

## **Estudo da viabilidade de representações tempo-frequência como ferramenta de extração de característica para classificação de padrões de desgaste da ferramenta no processo de fresamento**

**Luis Otávio de Angeles Dias**

**Pedro de Oliveira Conceição Junior**

Universidade de São Paulo

[luisotavio1906@usp.br](mailto:luisotavio1906@usp.br)

### **Objetivos**

No contexto da atual indústria 4.0, que visa otimizar os processos de produção e a gestão inteligente de recursos, surge a demanda pelo desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na tomada de decisões em tempo real. O monitoramento de processos industriais baseado em sensoriamento e a análise dos sinais destes sensores emergem como metodologias promissoras nesse setor.

Portanto, este estudo tem como objetivo investigar a viabilidade da aplicação das transformadas tempo-frequência, focando na distribuição de Wigner-Ville (WVD), para a extração de características a partir dos sinais acústicos emitidos pela fresa durante o processo de fresamento. O propósito final é empregar a WVD para identificar padrões de desgaste na ferramenta, permitindo a interpretação de sua condição atual e a previsão de sua vida útil.

### **Material e Métodos**

O dataset utilizado para as análises foi obtido pelos experimentos de trabalhos anteriores (AGOGINO; GOEBEL, 2007; BASSO et al., 2022), consistindo num grupo de sinais obtidos pelo sensor de emissões acústicas de modelo WD 925, a uma taxa amostral de 100 kHz. Este

dataset possui quatro subdivisões, correspondentes às diferentes condições de experimento a que a ferramenta foi submetida, cada uma contendo os sinais da ferramenta operando após diferentes números de passada, no intuito de observar o seu desgaste. Estas condições estão mostradas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Condições de experimento

Caso	Profundidade do corte (mm)	Avanço (mm/rev)	Material da fresa
1	1,5	0,5	Ferro fundido
2	1,5	0,25	Aço
3	0,75	0,5	Aço
4	0,75	0,25	Ferro fundido

A partir deste dataset, realizou-se, no software de programação MATLAB, a WVD dos sinais, e o resultado foi plotado. A partir das imagens formadas, estudou-se os padrões do espectro de frequências para os diferentes números de passadas e a relação destes padrões com o desgaste da ferramenta foi visualmente interpretada.

## Resultados

Considerando o trabalho realizado até o momento de elaboração deste documento, foram analisados os sinais do caso 1 para todos os números de passada da ferramenta disponíveis. Por motivos de simplicidade, não serão mostradas todas as imagens formadas pelo trabalho, mas apenas para a passada 1, com desgaste de flanco de 0 mm, o que corresponde ao estado de maior preservação da ferramenta, como mostrado na Figura 1 a seguir.

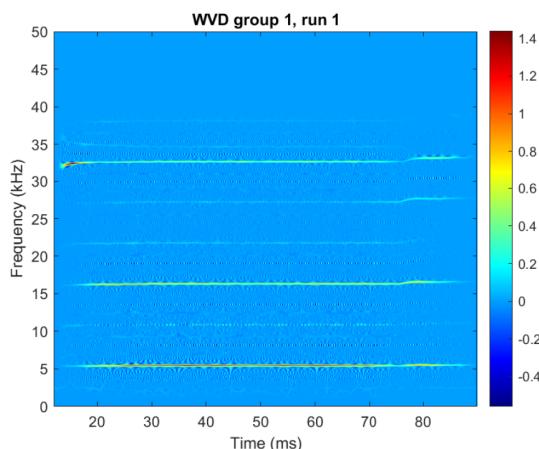


Figura 1: Distribuição Wigner-Ville de uma emissão acústica da fresa no caso 1, primeira passada

Na figura acima, as faixas destacadas na representação tempo-frequência do sinal representam as contribuições que cada faixa frequências possui no respectivo tempo, em ms, observado no eixo das abscissas. A coluna de cores à direita apresenta uma análise quantitativa da contribuição de cada frequência no espectro do sinal analisado.

## Conclusões

Com o estudo dos resultados apresentados, é possível concluir que a imagem produzida pela WVD do sinal apresentou pouco ruído e grande facilidade de identificação e interpretação dos padrões de desgaste da peça, na medida que as bandas dos componentes em frequência do

sinal e o seu comportamento ao longo do tempo se encontram bem destacadas na Figura 1.

Desta forma, as conclusões sobre a condição da ferramenta geradas a partir da WVD são de grande confiabilidade e geram expectativas positivas quanto ao emprego da ferramenta para a tomada de decisão neste processo industrial, podendo ser estendida, em estudos futuros, para o monitoramento de outros processos industriais e, inclusive, de processos de outras áreas do conhecimento.

## Reconhecimentos

Agradeço primeiramente à minha família, pois apenas com o seu apoio que tive a oportunidade de ingressar na universidade e realizar esta pesquisa. Agradeço também o auxílio e a orientação do professor Pedro de Oliveira Conceição Junior, e de todo o apoio emocional e científico prestado pelas minhas amizades durante o processo de pesquisa. Por fim, agradeço à instituição FAPESP pelo apoio financeiro à minha pesquisa com a bolsa de IC cedida ao processo de número 2023/02447-4.

## Referências

AGOGINO, A.; GOEBEL, K. Milling Data Set. NASA Prognostics Data Repository. BEST Lab, UC Berkeley, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA. 2007.

Sarkar, Prerna, and V Chilukuri. "Time-frequency analysis tool for Intelligent Condition Monitoring Diagnostics." 2022 International Conference for Advancement in Technology (ICONAT), 2022, <https://doi.org/10.1109/iconat53423.2022.9725824>.

Shair, Ezreen Farina, et al. "Time-frequency distribution of SEMG pattern recognition in reducing limb position invariant." 2020 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), 2021, <https://doi.org/10.1109/iecbes48179.2021.9398820>.