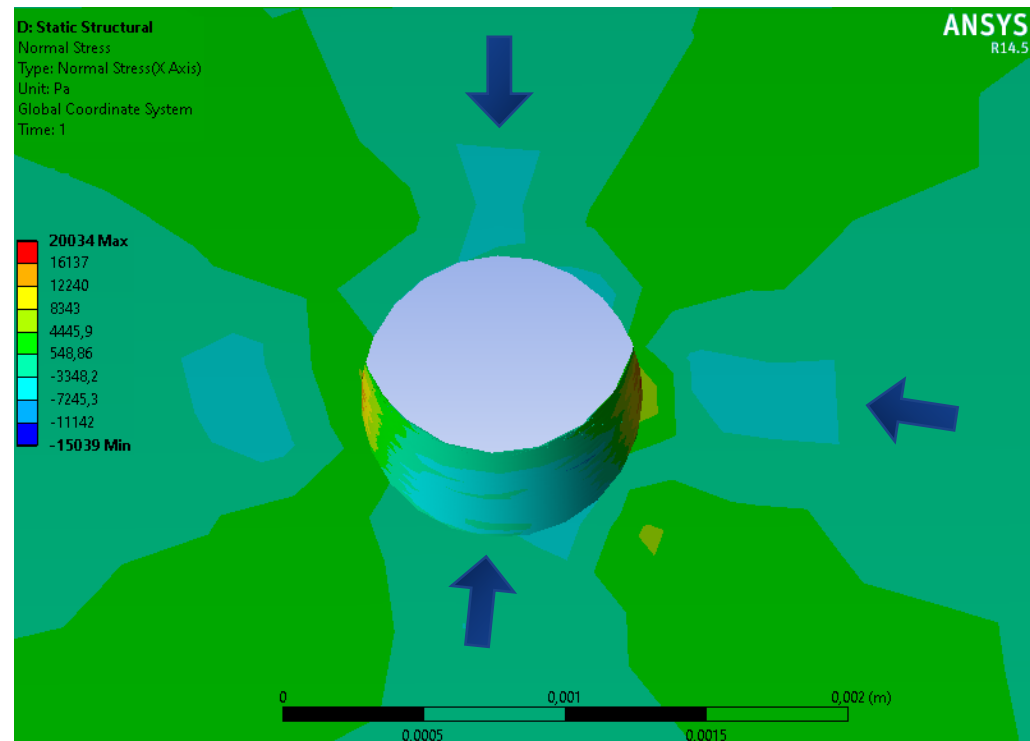
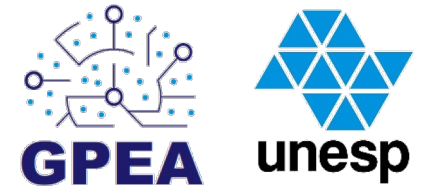


Figura 14: Tensões normais negativas na região do vazamento.





CONCLUSÃO



Assim, a excitação gerada por um vazamento de água em dutos subterrâneos resulta, essencialmente, da **combinação**:

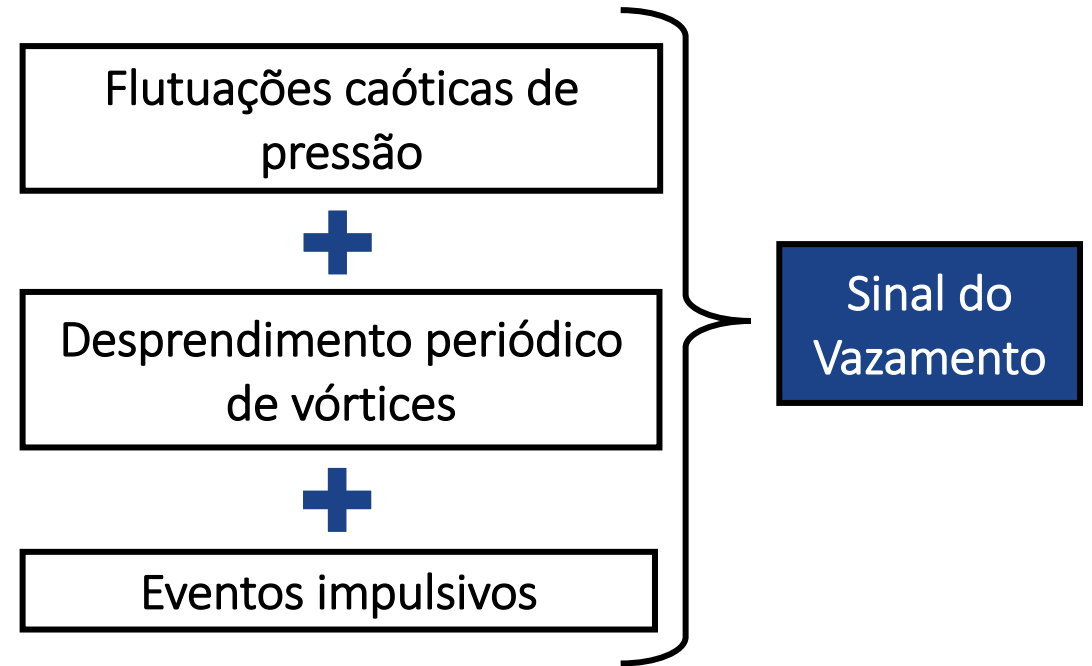
Mecanismos Hidrodinâmicos + Efeitos da interação água-tubulação-solo

Produzindo, assim, um **perfil característico** para o sinal vibro-acústico do vazamento.



CONCLUSÃO

- O escoamento turbulento gera um **sinal contínuo aleatório**, em um intervalo de **baixas frequências** (PAPASTEFANOU, 2011),
- A cavitação e a propagação de trincas geram sinais **intermitentes e impulsivos**, em um **intervalo mais amplo e de altas frequências** (RAO, 1990; MILLER *et al.*, 1999).





CONCLUSÃO

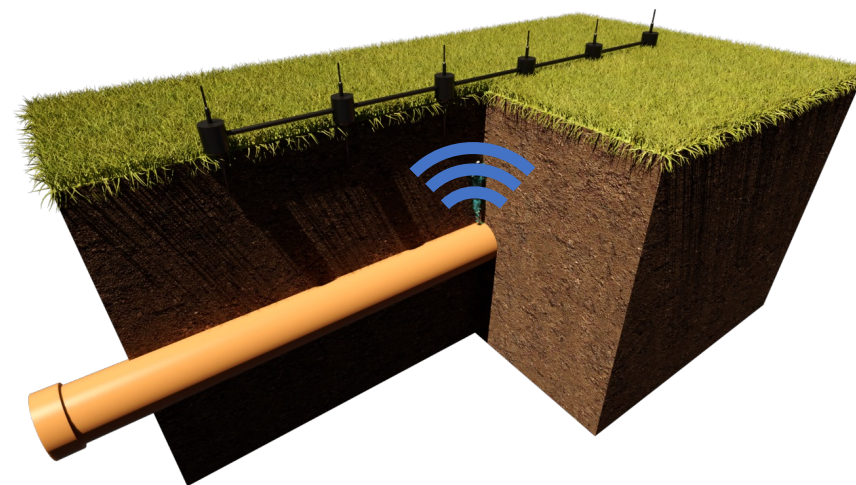
A potência sonora relacionada a estes mecanismos tratados depende de vários fatores, como:

Material e geometria da tubulação

Densidade e viscosidade do fluido de trabalho

Diferencial de pressão existente no sistema

Área do vazamento e vazão de escape





REFERÊNCIAS

1. ANASTASOPOULOS, A.; KOUROUSIS, D.; BOLLAS, K. *Acoustic emission leak detection of liquid filled buried pipeline. Journal of Acoustic Emission*. v. 27, pp. 27-39, 2009.
2. BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO - SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília, DF: Ministério das cidades, Dez. 2020.
3. BRENNAN, M. J.; CHAPMAN, D. N.; JOSEPH, P. F.; METJE, N.; MUGGLETON, J. M.; RUSTIGHI, E. *Achieving Zero Leakage by 2050: Leak Detection and Location Methods – Acoustic Leak Detection*. UK Water Industry Research Limited, London, pp. 38, 2017.
4. CASSA, A. M.; VAN ZYL, J. E.; LAUBSCHER, R. F. *A numerical investigation into the effect of the pressure on holes and cracks in water supply pipes. Urban Water Journal*, v.7, n.2, pp. 109-120, 2010.
5. DAVIES, J. T., 1972. *Turbulence Phenomena*. Academic Press, London, 1972.
6. FUCHS, H.V., RIEHLE, R. *Ten years of experience with leak detection by acoustic signal analysis. Applied Acoustic (United States)*, v.33, n.1, p.1-19, 1991.
7. GREYVENSTEIN, B.; VAN ZYL, J. E. *An experimental investigation into the pressure leakage relationship of some failed water pipes. Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, v.56, n.2, pp.117-124, 2007.
8. MILLER, R. K.; HILL, E. V. K.; MOORE, P. O. *Acoustic emission testing. Nondestructive Testing Handbook*, Columbus, OH: American Society for Nondestructive Testing, 3º ed, v.6., pp.446, 2005.





REFERÊNCIAS

9. MILLER, R. K.; POLLOCK, A. A.; WATTS, D. J.; CARLYLE, J. M.; TAFURI, A. N.; E YEZZI Jr, J. J. "A reference standard for the development of acoustic emission pipeline leak detection techniques" *NDT&E International*, v.32, pp.1-8, 1999.
10. NOVAK, J. A. *Cavitation and bubble formation in water distribution systems*. Virginia, 2005. Dissertação de Mestrado, *Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University*, 2005.
11. PAPASTEFANOU, A. *An experimental investigation of leak noise from water filled plastic pipes*. London, 2011. Tese de Doutorado, Faculty of Engineering and the Environment, University of Southampton, 2011.
12. PAPASTEFANOU, A. S.; JOSEPH, P. F.; BRENNAN, M. J. *Experimental Investigation into the Characteristics of in Pipe Leak Noise in Plastic Water Filled Pipes*. *Acta Acustica United with Acustica*, v.98, n.1, pp. 847-856, 2012.
13. POLLOCK, A.; HSU, S. Y. *Leak detection using acoustic emission*. *Journal of Acoustic Emission*, v.1, pp. 237-243, 1982.
14. RAO, A. K. "Acoustic emission and signal analysis" *Defence Science Journal*, v.40, pp. 55, 1990.
15. THOMPSON, M.; CHAPMAN, C.; HOWISON, S.; OCKENDON, J. *Noise generation by water pipe leaks. Study report of 40th European Study group with industry*, pp. D1-D6, 2001.
16. ZOHORA, F. *Study of pipe leak fluid dynamic characteristics and their influences on acoustic emission generation*. Queensland 2020. Tese de Doutorado, Science and Engineering Faculty, Queensland University of Technology, 2020.





Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

OBRI

Matheus Silva Proença

Contato: matheus.proenca@unesp.br

