

A JANELA HANNING E RETANGULAR NA SELEÇÃO DE DADOS PARA A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER EM REGIMES RESSONANTES

Alexandre de Macêdo Wahrhaftig, alixa@ufba.br¹

Lauro Miguel Lima Rocha, lauromiguel227@gmail.com¹

Galdir Damasceno Reges Junior, galdir@gmail.com²

Leizer Schnitman, leizer@ufba.br²

Reyolando Manoel Lopes Rebello da Fonseca Brasil, reyolando.brasil@poli.usp.br³

¹Universidade Federal da Bahia (UFBA), Escola Politécnica, Departamento de Construção e Estruturas, Rua Aristides Novis, nº 02, 5º andar, Federação, Salvador – BA, CEP: 40210-630, Brasil

²Universidade Federal da Bahia (UFBA), Escola Politécnica, Programa de Pósgraduação em Mecatrônica, Rua Aristides Novis, nº 02, 2º andar, Federação, Salvador – BA, CEP: 40210-630, Brasil

³Universidade de São Paulo (USP), Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, Av. Prof. Almeida Prado, tv. 2, nº 83, Cidade Universitária, São Paulo – SP, CEP: 05508-900, Brasil

Resumo: Amostragem e análise são aspectos centrais de investigações em laboratório físico. Nesse ambiente, os dados devem ser obtidos e analisados por meio de técnicas que afastem as possibilidades de equívoco de julgamento, assim como da produção de falsos positivos ou negativos. Particularmente, a aquisição e análise de dados em ensaios de natureza dinâmica ensejam especial atenção em função das características próprias dos fenômenos investigados, no qual forças e acelerações definem a forma como esses ocorrem, especialmente quando se registra a presença de regimes ressonantes. Nos casos em que um motor tem sua frequência de operação variando sobre uma base de suporte, o sinal obtido apresenta uma faixa anterior e posterior que se eleva e decresce progressivamente em torno do instante em que a frequência ressonante do motor com a estrutura de base é alcançada, apresentando picos centrais mais destacados. Para que a frequência de ressonância possa ser definida, o sinal precisa ser analisado no domínio da frequência. O trânsito da análise do sinal do domínio do tempo ao da frequência, exige o emprego de janelas de seleção adequadas ao problema, que são, via de regra, estabelecidas pelo analista. A escolha entre uma ou outra pressupõe a produção de resultados diferentes em função das características próprias de cada janela, pré-requisito nas operações para a realização das Transformadas Rápidas de Fourier (FFT). Tendo em vista esse aspecto, neste trabalho, avaliou-se a influência de dois diferentes tipos de janela de dados, Hanning e Retangular, aplicadas a séries temporais com registro de regimes ressonantes. O estudo experimental que deu origem às séries temporais foi realizado para verificar possível mudança nas frequências naturais de vibração de uma viga metálica comprimida axialmente por forças com níveis diferentes de intensidade. Concluiu-se que o ajanelamento Hanning, em relação ao ajanelamento Retangular, tornou mais apropriada a análise de fenômenos próximos do meio do intervalo analisado, atenuando o sinal nas extremidades, e, portanto, facilitando a identificação das frequências de ressonância.

Palavras-chave: Aquisição e Análise de Dados, FFT, Ressonância, Janela tipo Hanning, Janela tipo Retangular

1. INTRODUÇÃO

Amostragem e análise de dados são aspectos centrais na obtenção dos resultados de investigações em laboratório físico. Nesse ambiente, os dados devem ser obtidos e analisados por meio de técnicas que afastem as possibilidades de equívoco de julgamento, assim como o da produção de falsos positivos ou negativos. Particularmente, a aquisição e análise de dados em ensaios de natureza dinâmica ensejam especial atenção em função das características próprias dos fenômenos investigados, no qual forças e acelerações definem a forma como esses ocorrem, especialmente quando se registra a presença de regimes ressonantes na investigação.

Na análise de regimes ressonantes, uma das técnicas de estudo empregadas envolve a variação da frequência de operação de um motor fixado a uma estrutura de base. A velocidade do motor varia desde o repouso até sua velocidade máxima, retornando ao repouso, em seguida. Com isso, são obtidas as respostas do sistema de suporte em termos de acelerações. Nesse tipo de experimento, quando o motor passa por uma velocidade de operação associada à frequência natural do sistema de suporte, o sinal obtido apresenta uma faixa anterior e posterior que se eleva e decresce progressivamente em torno do instante em que a frequência ressonante é alcançada, apresentando picos centrais mais

destacados. Para perceber e confirmar a frequência de ressonância, o sinal precisa ser observado no domínio da frequência, e o trânsito da análise do sinal do domínio do tempo ao da frequência exige o emprego de janelas de seleção adequadas ao problema, que são, via de regra, definidas pelo analista. A escolha entre uma ou outra pressupõe a produção de resultados diferentes em função das características próprias de cada uma, pré-requisito nas operações para a realização das Transformadas Rápidas de *Fourier* (FFT).

É importante aludir que uma aquisição de dados é feita sempre de forma discreta, no tempo, e na qual o parâmetro mais relevante é a taxa de aquisição utilizada na captura das informações e que vão representar, na maioria das vezes, um evento de natureza contínua, também no tempo (Hacibeyoglu *et al.*, 2011). Por essa razão, aquisição e análise são etapas indissociáveis da mesma ação. Nessa última, uma parte essencial é a definição do ajanelamento a ser utilizado sobre as séries temporais, o que minimiza possíveis efeitos indesejados causados pelo ponto em que se inicia e se finaliza a amostragem. Isso quer dizer que o sinal pode apresentar descontinuidades nas suas extremidades, ou parecer não periódico, o que causa o surgimento de frequências inexistentes ou fictícias no seu espectro, que se traduzem em interpretações equivocadas. Além do mais, a escolha correta da janela de análise pode fazer a diferença na qualidade do resultado produzido (Stoica *et al.*, 2005; Wickramarachi, 2003; Ifeakor e Jervis, 1993).

Em face do estudo realizado, este trabalho foi estruturado da seguinte forma: na seção 2 são apresentados os conceitos básicos sobre aquisição e análise de dados, ocasião em que são discutidas as características fundamentais dos dois tipos de ajanelamento investigados. Na seção 3, é feita a discussão dos resultados obtidos. E, seguidamente, faz-se a conclusão da presente investigação, os devidos agradecimentos e posta a relação de referências utilizadas.

2. AQUISIÇÃO E ANÁLISE DAS SÉRIES RESSONANTES

O estudo experimental que deu origem às séries temporais ressonantes foi realizado com intuito de se verificar possível mudança nas frequências naturais de vibração de uma viga metálica comprimida axialmente por forças variando de 0 a 45 kN. Por hipótese, as frequências naturais de um sistema estrutural podem sofrer alteração pela presença dos carregamentos aplicados (Wahrhaftig, Brasil e Balthazar, 2013; Wahrhaftig e Brasil, 2016). No caso das forças de compressão, essas tendem a diminuir a rigidez e as frequências naturais do sistema (Wahrhaftig *et al.*, 2019; Wahrhaftig 2020a; Wahrhaftig *et al.*, 2021a; Wahrhaftig *et al.*, 2021b), podendo levá-lo à ressonância com a excitação, como demonstrado por Brasil e Wahrhaftig (2018). A descrição sintética da aquisição e da análise dos dados desses ensaios configuram o objeto central deste trabalho. No mencionado experimento, o modelo físico, em escala natural, de uma viga biapoiada, Fig. 1, foi excitado por uma máquina rotativa após ter sido ajustado o nível de força previamente estabelecido no plano de carregamento. No contexto da dinâmica das estruturas, o modelo matemático representado pela Fig. 1 assume que a presença de uma força de compressão axial diminui a rigidez da viga e consequentemente suas frequências naturais de vibração, podendo levá-la a regimes ressonantes potencialmente perigosos (Wahrhaftig *et al.*, 2020b). Na Fig. 1(a), P é a força axial, L é o comprimento da viga, f_E e $\omega_n(P)$ são as frequências do motor e a frequência natural da viga, respectivamente, E_g designa a máquina rotativa e M_E sua massa, com EI sendo o produto de rigidez à flexão da viga de suporte. Na Fig. 1(b), h e t_h são as dimensões externas e a espessura da parede da seção transversal da viga.

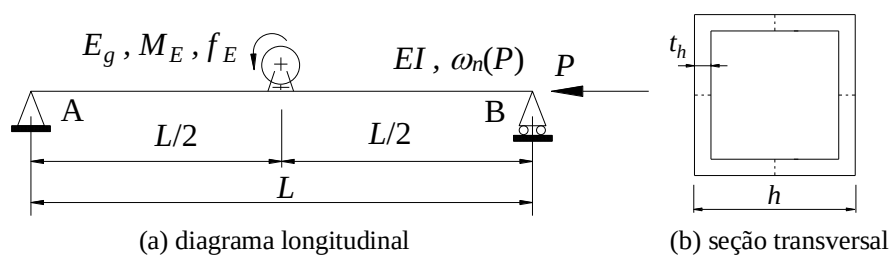
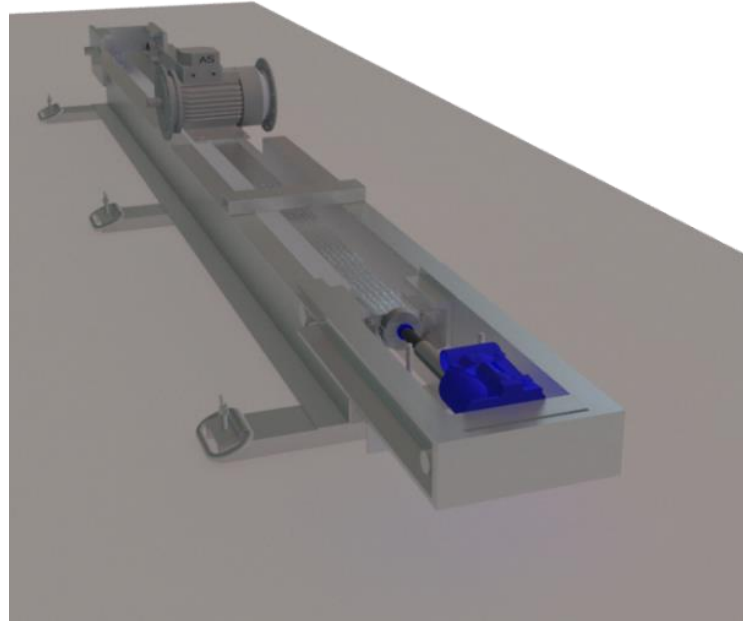


Figura 1. Modelo matemático do problema.

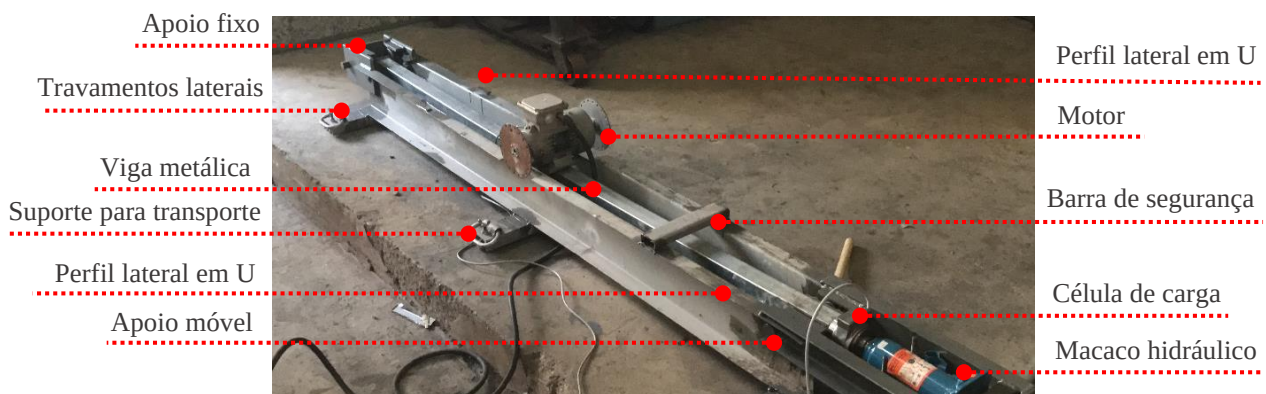
A necessidade de verificar a hipótese básica do problema levou à elaboração de um protótipo onde uma viga de aço é comprimida por um macaco hidráulico. O macaco hidráulico é adequado para tais experimentos pois é composto por um fluido viscoso que opera sob a hipótese dos vasos comunicantes, transmitindo forças elevadas. Narkhede e Sinha (2014) afirmam que quando o fluido é comprimido a mudança em seu volume é acompanhada por uma força que mobiliza a carga desejada. Na prova experimental, o macaco hidráulico aplica a força horizontal que, teoricamente, altera a rigidez da viga. Portanto, esse aparato atua como agente indutor a partir do momento em que um certo nível de força é aplicado e mantido inalterado pelo fechamento da válvula que conecta a câmara de reservação à haste de elevação do macaco. O dispositivo utilizado no experimento foi um macaco hidráulico tipo garrafa. Um macaco hidráulico funciona segundo os princípios do pascal, de vasos comunicantes, uma vez que a ligação é estabelecida entre 2 cilindros cheios de fluido e pistões que se movem no seu interior. Os macacos hidráulicos tipo garrafa têm corpo e pescoço cilíndrico, daí seu nome. Nesse tipo de macaco, o pistão é alinhado longitudinalmente com o corpo do dispositivo e suporta uma placa horizontal na extremidade responsável por transmitir a força desejada.

Um protótipo, consistindo em uma bancada de testes foi projetado e construído para realizar os testes em laboratório físico (Wahrhaftig *et al.*, 2021c). Foi elaborado, inicialmente, um rascunho gráfico que possibilitou a definição de suas peças e partes. Cabe ressaltar que a dificuldade inerente a esse tipo de criação reside em estabelecer uma possível relação entre a teoria matemática que está sendo estudada e a física do problema, possibilitando a escolha e a definição de subsistemas que se comportem mecanicamente como desejado e, ao mesmo tempo, sejam comercialmente disponíveis e/ou relativamente fáceis de serem encontrados e/ou fabricados.

O sistema principal consiste em uma viga de aço sustentando um motor que serve de excitação ao sistema de base. Foram definidas as especificações dos componentes, tendo sua representação gráfica final conforme Fig. 2(a). O modelo foi, então, construído com os parâmetros descritos na modelagem gráfica e computacional, possuindo forma definitiva segundo o mostrado na Fig. 2(b).



(a) visualização gráfica isométrica



(b) construção final do modelo físico

Figura 2. **Protótipo representativo do modelo matemático (escala natural).**

As respostas temporais dadas pelo sistema de base foram obtidas por um acelerômetro com tecnologia MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems*) encapsulado, resistivo, com alimentação de 5 volts e com intervalo de medição de ± 50 g, com g sendo a aceleração da gravidade ($g = 9,8067 \text{ m/s}^2$). A taxa de aquisição utilizada foi de 1000 Hz. A força de compressão foi controlada por uma célula de carga com capacidade de 200 kN, tipo 1-C6A/200KN, descrito como um transdutor de força para carga de compressão com medição por *strain gauge*, versão inoxidável, incluindo cabo de conexão fixo de 6 m de comprimento, com extremidades livres. Ambos os sensores estavam conectados a um sistema de aquisição de dados digital e esse a um microcomputador portátil. Um inversor de frequência fazia variar a frequência da máquina rotativa de zero até ultrapassar a frequência ressonante, retornando ao repouso, em seguida. O esquema operacional da investigação está representado na Fig. 3.

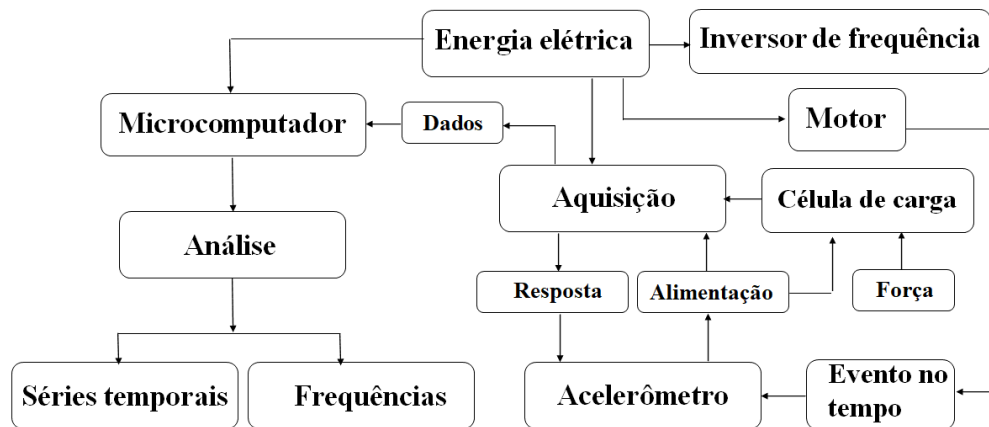


Figura 3. Esquema operacional da investigação experimental.

Na configuração assumida, o sistema de aquisição recebe os dados analógicos e os converte em sinais digitais por meio de uma placa conversora, e esses são, então, dirigidos a um computador eletrônico (Oppenheim e Schafer, 1998; Lustgarten *et al.*, 2008; Dimitrova *et al.*, 2010). Os dados foram adquiridos pelo programa AqDados e analisados pelo programa Matlab por meio da Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform* - FFT), em consonância com o preconizado por Cooley *et al.* (1969) e por Brigham e Morrow (1967). Tanto o sistema de aquisição de dados, um ADS-1800, quanto o acelerômetro e o programa de aquisição foram fornecidos pela Lynx Informática (2014) e a célula carga pela HBM do Brasil (2014). Para avaliar o ajanelamento mais adequado ao tipo de sinal obtido, duas janelas de seleção foram definidas para a análise, uma do tipo *Hanning*, Fig. 4(a), cuja característica principal é a de possuir uma forma similar ao meio ciclo de uma onda senoidal. Isso permite reduzir a influência da descontinuidade do sinal no seu início e fim, porém, podendo haver alguma redução na identificação de diferentes frequências que possam vir a existir no espectro. A outra janela utilizada foi a *Retangular*, Fig. 4(b), que sendo simples, se caracteriza por não habilitar nenhum recurso especial à análise, conforme descrevem Andrade e Soares (2002).

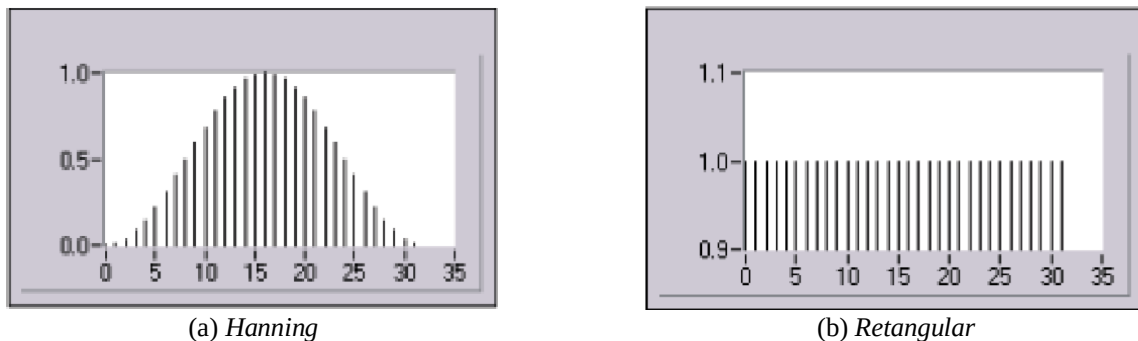


Figura 4. Caraterísticas das janelas de seleção de dados - Andrade e Soares (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios foram dispostos em gráficos de series temporais como se vê na Fig. 5, de onde foram selecionados os intervalos do sinal para o estudo no domínio da frequência. Os regimes ressonantes no avanço e no regresso da velocidade do inversor de frequência aparecem circundados em vermelho para os diferentes níveis da força de compressão empregada.

Para avaliar a frequência de ressonância de cada nível de força, espectros de frequência foram gerados a partir do ajanelamento da primeira metade dos sinais de vibração (linha vertical tracejada), cobrindo então o trecho de avanço da velocidade do inversor de frequência, usando as janelas *Retangular* e *Hanning*. Um ajanelamento com intervalo de tempo menor poderia ser utilizado, mas a resolução espectral aumentaria, aumentando a incerteza nas frequências observadas. A diferença de representação gráfica do espectro por meio da janela *Hanning* e *Retangular*, importante para as análises no domínio da frequência, são exemplificadas pela Fig. 6, obtidas com o sinal do ensaio com a força de 10 kN aplicada.

Na Fig. 6(a), o sinal pode ser observado no domínio do tempo, à esquerda, e o espectro de frequências, à direita, com o emprego da janela de seleção do tipo *Retangular*. Nesse caso, dois picos importantes são observados no espectro de frequência, sendo um deles em 23,95 Hz e o outro em 32,59 Hz.

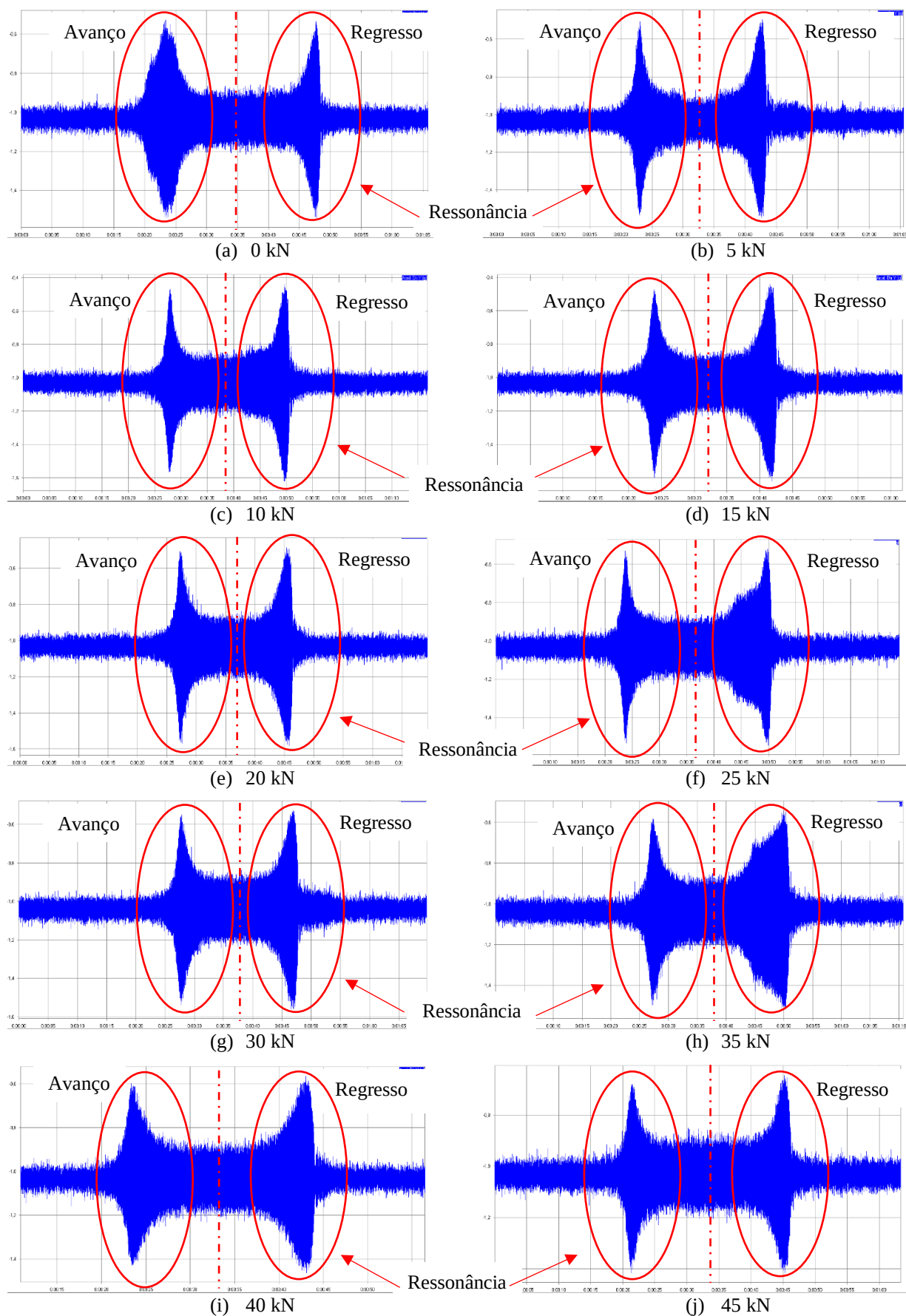


Figura 5. Série temporal com a presença de regimes ressonantes.

Na busca pela frequência de ressonância o analista tende a observar a resposta que apresenta o maior pico de vibração, mas, como se nota no espectro de frequência, o maior pico, que ocorre em 32,59 Hz, apresenta uma base muito mais estreita que o segundo maior, que ocorre em 23,95 Hz. A existência de um pico com base estreita sugere haver um componente de frequência estacionário, tendo em vista que a velocidade máxima de excitação dos ensaios ocorreu por volta de 32 Hz, indicando que o maior pico do espectro se deve à velocidade de operação estacionária da máquina rotativa no final do sinal ajanelado. Por outro lado, um pico com base larga pode tanto indicar a ressonância como sugerir a existência de um efeito conhecido como *smearing*, responsável por reduzir a amplitude do sinal não estacionário (Brandt, 2011). Cabe ainda mencionar que no domínio do tempo a amplitude do final do sinal não foi a maior do intervalo analisado, o que é um indicativo de que as relações das maiores amplitudes do espectro do sinal pela janela *Retangular* precisam ser analisadas com cautela.

Usando ajanelamento do tipo *Hanning*, Fig. 6(b), observa-se que o sinal no domínio do tempo, à esquerda, recebe atenuação em seus extremos, e o espectro de frequências, à direita, apresenta apenas um pico relevante, em 23,82 Hz. Nesse espectro, fica claro que a ressonância ocorreu na frequência desse único pico, que é largo na base. A frequência associada à velocidade final do motor no intervalo ajanelado não apresenta nenhum pico nesse espectro porque foi atenuada com o uso do ajanelamento do tipo *Hanning*, o que permitiu fazer com que a análise se concentrasse na região mais central do intervalo ajanelado. Com se observa, o uso do ajanelamento *Hanning* tornou mais apropriada a análise de um sinal com a presença de regimes ressonantes. As frequências obtidas por meio das janelas *Hanning* e *Retangular* são apresentadas na Tab. 1, obtidas observando-se o maior pico de base larga. O exame dos valores dessas frequências permite verificar que há uma ligeira diferença entre os resultados obtidos por um e por outro ajanelamento, julgamento diverso teria sido realizado se se considerasse apenas, e simplesmente, a observação do maior pico encontrado no espectro. Cabe mencionar que as evidências relatadas anteriormente foram fundamentais para a escolha do tipo de janela a ser usada no trabalho desenvolvido por de Macêdo Wahrhaftig *et al.* (2022).

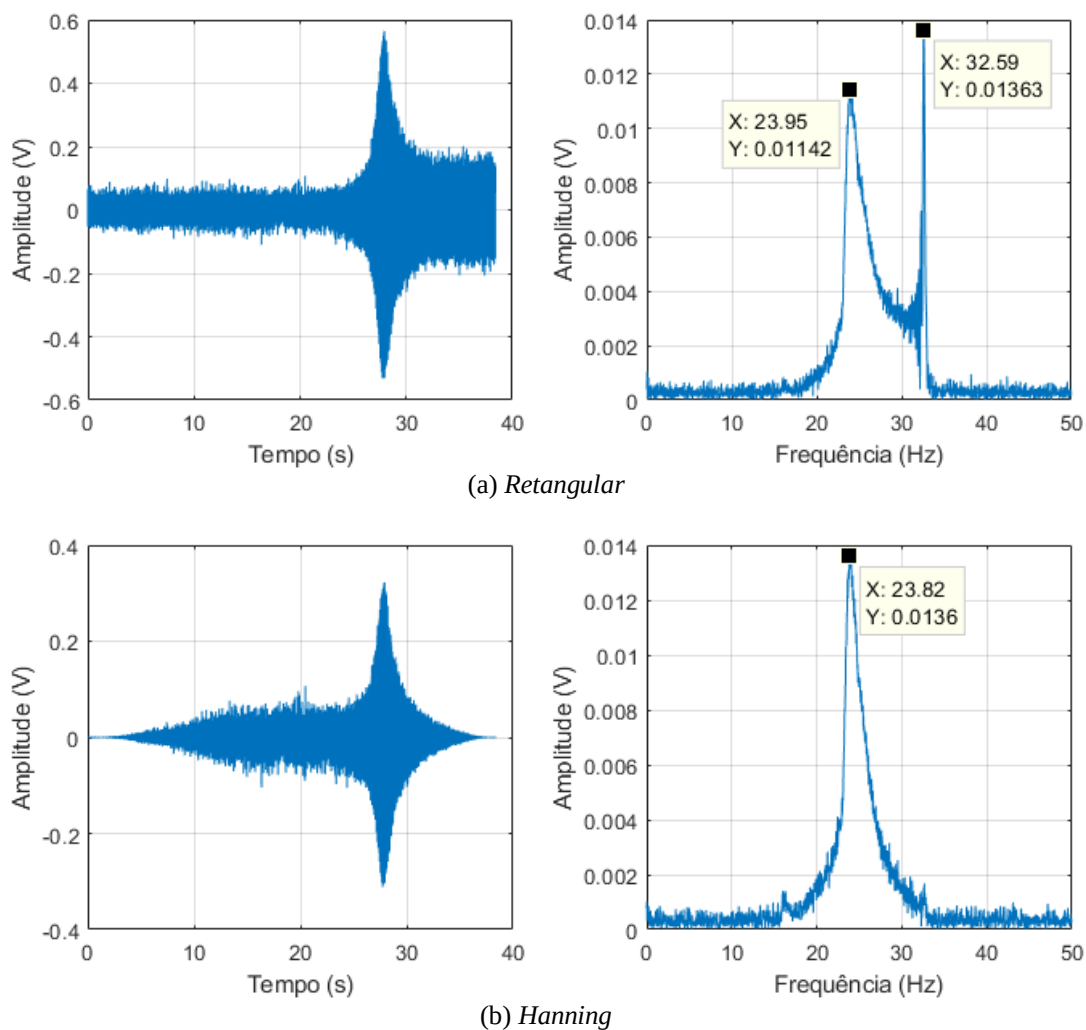


Figura 6. Representações gráficas típicas do sinal no domínio do tempo e da frequência.

Tabela 1. Resultados obtidos com as janelas *Hanning* e *Retangular*.

Força (kN)	Frequência (Hz)		Diferença (%)
	<i>Hanning</i>	<i>Retangular</i>	
0	21,30	21,23	0,3%
5	23,04	23,04	0,0%
10	23,95	23,82	0,5%
15	24,30	24,11	0,8%
20	23,97	23,91	0,3%
25	22,66	22,66	0,0%
30	23,82	23,62	0,9%
35	23,72	23,72	0,0%
40	23,05	23,05	0,0%
45	21,12	21,12	0,0%

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho se consistiu em um estudo comparativo entre duas técnicas de ajanelamento para a obtenção das Transformadas Rápidas de *Fourier* (FFT) de séries temporais de regimes ressonantes, usando, para isso, dois tipos de janelas de seleção de dados, uma do tipo *Hanning* e outra do tipo *Retangular*, e avaliando-se os resultados obtidos. A avaliação do tipo de janela a ser usada na análise de sinais com a presença de frequências ressonantes se faz necessária em função das características próprias do sinal obtido. Na busca dessas frequências, não raro, o analista amplia o intervalo de tempo do sinal aquisitado na análise, o que pode levar a observação de componentes não estacionários ou estacionários que podem induzir a equívocos de julgamento.

Embora restasse evidente a presença da ressonância nas séries temporais, quer houvesse sido a análise feita por um ou por outro tipo de janela, as representações gráficas dos picos no espectro apresentadas por cada uma fornecem importantes informações de julgamento para a definição correta da frequência ressonante, de forma a ser possível distingui-la de outra que seja consequência de fenômeno distinto.

Conclui-se, portanto, que o ajanelamento do tipo *Hanning*, em relação ao ajanelamento do tipo *Retangular*, torna mais própria a análise de fenômenos próximos ao meio do intervalo ressonante, atenuando os efeitos de extremidade e tornando a análise no domínio da frequência mais adequada.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoiado dado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCTI/CNPQ) por meio do processo 443044/2014-7, chamada MCTI/CNPQ/14/2014. Agradecem também ao Programa de Iniciação Científica da Universidade Federal da Bahia (PIBIC/UFBA) pelas bolsas fornecidas no âmbito do EDITAL PROPCI-UFBA 01-2017/PIBIC. Os autores ainda registram seus agradecimentos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) pelas bolsas de estudo concedidas.

6. REFERÊNCIAS

- Andrade, A.O. e Soares, A.B., 2002. “Técnicas de Janelamento de Sinais”. Tese. Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Elétrica.
- Brandt, A., 2011. “Noise and Vibration Analysis: Signal Analysis and Experimental Procedures”, 1st ed, *Noise and Vibration Analysis: Signal Analysis and Experimental Procedures*. Wiley, West Sussex.
- Brasil, R.M. and Wahrhaftig, A.M., 2018. “Experimental Evaluation of the Effect of Geometric Nonlinearities on Structural Resonances”. *Experimental Vibration Analysis for Civil Structures. EVACES 2017. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 5, Springer. doi:10.1007/978-3-319-67443-8_53
- Brigham, E.O. and Morrow, R.E., 1967. “The Fast Fourier Transform”, *IEEE Spectrum*, v12.
- Cooley, J.W., Lewis, P.A.W. and Welch, P.D., 1969. “The Fast Fourier Transform and its Applications”, *IEEE Transactions on Education*, v.12, n.1.
- de Macêdo Wahrhaftig, A., Dantas, J.G.L., da Fonseca Brasil, R.M.L.R. and Kloda, L., 2022. “Control of the Vibration of Simply Supported Beams Using Springs with Proportional Stiffness to the Axially Applied Force”. *Journal of Vibration Engineering & Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s42417-022-00502-2>
- Dimitrova, E.S. et al., 2010. “Discretization of Time Series Data, *Journal of Computational Biology*”, v.17, n.6.

- Hacibeyoglu, M., Arslan, A. and Kahramanli, S., 2011. "Improving Classification Accuracy with Discretization on Datasets Including Continuous Valued Features", *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, v.5, n.6.
- HBM do Brasil (HBM Test and Measurement), 2014. "Guia do Usuário e Especificações", São Paulo.
- Ifeachor, E.C. and Jervis, B.W., 1993. "Digital Signal Processing: A Practical Approach". Addison-Wesley.
- Lustgarten, J.L. et al., 2008. "Improving Classification Performance with Discretization on Biomedical Datasets", in AMIA Annu Symp Proceedings, 445–449. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2656082/>.
- Lynx Eletrônica e Tecnologia Ltda., 2014. "Guia do Usuário AqDados/AqDAnalysis", São Paulo.
- Narkhede, D.I. and Sinha, R., 2014. "Behavior of nonlinear fluid viscous dampers for control of shock vibrations". *Journal of Sound and Vibration*, 333:80–98. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2013.08.041>
- Oppenheim, A.V. and Schaffer, R.W., 1998. "Discrete-Time Signal Processing", 2. ed. New Jersey, Prentice Hall.
- Stoica, P., Randolph, M., 2005. "Spectral Analysis of Signals", Prentice Hall, New Jersey.
- Wahrhaftig, A.M., Brasil, R.M.L.R.F. and Balthazar, J.M., 2013. "The first frequency of cantilevered bars with geometric effect: a mathematical and experimental evaluation". *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 35, 457–467. <https://doi.org/10.1007/s40430-013-0043-9>.
- Wahrhaftig, A.M. and Brasil, R.M.L.R.D.F., 2016. "Representative experimental and computational analysis of the initial resonant frequency of largely deformed cantilevered beams". *International Journal of Solids and Structures*, 102–103(December), 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2016.10.018>.
- Wahrhaftig, A.M., da Silva, M.A. and Brasil, R.M.L.R.F., 2019. "Analytical determination of the vibration frequencies and buckling loads of slender reinforced concrete towers". *Latin American Journal of Solids and Structures*, 16(05), e196. <https://doi.org/10.1590/1679-78255374>.
- Wahrhaftig, A.M. 2020a. "Time-dependent analysis of slender, tapered reinforced concrete columns". *Steel and Composite Structures*, 36(2), 229–247. <https://doi.org/10.12989/scs.2020.36.2.229>.
- Wahrhaftig, A.D.M., Brasil, R.M.L.R.D.F., Groba, T.B., Rocha, L. M.L., Balthazar, J.M. and Nascimento, L.S.M.S.C., 2020b. "Resonance of a rotary machine support beam considering geometric stiffness". *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 58(4), 1023–1035. <https://doi.org/10.15632/jtam-pl/126681>.
- Wahrhaftig, A.M., Magalhães, K.M.M. and Nascimento, L.S.M.S.C., 2021a. "Stress assessment in reinforcement for columns with concrete creep and shrinkage through Brazilian technical normative", *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 43(6). <https://doi.org/10.1007/s40430-020-02731-6>.
- Wahrhaftig, A.d.M., Magalhães, K.M.M., Brasil, R.M.L.R.F. and Krzysztof, M., 2021b. "Evaluation of Mathematical Solutions for the Determination of Buckling of Columns Under Self-weight". *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, 9, 733–749. <https://doi.org/10.1007/s42417-020-00258-7>.
- Wahrhaftig, A.M., Cordeiro, G.S.C. and Brasil, R.M.L.R.F., 2021c. "Design and Manufacture of a Test Bench for Inducing Resonant Regimes in Beams of Rotary Machinery Support", In Proceedings of the 26th International Congress of Mechanical Engineering – ABCM, Virtual Congress, Brazil. doi://10.26678/ABCM.COBEM2021.COB2021-0026.
- Wickramarachi, P., 2003. "Effects of Windowing on the Spectral Content of a Signal", *Journal of Sound and Vibration*, San Jose, California.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

HANNING AND RECTANGULAR WINDOW IN SELECTING DATA FOR FAST TRANSFORMING FOURIER IN RESONANT SCHEMES

Alexandre de Macêdo Wahrhaftig, alixa@ufba.br¹

Lauro Miguel Lima Rocha, lauromiguel227@gmail.com¹

Galdir Damasceno Reges Junior, galdir@gmail.com²

Leizer Schnitman, leizer@ufba.br²

Reyolando Manoel Lopes Rebello da Fonseca Brasil, reyolando.brasil@poli.usp.br³

¹Federal University of Bahia (UFBA), Politechnic School, Department of Construction and Structures, Rua Aristides Novis, nº 02, 5º andar, Federação, Salvador – BA, CEP: 40210-630, Brazil

²Federal University of Bahia (UFBA), Politechnic School, Mechatronics Program (PPGM), Rua Aristides Novis, nº 02, 2º andar, Federação, Salvador – BA, CEP: 40210-630, Brazil

³University of São Paulo (USP), Politechnic School, Structural and Geotechnical Department, Av. Prof. Almeida Prado, tv. 2, nº 83, Cidade Universitária, São Paulo – SP, CEP: 05508-900, Brazil

Abstract. *Sampling and data analysis are central aspects of physical laboratory investigations. In that environment, data must be obtained and analyzed using techniques that rule out the possibility of misjudgment, as well as the production of false positives or negatives. Particularly, the acquisition and data analysis in dynamic tests require special attention due to the characteristics of the investigated phenomena, in which forces and accelerations define how they occur, especially when resonant regimes are registered. In the case of resonance tests in which a motor being accelerated is used, the signal obtained presents an anterior and posterior range that increases and decreases progressively around the moment in which the resonant frequency was reached, presenting more prominent central peaks. In order to observe and confirm the resonant frequency, the signal must be observed in the frequency domain, and the transit from the time domain to the frequency domain requires the use of an appropriate selection of data windows that are, as a rule, defined by the analyst. The choice between one and the other presupposes the production of different results depending on the characteristics of each window, a prerequisite for performing the Fast Fourier Transform (FFT). From this perspective, this work evaluated the influence of two different data window types, Hanning and Rectangular, applied to time series with the register of resonance frequencies. It can be concluded that the window of the Hanning type, in relation to the rectangular one, makes the analysis of phenomena near the middle of the interval more practical, attenuating the signal at the extremities, and thus making easier the identification of resonance frequencies.*

Keywords: *Data Acquisition and Analysis, FFT, Resonance, Hanning Window, Rectangular Window*