

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a) o texto completo desta Dissertação será disponibilizado somente a partir de 25/06/2021.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Bauru



**Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica**

*Laboratório de Aquisição de Dados e Processamento Digital de Sinais
Laboratório de Usinagem por Abrasão*

WENDERSON NASCIMENTO LOPES

**MÉTODO DE DETECÇÃO DE FALHAS EM REBOLOS DE ÓXIDO
DE ALUMÍNIO POR MEIO DE DIAFRAGMA PIEZELÉTRICO E
TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS**

**Bauru
2020**

WENDERSON NASCIMENTO LOPES

MÉTODO DE DETECÇÃO DE FALHAS EM REBOLOS DE ÓXIDO
DE ALUMÍNIO POR MEIO DE DIAFRAGMA PIEZELÉTRICO E
TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS

Tese apresentada à Faculdade
de Engenharia de Bauru/ FEB
da Universidade Estadual
Paulista "Júlio de Mesquita
Filho" - UNESP de Bauru,
para obtenção do título de
Doutor em Engenharia
Elétrica.

Área de concentração: Automação

Linha de pesquisa: Mecatrônica

Orientador: Prof. Titular Paulo Roberto de Aguiar

Coorientador: Prof. Fábio Romano Lofrano Dotto

Bauru
2020

Lopes, Wenderson Nascimento.

Método de detecção de falhas em rebolos de óxido de alumínio por meio de diafragma piezométrico e técnicas de processamento digital de / Wenderson Nascimento Lopes, 2020
129 f. il.

Orientador: Paulo Roberto de Aguiar
Coorientador: Fábio Romano Lofrano Dotto

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Engenharia, Bauru, 2020

1. Operação de dressagem. 2. Processamento digital de sinais. 3. Análise tempo-frequência. 4. Análise estatística. 5. Diafragma Piezométrico. 6. Monitoramento. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE WENDERSON NASCIMENTO LOPES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 25 dias do mês de junho do ano de 2020, às 14:00 horas, no(a) Via sistemas de videoconferência e outras ferramentas para comunicação a distância, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. PAULO ROBERTO DE AGUIAR - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. ALESSANDRO ROGER RODRIGUES do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Universidade de São Paulo / USP - São Carlos, Prof. Dr. ROSEMAR BATISTA DA SILVA do(a) Faculdade de Engenharia Mecânica / Universidade Federal de Uberlândia, Prof. Dr. FABRICIO GUIMARÃES BAPTISTA do(a) Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. PAULO SERGIO DA SILVA do(a) Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de WENDERSON NASCIMENTO LOPES, intitulada **MÉTODO DE DETECÇÃO DE FALHAS EM REBOLOS DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO POR MEIO DE DIAFRAGMA PIEZELÉTRICO E TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: **Aprovado** . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. PAULO ROBERTO DE AGUIAR

Prof. Dr. ALESSANDRO ROGER RODRIGUES

Prof. Dr. ROSEMAR BATISTA DA SILVA

Prof. Dr. FABRICIO GUIMARÃES BAPTISTA

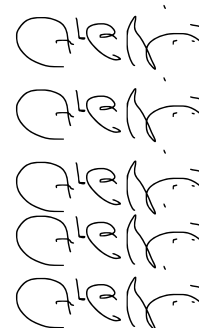
Prof. Dr. PAULO SERGIO DA SILVA

p/

p/

p/

p/



Dedico à minha família e amigos
que me apoiaram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Aquele que é digno de toda Honra e Glória. Obrigado Senhor meu Deus por sempre ouvir minhas orações, por me guiar, por iluminar os meus caminhos, a minha vida e a vida de meus amigos e familiares. Obrigado Pai Amado, obrigado por cuidar dos mínimos detalhes da minha jornada, confio em Ti para me guiar por toda a eternidade.

Agradeço profundamente à minha amada mãe Nilva Batista do Nascimento que sempre me incentivou a lutar por meus objetivos a seguir em frente de cabeça erguida, ao meu pai Raimundo Lino Lopes e aos demais membros de minha família que me motivaram a seguir em frente com os meus estudos.

Agradeço ao meu avô José Batista do Nascimento que sempre zelou por minha educação, intervindo em um dos momentos cruciais da minha vida, o qual considero como ponto inicial de partida para a minha jornada de estudos e superações.

Agradeço à minha amada esposa "Kamila de Mello Lopes" pelo apoio, companheirismo, paciência, carinho e incentivo que têm me dedicado durante essa jornada. E ainda, à minha filha Kayla Yannis de Mello Lopes Arraes, agradeço a Deus por sua existência, a sua presença em minha vida me torna um ser humano melhor, a cada dia que passo ao seu lado percebo que o significado para a palavra amor é infinito.

Ao meu orientador Professor Dr. Paulo Roberto de Aguiar e coorientador Fábio Romano Lofrano Dotto, agradeço pela oportunidade de orientação concedida a mim e, principalmente, pela amizade que levarei para toda a vida.

Ao Professor Dr. Eduardo Carlos Bianchi do Departamento de Engenharia Mecânica agradeço pela dedicação, disponibilidade, amizade e pela paciência que sempre teve para sanar as minhas dúvidas quanto aos processos mecânicos incorporados nesta pesquisa.

Ao meu bom amigo Danilo Marcus por toda a sua paciência, pelo precioso tempo e conhecimento que tem me concedido ao longo dos anos. Durante esse tempo, os momentos de aprendizado foram muitos, por isso, e principalmente pela amizade, eu deixo aqui registrado o meu agradecimento.

Agradeço ao Professor Breno Ortega Fernandez, um grande amigo que sempre me aconselhou. Os vossos conselhos e apoio ao longo dessa jornada, foi simplesmente fantástico.

Ao meu amigo Felipe Aparecido Alexandre (em memória) agradeço o apoio que sempre me deu e por ter sido um amigo

fiel para todas as horas e momentos. Você partiu deste mundo terreno, mas estará sempre em meu coração e no coração daqueles que sempre o apreciaram. Saudade Eterna!!!

Aos meus amigos Martin Aulestia Vieira, Pedro Oliveira Conceição Júnior e aos demais membros do Laboratório de Aquisição de Dados e Processamento Digital de Sinais, comandado pelo Prof. Dr. Paulo Roberto de Aguiar, agradeço por todo o apoio, parceria e amizade.

Ao amigo José Cláudio Lopes do Laboratório de Usinagem por Abrasão, agradeço imensamente pela ajuda e dedicação durante os ensaios experimentais.

Aos meus amigos do Laboratório de Qualidade de Energia Marco Aurélio, José Vital Ferraz Leão, Wallace Gabriel e ao Prof. Dr. André Luiz Andreoli, agradeço por todo o apoio e amizade.

Aos meus amigos do Laboratório de Transdutores e Aquisição de Dados Everaldo de Freitas, Danilo Budoya, Ricardo Zanne, Leandro Campeiro, Bruno Albuquerque e ao Prof. Dr. Fabrício Guimarães Batista, agradeço a parceria e amizade.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) por me conceder a oportunidade de dar continuidade e fechamento ao meu Doutorado.

"Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ONTEM e o outro se chama AMANHÃ, portanto, HOJE é o dia certo para AMAR, ACREDITAR, FAZER e, principalmente, VIVER"
- **Dalai Lama**

RESUMO

A dressagem é uma operação importante para o desempenho do processo de retificação. Em alguns casos, essa operação depende, exclusivamente, da experiência de um operador humano. Determinar o momento ótimo para a interromper a operação de dressagem, garantindo a correção de falhas na superfície de corte do rebolo, é o maior obstáculo enfrentado pelo operador. Por isso, o desenvolvimento de novos métodos que possibilitem a implementação de um sistema de monitoramento em tempo real se faz necessário para auxiliar o operador na tomada de decisão, garantir a qualidade, otimizar o processo e reduzir os custos de fabricação. Nesse contexto, foi proposto um novo método para quantificar a regularidade e prevenir falhas na superfície de corte de rebolos convencionais de óxido de alumínio no decorrer da operação de dressagem. O método foi baseado no diafragma piezelétrico de baixo custo, na análise tempo-frequência e em parâmetros estatísticos. Empregando um dressador de ponta única, ensaios de dressagem foram realizados em três rebolos de óxido de alumínio estruturalmente distintos. Os sinais gerados por um emissão acústica (EA) e por um diafragma piezelétrico foram coletados e posteriormente processados aplicando o método proposto. Em diferentes condições de dressagem, os resultados mostraram a eficiência e a robustez do método proposto para quantificar a regularidade e prevenir falhas na superfície de corte de rebolos de óxido de alumínio estruturalmente distintos. Por fim, em todos os ensaios experimentais, os resultados obtidos para o diafragma piezelétrico indicaram uma forte correlação com os resultados obtidos para o sensor de EA, que já é consolidado para o monitoramento de processos de usinagem. Portanto, o diafragma piezelétrico pode ser considerado como uma alternativa de baixo custo para o monitoramento da superfície de corte de rebolos de óxido de alumínio durante a operação de dressagem usando o método proposto, contribuindo principalmente para a otimização do processo de retificação.

Palavras Chave: Operação de dressagem, processamento digital de sinais, análise tempo-frequência, análise estatística, diafragma piezelétrico, emissão acústica, monitoramento.

ABSTRACT

The dressing is an important operation for the grinding process performance. In some cases, this operation depends exclusively on the experience of a human operator. Determining the optimal time for the dressing operation stopping, ensuring fault correction on the cutting surface of the grinding wheel, is a great challenge faced by the operator. For this reason, the development of new methods that enable the implementation of a real-time monitoring system is necessary to assist the operator in the right decision making, guarantee the quality, optimize the process and reduce manufacturing costs. In this context, a new method was proposed in order to quantify the regularity and prevent flaws on the cutting surface of aluminum oxide grinding wheels during the dressing operation. The method was based on the low-cost piezoelectric diaphragm, time-frequency analysis, and statistical parameters. Dressings tests were carried out on three structurally distinct aluminum oxide grinding wheels using a single-point dresser. The signals generated by acoustic emission sensors and piezoelectric diaphragm were collected and later processed using the proposed method. In different dressing conditions, the results showed the efficiency and robustness of the proposed method to regularity quantify and prevent flaws in the cut surface of the structurally distinct grinding wheel of aluminum oxide. Finally, the obtained results for the piezoelectric diaphragm showed a strong correlation with the AE sensor results for every experimental test, which is a traditional sensor widely used in the monitoring of machining processes. Therefore, the piezoelectric diaphragm considered can be a low-cost alternative for monitoring the cutting surface of aluminum oxide grinding wheels during the dressing operation using the proposed method, mainly contributing to the optimization of the grinding process.

Keywords: Dressing operation, digital signal processing, time-frequency analysis, statistical analysis, piezoelectric diaphragm, acoustic emission, monitoring.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xiii
LISTA DE TABELAS	xvi
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	xvii
Capítulo 1 - INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	19
Capítulo 2 - ESTADO DA ARTE	23
2.1. Processo de Retificação Tangencial Plana	23
2.1.1 <i>Especificação dos rebolos convencionais</i>	26
2.1.2 <i>Alteração na Superfície de corte do rebolo</i>	28
2.2. Operação de Dressagem de Rebolos Convencionais	29
2.2.1. <i>Passo de dressagem</i>	32
2.2.2. <i>Grau de recobrimento</i>	32
2.2.3. <i>Agressividade do Rebolo</i>	33
2.3. Trabalhos Relacionados ao Monitoramento do Rebolo	34
2.4. Sensores Aplicados ao Monitoramento Indireto	37
2.4.1. <i>Sensor de Emissão Acústica</i>	38
2.4.2. <i>Diafragma Piezelétrico de baixo custo</i>	39
2.5. Ferramentas para o Processamento Digital de Sinais	41
2.5.1. <i>Análise no Domínio da Frequência</i>	42
2.5.2. <i>Análise no Domínio Tempo-Frequência</i>	43
2.5.3. <i>Relação de Potência - ROP</i>	44
2.5.4. <i>Coeficiente de Correlação de Pearson e de Determinação</i>	46
Capítulo 3 - MATERIAL E MÉTODOS	48
3.1. Material e Equipamentos: Ensaios preliminares	50
3.1.1 <i>Aferição da Agressividade</i>	51
3.2. Ensaios Definitivos: Empastamento e Dressagem dos Rebolos	52
3.2.1. <i>Volume de Material Removido do Rebolo</i>	56
3.3. Processamento Digital dos Sinais de EA e PZT	57
3.3.1 <i>Reamostragem dos Sinais de EA e PZT</i>	57
3.3.2. <i>Obtenção dos Espectrogramas da STFT</i>	58
3.3.3. <i>Relação de Potência de Tempo-Frequência</i>	60
3.3.4. <i>Relação de Potência de Tempo-Frequência Cumulativa</i> <i>Normalizada</i>	65
3.3.5. <i>Fator de Forma do Rebolo - WSF</i>	67
3.3.6. <i>Coeficiente de Correlação entre Curvas</i>	70

3.4. Ensaio de Verificação do Método	71
Capítulo 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
4.1. Resultados Obtidos para o Rebolo R100: 38A.100.LVH	73
4.1.1. Agressividade do Rebolo em Função do Volume de Material Removido.....	73
4.1.2. Análise do Conteúdo Harmônico dos Sinais Originais de EA e PZT.....	75
4.1.3. Sinais Originais de EA e PZT Reamostrados	77
4.1.4. Análise Tempo-Frequências dos Sinais de EA e PZT Reamostrados.....	79
4.1.5. ROP_{STFT} Normalizada/Cumulativa dos Sinais de EA e PZT Reamostrados.....	83
4.1.6. Fator de Forma do Rebolo - WSF	87
4.2. Resultados Obtidos para o Rebolo R150: 38A.150.LVH	88
4.2.1. Agressividade do Rebolo em Função do Volume de Material Removido.....	89
4.2.2. Análise do Conteúdo Harmônico dos Sinais Originais de EA e PZT.....	90
4.2.3. Sinais originais de EA e PZT Reamostrados	92
4.2.4. Análise Tempo-Frequências dos Sinais de EA e PZT Reamostrados.....	93
4.2.5. ROP_{STFT} Normalizada/Cumulativa dos Sinais de EA e PZT Reamostrados.....	96
4.2.6. Fator de Forma do Rebolo - WSF	99
4.3. Verificação do Método	101
Capítulo 5 - CONCLUSÃO.....	108
5.1. Sugestões para Trabalhos Futuros	109
REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICES.....	127
Apêndice A	127
Produção Científica Relacionada com a Área de desenvolvimento da Tese.....	127

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Elementos de um sistema básico de retificação de superfície plana adaptado de (MALKIN; GUO, 2008; MARINESCU et al., 2016; ROWE, W BRIAN, 2014)	24
Figura 2.	Especificação de rebolos com abrasivos convencionais: adaptado de (MALKIN; GUO, 2008; MARINESCU et al., 2016; ROWE, W BRIAN, 2014)	27
Figura 3.	(a) principais parâmetros envolvidos da operação de dressagem adaptado e (b) macroefeito de dressagem adaptado de (MALKIN; GUO, 2008; MARINESCU et al., 2016; ROWE, W BRIAN, 2014)	30
Figura 4.	Medição de agressividade: (a) sistema para a medição de agressividade e (b) são as curvas usadas para cálculo de agressividade do rebolo (BIANCHI et al., 2011)	33
Figura 5.	Monitoramento via técnica de EA adaptado de (GROSSE; OHTSU, 2008)	39
Figura 6.	Diafragmas piezoelétricos da empresa Murata (SILVA DE FREITAS; GUIMARÃES BAPTISTA, 2016)	41
Figura 7.	Fluxograma que descreve a síntese da metodologia empregada e dos resultados obtidos nesta pesquisa	49
Figura 8.	Esquemático do banco de ensaios.....	50
Figura 9.	Banco de ensaios usado para mensurar a agressividade dos rebolos: (a) sensor de deslocamento e (b) registrador eletrônico	51
Figura 10.	Aferição da largura de atuação do dressador.....	54
Figura 11.	Fluxograma simplificado do procedimento executado para obter o fator de forma do rebolo	57
Figura 12.	Algoritmo proposto para ajustar o comprimento da janela usada para computar a STFT	59
Figura 13.	Seleção automática da faixa de frequências n_1 (início da faixa) até n_2 (fim da faixa).....	63
Figura 14.	Obtenção dos vetores ROP_{STFT} a partir dos coeficientes da STFT	63
Figura 15.	Espectrograma dos ensaios preliminares de dressagem	64
Figura 16.	Vetores ROP_{STFT} obtidos para os espectrogramas da Figura 15	64
Figura 17.	Vetores ROP_{STFT} (a) e vetores ROP_{STFT} normalizados (b)	66
Figura 18.	Somatório cumulativo dos vetores ROP_{NC} mostrados na Figura 16 e do vetor DC de referência	67
Figura 19.	Parâmetro WSF: limites críticos.....	70

Figura 20.	Agressividade do rebolo para os conjuntos de ensaios: R100A, R100B e R100C	74
Figura 21.	Conteúdo harmônico dos sinais de EA e PZT para o rebolo R100	76
Figura 22.	Sinais de EA coletados nos ensaios de dressagem realizados no rebolo R100	78
Figura 23.	Sinais PZT coletados nos ensaios de dressagem realizados no rebolo R100	78
Figura 24.	Imagens da superfície de corte do rebolo R100 antes de iniciar o ensaio de dressagem e após finalização do ensaio de dressagem	80
Figura 25.	Espectrogramas dos sinais de EA para os conjuntos de ensaios R100A, R100B e R100C	81
Figura 26.	Espectrograma dos sinais PZT para os conjuntos de ensaios R100A, R100B e R100C	82
Figura 27.	ROP_{STFT} dos sinais de EA coletados nos ensaios de dressagem realizados no rebolo R100	84
Figura 28.	ROP_{STFT} dos sinais PZT coletados nos ensaios de dressagem realizados no rebolo R100	85
Figura 29.	Fator de forma do rebolo R100 para os sinais de EA e PZT dos conjuntos de ensaios R100A, R100B e R100C	87
Figura 30.	Agressividade do rebolo R150 para os conjuntos de ensaios: R150A, R150B e R150C	90
Figura 31.	Conteúdo harmônico dos sinais originais de EA e PZT para o rebolo R150	91
Figura 32.	Sinais de EA coletados nos ensaios de dressagem realizados no rebolo R150	92
Figura 33.	Sinais PZT coletados nos ensaios de dressagem realizados no rebolo R150	93
Figura 34.	Imagens da superfície de corte do rebolo R100 antes de iniciar o ensaio de dressagem e após a finalização do ensaio de dressagem	94
Figura 35.	Espectrograma dos sinais de EA para os conjuntos de ensaios R150A, R150B e R150C	95
Figura 36.	Espectrograma dos sinais PZT para os conjuntos de ensaios R150A, R150B e R150C	96
Figura 37.	ROP_{STFT} dos sinais de EA coletados nos ensaios de dressagem realizados no rebolo R150	97
Figura 38.	ROP_{STFT} dos sinais PZT coletados nos ensaios de dressagem realizados no rebolo R150	98
Figura 39.	Fator de forma do rebolo R150 para os sinais de EA e PZT dos conjuntos de ensaios R150A, R150B e R150C	100

Figura 40. Conteúdo harmônico dos (a) sinais de EA e (b) PZT coletados no ensaio de dressagem do rebolo R100	102
Figura 41. Sinais de EA e PZT após a reamostragem digital	103
Figura 42. Sinais de EA e PZT reamostrados e seus respectivos espectrogramas	104
Figura 43. ROP_{STFT} dos sinais de EA e PZT coletados no ensaio de dressagem realizado rebolo R150.6	105
Figura 44. Fator de forma do rebolo R150.6 calculado a partir dos sinais de EA e PZT	106
Figura 45. Síntese da produção científica.....	127

LISTA DE TABELAS

Tabela I.	Parâmetros dos Ensaios de Dressagem do Bloco A....	53
Tabela II.	Parâmetros dos Ensaios de Dressagem do Bloco B....	53
Tabela III.	Parâmetros dos Ensaios de Dressagem para a Verificação do Método	71

LISTA DE ABREVIações E SÍMBOLOS

AA	Óxido de alumínio branco
ACO	Otimização de colônias de formigas
ANSI	<i>American National Standards Institution</i>
AR	Modelagem autorregressiva
B	Ligante resinoide
BF	Ligante resinoide reforçado
C	Carboneto de silício
DFT	Transformada Discreta de Fourier (<i>Discret Fourier Transform</i>)
DA	Óxido de alumínio cinza ou marrom
DR	Óxido de alumínio rosa
EA	Emissão acústica (<i>Acoustic Emission</i>)
EMI	Método da impedância eletromecânica
FEPA	<i>Federation of European Producers of Abrasives</i>
FFT	Transformada Rápida de Fourier (<i>Fast Fourier Transform</i>)
NDT	Teste não destrutivo
P_d	Número de passes de dressagem
PSD	Densidade Espectral de Potência (<i>Power Spectral Density</i>)
PZT	Diafragma piezelétrico de baixo custo
r	Coefficiente de correlação de Pearson
r^2	Coefficiente de determinação
R	Ligante de borracha
RF	Ligante de borracha reforçada
RFC	Reta de referência
R100	Rebolo com granulometria 100 mesh e porosidade (estrutura) de número 0(zero) na escala de 0 a 16
R150	Rebolo com granulometria 150 mesh e porosidade (estrutura) de número 0(zero) na escala de 0 a 16
R150.6	Rebolo com granulometria 150 mesh e porosidade (estrutura) de número 6 na escala de 0 a 16
ROP	Relação de Potência (<i>Ratio of power</i>)
ROP_{STFT}	Relação de Potência de Tempo-Frequência

xviii

ROP _N	Relação de Potência de Tempo-Frequência Normalizada
ROP _{NC}	Relação de Potência de Tempo-Frequência Normalizada de Valores Cumulativos
RPM	Rotação por minuto
S	Ligante silicoso
SG	Óxido de alumínio cerâmico Seed Gel
STFT	Transformada de Fourier de Tempo Curto (<i>Short Time Fourier Transform</i>)
TCM	Monitoramento da condição da ferramenta
U _d	Grau de recobrimento de dressagem
V	Ligante vitrificado
VMR	Volume de material removido do rebolo ao longo da operação de dressagem
WSF	Fator de Forma do Rebolo
ZS	Óxido de alumínio zirconado
a _e	Penetração de trabalho de retificação [μm]
a _d	Profundidade de dressagem [μm]
b _d	Largura de atuação do dressador [mm]
d _s	Diâmetro externo do Rebolo [mm]
F _a	Força axil de retificação [N]
F _n	Força normal de retificação [N]
F _N	Força normal aplicada na balança de medição agressividade dos rebolos [N]
F _s	Frequência de Amostragem [Hz]
F _t	Força tangencial de retificação [N]
N _s	Rotação do eixo em que o rebolo está acoplado [RPM]
K	Agressividade do Rebolo [mm^3/Ns]
S _d	Passo de dressagem [mm]
t _d	Tempo de Dressagem [s]
v _d	Velocidade de dressagem [m/s]
v _s	Velocidade de corte do rebolo [m/s]
V _w	Velocidade da peça [m/min]
W _t	Ondulação Teórica (macroefeito de dressagem) [mm]

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O surgimento de novas tecnologias possibilita a otimização de processos de manufatura com maior confiabilidade, necessitando cada vez menos da interferência humana. Os componentes metalúrgicos e mecânicos manufaturados, geralmente, são submetidos a vários processos de usinagem, dentre eles: a furação, o torneamento, o fresamento, a retificação e outros. Nesse contexto, o monitoramento da condição da ferramenta (do inglês, *Tool Condition Monitoring* - TCM) é um aspecto muito importante para a otimização do processo de retificação, comumente utilizado no final da cadeia de usinagem (DURGUMAHANTI; VIJAYENDER; VENKATESWARA, 2010; MALKIN; GUO, 2008; NAKAI, M E et al., 2015). O propósito da retificação é garantir, no decorrer da usinagem, a melhor qualidade de superfície e tolerâncias geométricas e dimensionais rigorosas à peça (D'ADDONA et al., 2016, 2017; JIANG et al., 2013; NGUYEN; BUTLER, 2008; PUERTO et al., 2013; WEGENER et al., 2011). A preparação do rebolo é o fator mais importante para o desempenho do processo de retificação e influencia as forças de retificação, a taxa de remoção de material e a qualidade da superfície da peça. O principal método usado para preparar o rebolo é chamado de operação de dressagem.

Durante a vida útil do rebolo, isto é, antes de descartá-lo ou substituí-lo, várias operações de dressagem são realizadas para uniformizar a sua superfície de corte, remover cavacos (limpando os poros) e grãos abrasivos gastos e, ainda, restabelecer a sua agressividade (ROWE, W BRIAN, 2014). A operação de dressagem é essencial para a correção de falhas ocasionadas na superfície de corte do rebolo e para garantir a qualidade da superfície de peças submetidas ao processo de retificação (CHEN; LIMCHIMCHOL, 2006). Por isso, pesquisadores da área mantêm o slogan: "retificação é dressagem" (DENG; XU, 2019; WEGENER et al., 2011). Durante o processo de retificação, as principais falhas ocasionadas no rebolo devido ao desgaste da sua camada abrasiva são: (i) a excentricidade, (ii) a conicidade e (iii) irregularidades na superfície de corte do rebolo, causada devido ao desgaste da camada abrasiva (grãos, poros e ligante). Essas falhas são corrigidas pela operação de dressagem, entretanto, existem outras falhas que não podem ser corrigidas apenas

dressando o rebolo, tais como: o desbalanceamento e empeno, mais comuns em rebolos convencionais.

O monitoramento da superfície de corte do rebolo durante a operação de dressagem é um tópico científico de grande interesse acadêmico e industrial. Pesquisas direcionadas ao monitoramento do rebolo visam tanto a otimização do processo de retificação quanto a redução de custos de fabricação. Nesse contexto, desde 1984 sensores de emissão acústica têm sido empregados para o monitoramento indireto de rebolos convencionais tanto durante o processo de retificação (para evitar que danos sejam ocasionados a peça) quanto ao longo da operação de dressagem, a fim de assegurar que o rebolo esteja adequado para o uso no processo de retificação (ALEXANDRE et al., 2018; BADGER; MURPHY; O'DONNELL, 2018; DE OLIVEIRA, J.F. GOMES; DORNFELD, 2001; DING et al., 2019; DORNFELD, D.; CAI, 1984; INASAKI; OKAMURA, 1985; LOPES et al., 2017; MIRANDA et al., 2015; MOIA et al., 2015). Além dos sensores de EA, outro sensor empregado para o monitoramento da operação de dressagem foi o diafragma piezométrico de baixo custo. Esse sensor foi usado por Dotto et al. (2019) para obter imagens acústicas da superfície de corte de um rebolo convencional de óxido de alumínio. No entanto, sem a preocupação de observar de que modo as frequências dos sinais gerados pelo diafragma piezométrico estão distribuídas no tempo, e ainda, qual a relação desse conteúdo espectral com algumas características do rebolo, tais como: a regularidade da sua superfície de corte e sua condição de afiação.

Diferente do trabalho de Dotto et al. (2019), o objetivo desta pesquisa é propor um método baseado em análise tempo-frequência e em parâmetros estatísticos para quantificar a regularidade e prevenir falhas na superfície de corte de rebolos convencionais de óxido de alumínio no decorrer da operação de dressagem usando dressador de ponta única e diafragma piezométrico de baixo custo. Até o presente momento, nenhuma menção foi relatada na literatura sobre o uso do diafragma piezométrico para prevenir falhas em rebolos convencionais a partir do monitoramento da regularidade da sua superfície de corte no decorrer da operação de dressagem. Neste trabalho, as falhas investigadas referem-se à excentricidade, conicidade e irregularidade da superfície de corte do rebolo. Essas falhas são ocasionadas nos rebolos

tanto no seu processo de fabricação quanto no seu uso durante o processo de retificação.

Nesta pesquisa, o diafragma piezoeletrico é usado na forma passiva para a detecção de ondas elásticas transitórias relacionadas às falhas dos rebolos de óxido de alumínio. Ensaios de dressagem foram realizados e os sinais gerados pelo sensor de EA e pelo diafragma piezoeletrico foram coletados e, em seguida, processados. Com vista a medir a confiabilidade e robustez dos resultados obtidos para o diafragma piezoeletrico, esses são comparados com os resultados obtidos para o sensor de EA, o qual é comumente utilizado para o monitoramento do processo de retificação. Os sinais do diafragma piezoeletrico fornecem diversas informações sobre as falhas características dos rebolos: excentricidade, irregularidade e conicidade da superfície de corte. A análise no domínio tempo-frequência é aplicada para a extração de informações relacionadas às falhas ocasionadas na superfície de corte do rebolo. Além disso, são usadas outras técnicas de processamento digital de sinais auxiliadas por parâmetros estatísticos com vista a tornar o método de prevenção de falhas mais robusto e confiável.

A presente pesquisa se difere de outras nos seguintes aspectos: (i) Nenhuma menção foi relatada na literatura sobre métodos generalizados para o monitoramento da operação de dressagem de rebolos convencionais. Isso se deve principalmente à complexidade dessa ferramenta de retificação: diversos tamanhos, formas e tipos de grãos abrasivos, diversos tipos de ligantes, variação de porosidade e de dureza, entre outras características; (ii) A utilização do diafragma piezoeletrico para o monitoramento da regularidade da superfície de corte de rebolos com vista a prevenir falhas na operação de dressagem ainda não foi relatado na literatura; (iii) A análise tempo-frequência de sinais gerados com o diafragma piezoeletrico e com sensor de emissão acústica (EA) ainda não foi alvo de pesquisas para monitorar e prevenir falhas em rebolos convencionais no decorrer da operação de dressagem. Esse tipo de análise possui potencial para a identificação dos padrões espectrais característicos dessa operação com vista a desenvolver novas metodologias de monitoramento e, assim, contribuir para a otimização do processo de retificação; (iv) A estatística relação de potência (do inglês, *ratio of power* - ROP), aliada a análise tempo-frequência de sinais de EA e do diafragma

piezométrico, ainda não foi aplicada para o monitoramento e/ou prevenção de falhas em rebolos convencionais no decorrer da operação de dressagem; (v) Ademais, o método baseado em análise tempo-frequência e em parâmetros estatísticos para quantificar a regularidade e prevenir falhas em rebolos convencionais no decorrer da operação de dressagem é inédito tanto no uso de sinais oriundos de sensores de emissão acústica quanto para o uso de sinais advindos de diafragmas piezométricos; (vi) Por fim, a aplicação de funções cumulativas por meio de variações da estatística relação de potência (ROP) distingue este trabalho de outros constantes na literatura.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

O processamento digital dos sinais de EA e PZT usando a STFT, a estatística relação de potência e correlação entre curvas, viabilizou a extração de informações características da dressagem. A partir do espectrograma da STFT foi possível observar que o conteúdo harmônico dos sinais de EA e PZT apresentam níveis de amplitude uniformes ao longo do tempo quando o rebolo se encontra com sua superfície de corte regular, isto é, o conteúdo harmônico característico da operação de dressagem se encontra presente em todos os instantes de tempo. Esse comportamento foi observado tanto nos sinais de EA quanto nos sinais PZT coletados a partir da operação de dressagem dos rebolos. Isso significa que esse comportamento é um aspecto característico do conteúdo harmônico gerado por meio da operação de dressagem de rebolos de óxido de alumínio com dressador de ponta única.

A partir do espectrograma da STFT também foi possível obter uma relação de potência considerando tanto as informações contidas no domínio do tempo quanto as contidas no domínio da frequência. O resultado desse processo foi uma relação de potência de tempo-frequência (ROP_{STFT}), que carrega informações de falhas (excentricidade, conicidade e desgaste da camada abrasiva do rebolo) ocasionadas na superfície de corte do rebolo no seu processo de fabricação e devido ao uso no processo de retificação. Isso possibilitou o desenvolvimento do parâmetro WSF que apresenta valores entre 0 e 1 para indicar a regularidade da superfície de corte do rebolo. Valores do WSF abaixo de 0,95 ou 95%, indicam falhas na superfície de corte do rebolo, o que inviabiliza o seu uso no processo de retificação. Por outro lado, valores do WSF igual ou superior a 95%, indicam que a superfície de corte do rebolo se encontra sem falhas: rebolo condicionado para o uso no processo de retificação. Isso significa que o parâmetro WSF demonstrou ser eficiente para quantificar a regularidade da topográfica de corte de rebolos convencionais de óxido de alumínio durante a operação de dressagem e, ainda, para prevenir falhas no decorrer dessa operação, garantindo que o rebolo esteja adequado para o uso na retificação.

A partir dos sinais elétricos obtidos durante a operação de dressagem por meio do sensor PZT, o parâmetro WSF pode ser usado no futuro para o desenvolvimento de um sistema de

monitoramento indireto de baixo custo, robusto e confiável que seja capaz de definir o momento adequado para interromper a operação de dressagem. Vale salientar que o uso de diafragmas piezelétricos no sensoriamento de processos como a dressagem representa o rompimento de uma barreira tecnológica, até o momento, pouco explorada pela comunidade científica.

O método proposto apresentou resultados eficientes e robustos na quantificação da regularidade da superfície de corte de rebolos estruturalmente distintos e em diferentes condições de dressagem. Assim, estudos futuros poderão demonstrar a generalização do método tanto para rebolos convencionais quanto para rebolos superabrasivos. Outro ponto de extrema importância a ser considerado é que a aplicação da metodologia desenvolvida apresentou resultados satisfatórios para diferentes rebolos, sem a necessidade de ajustes nos algoritmos ou modelos matemáticos, o que atende aos requisitos necessários para que a técnica seja empregada no chão de fábrica, sem a interferência ou análise de operadores experientes.

5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ❖ Verificar do método apresentado em rebolos convencionais com estruturas diferentes das utilizadas nesta pesquisa (Tipo Grãos, Granulometria, Dureza e porosidade) e comparar com os diversos parâmetros envolvidos no processo;
- ❖ Investigar o método quanto a sua aplicação em rebolo convencionais usando dressadores conglomerados, rotativos e outros;
- ❖ Investigar o método quanto a sua aplicação em rebolo superabrasivos com estruturas distintas usando dressadores conglomerado, rotativo e outros;

REFERÊNCIAS

- A, E. S. S.; PANDE, S. J.; LAL, G. K. Evaluation of grinding wheel surface by means of grinding sound discrimination. . [S.l: s.n.]. , 1980
- AGARWAL, S. Optimizing machining parameters to combine high productivity with high surface integrity in grinding silicon carbide ceramics. *Ceramics International*, v. 42, n. 5, p. 6244-6262, 2016.
- AGUIAR, P. R. et al. Monitoring the dressing operation in the grinding process. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, v. 5, n. 1, p. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.inderscience.com/link.php?id=23110>>.
- ALBUQUERQUE CASTRO, B. et al. A low cost system for acoustic monitoring of partial discharge in power transformer by Piezoelectric Sensor. *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, n. 7, p. 3225-3231, jul. 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7587624/>>.
- ALEXANDRE, FELIPE A. et al. A Novel Ultrasound Technique Based on Piezoelectric Diaphragms Applied to Material Removal Monitoring in the Grinding Process. *Sensors*, v. 19, n. 18, p. 3932, 12 set. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/18/3932>>.
- ALEXANDRE, FELIPE APARECIDO et al. Tool Condition Monitoring of Aluminum Oxide Grinding Wheel using AE and Fuzzy Model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018.
- ALMEIDA, VINICIUS A. D.; MENDES, L. C.; BAPTISTA, F. G. Detecção de dano baseada na impedância E/M com transdutores piezelétricos de baixo custo. XX Congresso Brasileiro de Automática, 2014.
- ANH TUNG, L. et al. Optimization of dressing parameters of grinding wheel for 9CrSi tool steel using the taguchi method with grey relational analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 635, p. 012030, 28 out. 2019. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/635/1/012030>>.
- AULESTIA VIERA, M. A. et al. A Time-Frequency Acoustic Emission-Based Technique to Assess Workpiece Surface Quality in Ceramic Grinding with PZT Transducer. *Sensors*, v. 19, n. 18, p. 3913, 11 set. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/18/3913>>.
- BACCAR, D.; SÖFFKER, D. Wear detection by means of wavelet-based acoustic emission analysis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 60, p. 198-207, 2015.
- BADGER, J.; MURPHY, S.; O'DONNELL, G. E. Acoustic emission in dressing of grinding wheels: AE intensity, dressing energy, and quantification of dressing sharpness and increase in diamond wear-flat size. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 125, p. 11-19, fev. 2018. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089069551730161X>>.
- BALES, G. et al. Recognizing Gaze-Motor Behavioral Patterns in Manual Grinding Tasks. *Procedia Manufacturing*, v. 5, p. 106-121, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978916300117>>.
- BARBÉ, K.; PINTELON, R.; SCHOUKENS, J. Welch method revisited: Nonparametric power spectrum estimation via circular overlap. *IEEE Transactions on Signal Processing*, v. 58, n. 2, p. 553-565, 2010.

BHUIYAN, M. S. H.; CHOUDHURY, I. A. Review of Sensor Applications in Tool Condition Monitoring in Machining. *Comprehensive Materials Processing*. [S.l.]: Elsevier, 2014. p. 539-569. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780080965321013303>>.

BIANCHI, E. C. et al. Estudo comparativo entre a agressividade superficial obtida na retificação com rebolos de óxido de alumínio e CBN, fabricados com ligantes resinóide e vitrificado. *Cerâmica*, v. 57, n. 344, p. 431-437, dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132011000400010&lng=pt&tln=pt>.

BRATAN, S.; ROSHCHUPKIN, S.; NOVIKOV, P. Modeling the Grinding Wheel Working Surface State. *Procedia Engineering*, v. 206, p. 1419-1425, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705817353407>>.

CARPINTERI, A.; LACIDOGNA, G.; PUGNO, N. Structural damage diagnosis and life-time assessment by acoustic emission monitoring. *Engineering Fracture Mechanics*, v. 74, n. 1-2, p. 273-289, jan. 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013794406000622>>.

CHEN, X.; LIMCHIMCHOL, T. Monitoring grinding wheel redress-life using support vector machines. *International Journal of Automation and Computing*, v. 3, n. 1, p. 56-62, jan. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11633-006-0056-2>>.

COELHO, R. T. Estudo Experimental da Profundidade de Dressagem de Rebolos na Retificação de Precisão Usando Método do Disco Retificado. 1991. 94 f. Universidade de São Paulo (USP) - Escola de Engenharia de São Carlos, 1991.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed ed. [S.l.]: Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1988.

D'ADDONA, D. M. et al. Neural Networks Tool Condition Monitoring in Single-point Dressing Operations. *Procedia CIRP*, v. 41, p. 431-436, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.001>>.

D'ADDONA, D. M. et al. Prediction of Dressing in Grinding Operation via Neural Networks. *Procedia CIRP*, v. 62, p. 305-310, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.043>>.

DE ALMEIDA, VINICIUS AUGUSTO DARE; BAPTISTA, F. G.; DE AGUIAR, P. R. Piezoelectric transducers assessed by the pencil lead break for impedance-based structural health monitoring. *IEEE Sensors Journal*, v. 15, n. 2, p. 693-702, 2015.

DE OLIVEIRA, J. F. G. et al. Grinding Process Dominance by Means of the Dressing Operation. *Proceedings of the Twenty-Ninth International Matador Conference*. London: Macmillan Education UK, 1992. p. 547-550. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-349-12433-6_72>.

DE OLIVEIRA, J.F. GOMES; DORNFELD, D. A. Application of AE Contact Sensing in Reliable Grinding Monitoring. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 50, n. 1, p. 217-220, 2001. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850607621088>>.

DE OLIVEIRA, JOÃO F. GOMES; DORNFELD, D. A. Dimensional Characterization of Grinding Wheel Surface through Acoustic Emission. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 43, n. 1, p. 291-294, 1994. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850607622161>>.

DENG, H.; XU, Z. Dressing methods of superabrasive grinding wheels: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, v. 45, p. 46-69, set. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1526612519301835>>.

DENKENA, B. et al. Suitability of integrated sensors for the determination of chatter characteristics in a cylindrical grinding machine. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 102, n. 5-8, p. 2339-2344, 1 jun. 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-019-03323-y>>.

DING, N. et al. Experimental Study on the Relationship Between Acoustic Emission Signal and Grinding Wheel Wear. dez. 2019, [S.l.]: IEEE, dez. 2019. p. 2699-2703. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8997572/>>.

DORNFELD, D. Application of acoustic emission techniques in manufacturing. *NDT & E International*, v. 27, n. 4, p. 210, 1994.

DORNFELD, D. A.; DEVRIES, M. F. Neural Network Sensor Fusion for Tool Condition Monitoring. *CIRP Annals*, v. 39, n. 1, p. 101-105, 1990. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850607610129>>.

DORNFELD, D.; CAI, H. G. An Investigation of Grinding and Wheel Loading Using Acoustic Emission. *Journal of Engineering for Industry*, v. 106, n. 1, p. 28-33, 1 fev. 1984. Disponível em: <<https://asmedigitalcollection.asme.org/manufacturingscience/article/106/1/28/392628/An-Investigation-of-Grinding-and-Wheel-Loading>>.

DOTTO, F. R. L. et al. In-Dressing Acoustic Map by Low-cost Piezoelectric Transducer. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, p. 1-1, 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8835102/>>.

DURGUMAHANTI, U. S. P.; VIJAYENDER, P. S.; VENKATESWARA, R. A New Model of Grinding Force Prediction and Analysis. *International Journal of Machina Tools & Manufacture*, v. 50, p. 231-240, 2010.

EATON, M. et al. Characterisation of Damage in Composite Structures using Acoustic Emission. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 305, p. 012086, 19 jul. 2011. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1742-6596/305/i=1/a=012086?key=crossref.b02a79e80d0bc2893a7b590ed96b542c>>.

FERREIRA, F. I. et al. Inferential measurement of the dresser width for the grinding process automation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 100, n. 9-12, p. 3055-3066, 24 fev. 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-018-2869-x>>.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. DA S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson. *Revista Política Hoje*, v. 18, 2009.

FURUTANI, K. et al. In-process measurement of topography change of grinding wheel by using hydrodynamic pressure. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 42, n. 13, p. 1447-1453, out. 2002. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0890695502000731>>.

GARRIDO, M. The Feedforward Short-Time Fourier Transform. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, v. 63, n. 9, p. 868-872, set. 2016. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7419878/>>.

GROSSE, C. U.; OHTSU, M. Acoustic Emission Testing. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-69972-9>>.

GRUHN, S.; FISCHER, R.; VIELHAUER, C. Surface classification and detection of latent fingerprints based on 3D surface texture parameters. 1 jun. 2012, [S.l: s.n.], 1 jun. 2012. p. 84361C. Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.922772>>.

GUO, C. et al. Power and Wheel Wear for Grinding Nickel Alloy with Plated CBN Wheels. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 56, n. 1, p. 343-346, 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850607000844>>.

GUO, S. et al. Experimental evaluation of the lubrication performance of mixtures of castor oil with other vegetable oils in MQL grinding of nickel-based alloy. Journal of Cleaner Production, v. 140, p. 1060-1076, jan. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652616316833>>.

HADAD, M.; SHARBATI, A. Some Experimental Aspects of Grinding Soft Steel Under Different Machining Conditions. Engineering Science & Technology, v. 1, n. 1, 2019.

HASSUI, A. et al. Experimental evaluation on grinding wheel wear through vibration and acoustic emission. Wear, v. 217, n. 1, p. 7-14, abr. 1998. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043164898001665>>.

HASSUI, A.; DINIZ, A. E. Correlating surface roughness and vibration on plunge cylindrical grinding of steel. International Journal of Machine Tools & Manufacture, v. 43, p. 855-862, 2003.

HWANG, T. W. et al. Acoustic emission monitoring of high speed grinding of silicon nitride. Ultrasonics, v. 38, n. 1-8, p. 614-619, mar. 2000. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0041624X99000645>>.

INASAKI, I.; OKAMURA, K. Monitoring of Dressing and Grinding Processes with Acoustic Emission Signals. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 34, n. 1, p. 277-280, jan. 1985.

JIANG, J. L. et al. 2D/3D ground surface topography modeling considering dressing and wear effects in grinding process. International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 74, p. 29-40, nov. 2013.

JIANMING, S. et al. Milling tool wear monitoring through time-frequency analysis of sensory signals. 2016 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management, ICPHM 2016, p. 1-5, 2016.

JUNIOR, M. M. DOS S. et al. Analysis of Piezoelectric Sensors in Adulteration of Bovine Milk Using the Chromatic Technique. Proceedings, v. 4, n. 1, p. 38, 14 nov. 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2504-3900/4/1/38>>.

JUNIOR, P. et al. Dressing tool condition monitoring through impedance-based sensors: Part 1-pzt diaphragm transducer response and emi sensing technique. Sensors (Switzerland), v. 18, n. 12, 2018a.

JUNIOR, P. et al. Dressing Tool Condition Monitoring through Impedance-Based Sensors: Part 2-Neural Networks and K-Nearest Neighbor Classifier Approach. Sensors, v. 18, n. 12, p. 4453, 16 dez. 2018b. Disponível em:

<<http://www.mdpi.com/1424-8220/18/12/4453>>.

KARPUSCHEWSKI, B.; WEHMEIER, M.; INASAKI, I. Grinding Monitoring System Based on Power and Acoustic Emission Sensors. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 49, n. 1, p. 235-240, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607629369>>.

KIM, B. S. et al. A comparative study on damage detection in speed-up and coast-down process of grinding spindle-typed rotor-bearing system. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 187-188, p. 30-36, 2007.

KIM, H.; MELHEM, H. Fourier and Wavelet Analyses for Fatigue Assessment of Concrete Beams. *Experimental Mechanics*, v. 43, n. 3, p. 131-140, 2003.

KING, R. I.; HAHN, R. S. Handbook of modern grinding technology. First ed. New York: Chapman and Hall, 1992.

KUMAR, S.; CHOUDHURY, S. K. Prediction of wear and surface roughness in electro-discharge diamond grinding. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 191, n. 1-3, p. 206-209, ago. 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013607002749>>.

KWAK, J.-S.; HA, M.-K. Detection of dressing time using the grinding force signal based on the discrete wavelet decomposition. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 23, n. 1-2, p. 87-92, 1 jan. 2004a. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-003-1556-7>>.

KWAK, J.-S.; HA, M.-K. Neural network approach for diagnosis of grinding operation by acoustic emission and power signals. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 147, n. 1, p. 65-71, mar. 2004b. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092401360301032X>>.

LACHANCE, S.; WARKENTIN, A.; BAUER, R. Development of an automated system for measuring grinding wheel wear flats. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 22, n. 2, p. 130-135, 2003.

LAURO, C. H. et al. Monitoring and processing signal applied in machining processes - A review. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. [S.l: s.n.], 2014

LEONESIO, M.; BIANCHI, G.; CAU, N. Design criteria for grinding machine dynamic stability. *Procedia CIRP*, v. 78, p. 382-387, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212827118312538>>.

LEZANSKI, P. An Intelligent system for grinding wheel condition monitoring. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 109, n. 3, p. 258-263, 2001.

LIAO, T. W. et al. Grinding wheel condition monitoring with boosted minimum distance classifiers. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 22, n. 1, p. 217-232, 2008.

LIAO, T. W. et al. GRINDING WHEEL CONDITION MONITORING WITH HIDDEN MARKOV MODEL-BASED CLUSTERING METHODS. *Machining Science and Technology*, v. 10, n. 4, p. 511-538, 7 dez. 2006. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10910340600996175>>.

LIMA, É. M. et al. Analysis of the Influence of the Window Used in the Short-Time Fourier Transform for High Impedance Fault Detection. p. 350-355, 2016.

- LINDLEY, T. C.; PALMER, I. G.; RICHARDS, C. E. Acoustic emission monitoring of fatigue crack growth. *Materials Science and Engineering*, v. 32, n. 1, p. 1-15, jan. 1978. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0025541678902069>>.
- LINKE, B. Dressing process model for vitrified bonded grinding wheels. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 57, n. 1, p. 345-348, 2008.
- LOPES, W.N. et al. Monitoring of self-excited vibration in grinding process using time-frequency analysis of acceleration signals. 2019, [S.l.: s.n.], 2019.
- LOPES, WENDERSON NASCIMENTO et al. Digital Signal Processing of Acoustic Emission Signals Using Power Spectral Density and Counts Statistic Applied to Single-Point Dressing Operation. *IET Science, Measurement & Technology*, 21 mar. 2017. Disponível em: <<http://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-smt.2016.0317>>.
- LYONS; RICHARD, G. *Understanding Digital Signal Processing*. 3. ed. USA: Prentice Hall, 2010.
- MALKIN, S.; GUO, C. *Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives*. 2ª ed. New York: Industrial Press Inc, 2008.
- MARINESCU, I. D. et al. *Handbook of Machining with Grinding Wheels, Second Edition*. [S.l.]: CRC Press; 2 edition (February 8, 2016), 2016.
- MARTINS, C. H. R. et al. Neural networks models for wear patterns recognition of single-point dresser. [S.l.]: IFAC, 2013. v. 46. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00222>>.
- MARTINS, C. H. R. et al. Tool condition monitoring of single-point dresser using acoustic emission and neural networks models. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 63, n. 3, p. 667-679, 2014.
- MIRANDA, H. I. et al. Monitoring single-point dressers using fuzzy models. *Procedia CIRP*, v. 33, p. 281-286, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2015.06.050>>.
- MOIA, D. F. G. et al. Tool condition monitoring of aluminum oxide grinding wheel in dressing operation using acoustic emission and neural networks. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, v. 63, n. 3, p. 627-640, 2015.
- MOKBEL, A. A.; MAKSOUD, T. M. A. Monitoring of the condition of diamond grinding wheels using acoustic emission technique. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 101, n. 1, p. 292-297, 2000.
- MOORE, L. M. The Basic Practice of Statistics. *Technometrics*, v. 38, n. 4, p. 404-405, nov. 1996. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00401706.1996.10484558>>.
- NAKAI, M E et al. Neural Tool Condition Estimation in The Grinding of Advanced Ceramics. v. 13, n. 1, p. 62-68, 2015.
- NAKAI, MAURICIO EIJI et al. Evaluation of neural models applied to the estimation of tool wear in the grinding of advanced ceramics. *Expert Systems with Applications*, v. 42, n. 20, p. 7026-7035, 2015.
- NAKAYAMA, K. . et al. Sharpness evaluation of grinding wheel face by the grinding of steel ball. *Ann CIRP*, v. 29, p. 227-231, 1980.

NGUYEN, A. T.; BUTLER, D. L. Correlation of grinding wheel topography and grinding performance: A study from a viewpoint of three-dimensional surface characterisation. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 208, n. 1-3, p. 14-23, 2008.

PALMER, J. et al. An experimental study of the effects of dressing parameters on the topography of grinding wheels during roller dressing. *Journal of Manufacturing Processes*, v. 31, p. 348-355, jan. 2018. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1526612517303596>>.

PUERTO, P. et al. Evolution of surface roughness in grinding and its relationship with the dressing parameters and the radial wear. *Procedia Engineering*, v. 63, n. 1996, p. 174-182, 2013.

QI, J. et al. Research on the adaptive adjustment of the parameters in grinding process. ago. 2016, [S.l.]: IEEE, ago. 2016. p. 744-750.

RIBEIRO, D. M. S. et al. Spectra Measurements Using Piezoelectric Diaphragms to Detect Burn in Grinding Process. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 66, n. 11, p. 1-12, 2017.

ROBERTS, T. M.; TALEBZADEH, M. Acoustic emission monitoring of fatigue crack propagation. *Journal of Constructional Steel Research*, v. 59, n. 6, p. 695-712, 2003.

ROTHER, A.; JELALI, M.; SÖFFKER, D. A brief review and a first application of time-frequency-based analysis methods for monitoring of strip rolling mills. *Journal of Process Control*, v. 35, p. 65-79, nov. 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959152415001791>>.

ROWE, W. B.; CHEN, X.; MORGAN, M. N. The Identification of Dressing Strategies for Optimal Grinding Wheel Performance. 1993, New York: Department of Mechanical Engineering UMIST, 1993. p. 195-202.

ROWE, W BRIAN. *Modern Grinding Techniques*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2010. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/9780470882313>>.

ROWE, W BRIAN. *Principles of Modern Grinding Technology*. 2ª ed. [S.l.]: Elsevier's Science & Technology, 2014.

SARAVANAPRIYAN, S. N. A.; VIJAYARAGHAVAN, L.; KRISHNAMURTHY, R. On-line detection of grinding burn by integrated sensing. 2001, [S.l.]: IEEE, 2001. p. 89-94. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/968505/>>.

SEDGWICK, P. Pearson's correlation coefficient. *BMJ*, v. 345, n. jul04 1, p. e4483-e4483, 4 jul. 2012. Disponível em: <<http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.e4483>>.

SHIMAUCHI, S. et al. On relationships between amplitude and phase of short-time Fourier transform. mar. 2017, [S.l.]: IEEE, mar. 2017. p. 676-680. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7952241/>>.

SIKORSKI, W. *Acoustic Emission*. [S.l.]: InTech, 2012.

SILVA DE FREITAS, E.; GUIMARÃES BAPTISTA, F. Experimental analysis of the feasibility of low-cost piezoelectric diaphragms in impedance-based SHM applications. *Sensors and Actuators, A: Physical*, v. 238, p. 220-228, 2016.

SINGH, V.; VENKATESWARA RAO, P.; GHOSH, S. Development of specific grinding energy model. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 60, p. 1-13, set. 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0890695511002161>>.

SINHA, M. K. et al. An investigation into selection of optimum dressing parameters based on grinding wheel grit size. 2014, IIT Guwahati, Assam, India: [s.n.], 2014.

SOCIETY FOR NON-DESTRUCTIVE INSPECT, T. J. (Org.). *Practical Acoustic Emission Testing*. Tokyo: Springer Japan, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-4-431-55072-3>>.

STANTON, J. M. Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors. *Journal of Statistics Education*, v. 9, n. 3, jan. 2001. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10691898.2001.11910537>>.

SUBHASHREE, R.; PREETHI, C. S.; SUPRIYA, P. Fault distance identification in transmission line using STFT algorithm. *IEEE Transactions on Power Delivery*, v. 31, n. 1, jan. 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7480036/>>.

SUTOWSKI, P.; PLICHTA, S. An investigation of the grinding wheel wear with the use of root-mean-square value of acoustic emission. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, v. 6, n. 1, p. 87-98, 2006.

TAYLOR, R. Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, v. 6, n. 1, p. 35-39, jan. 1990. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/875647939000600106>>.

THOMAZELLA, R. et al. Digital signal processing for self-vibration monitoring in grinding: A new approach based on the time-frequency analysis of vibration signals. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, v. 145, 2019.

VLADETSKAYA, E.; KHARCHENKO, A.; VLADETSKII, D. Modeling of Dynamic Links which Characterize Static Properties of Grinding Wheel and Workpiece during Flat Grinding Process. *Materials Today: Proceedings*, v. 11, p. 565-572, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214785319300306>>.

WANG, Y. et al. Experimental evaluation of the lubrication properties of the wheel / workpiece interface in MQL grinding with different nanofluids. *Tribology International*, v. 99, p. 198-210, 2016.

WANG, Z. et al. Neural network detection of grinding burn from acoustic emission. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 41, n. 2, p. 283-309, 2001.

WARREN LIAO, T. et al. A wavelet-based methodology for grinding wheel condition monitoring. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 47, n. 3-4, p. 580-592, 2007.

WARREN LIAO, T. Feature extraction and selection from acoustic emission signals with an application in grinding wheel condition monitoring. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 23, n. 1, p. 74-84, 2010.

WEGENER, K. et al. Conditioning and monitoring of grinding wheels. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 60, n. 2, p. 757-777, 2011.

WEI, J. et al. Correction to: Acoustic emission signal of fiber-reinforced composite grinding: frequency components and damage pattern recognition. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 103, n. 1-4, p. 1403-1404, 14 jul. 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-019-03782-3>>.

WELCH, P. The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics*, v. 15, n. 2, p. 70-73, jun. 1967. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1161901/>>.

WEVERS, M. Listening to the sound of materials: Acoustic emission for the analysis of material behaviour. *NDT & E International*, v. 30, n. 2, p. 99-106, abr. 1997. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963869596000515>>.

YANG, Z. et al. A novel feature representation method based on original waveforms for acoustic emission signals. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 135, p. 106365, jan. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0888327019305862>>.

YANG, Z.; YU, Z. Grinding wheel wear monitoring based on wavelet analysis and support vector machine. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 62, n. 1-4, p. 107-121, set. 2012.

ZENG, Y.; FORSSBERG, E. VIBRATION SIGNAL MEASUREMENT: AN ALTERNATIVE FOR DESCRIBING MECHANICAL GRINDING PROCESS. *Particulate Science and Technology*, v. 12, n. 3, p. 223-233, jul. 1994. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02726359408906652>>.

A, E. S. S.; PANDE, S. J.; LAL, G. K. Evaluation of grinding wheel surface by means of grinding sound discrimination. . [S.l: s.n.]. , 1980

AGARWAL, S. Optimizing machining parameters to combine high productivity with high surface integrity in grinding silicon carbide ceramics. *Ceramics International*, v. 42, n. 5, p. 6244-6262, 2016.

AGUIAR, P. R. et al. Monitoring the dressing operation in the grinding process. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, v. 5, n. 1, p. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.inderscience.com/link.php?id=23110>>.

ALBUQUERQUE CASTRO, B. et al. A low cost system for acoustic monitoring of partial discharge in power transformer by Piezoelectric Sensor. *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, n. 7, p. 3225-3231, jul. 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7587624/>>.

ALEXANDRE, FELIPE A. et al. A Novel Ultrasound Technique Based on Piezoelectric Diaphragms Applied to Material Removal Monitoring in the Grinding Process. *Sensors*, v. 19, n. 18, p. 3932, 12 set. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/18/3932>>.

ALEXANDRE, FELIPE APARECIDO et al. Tool Condition Monitoring of Aluminum Oxide Grinding Wheel using AE and Fuzzy Model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018.

ALMEIDA, VINICIUS A. D.; MENDES, L. C.; BAPTISTA, F. G. Detecção de dano baseada na impedância E/M com transdutores piezelétricos de baixo custo. XX Congresso Brasileiro de Automática, 2014.

ANH TUNG, L. et al. Optimization of dressing parameters of grinding wheel for 9CrSi tool steel using the taguchi method with grey relational

analysis. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 635, p. 012030, 28 out. 2019. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/635/1/012030>>.

AULESTIA VIERA, M. A. et al. A Time-Frequency Acoustic Emission-Based Technique to Assess Workpiece Surface Quality in Ceramic Grinding with PZT Transducer. *Sensors*, v. 19, n. 18, p. 3913, 11 set. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/18/3913>>.

BACCAR, D.; SÖFFKER, D. Wear detection by means of wavelet-based acoustic emission analysis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 60, p. 198-207, 2015.

BADGER, J.; MURPHY, S.; O'DONNELL, G. E. Acoustic emission in dressing of grinding wheels: AE intensity, dressing energy, and quantification of dressing sharpness and increase in diamond wear-flat size. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 125, p. 11-19, fev. 2018. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089069551730161X>>.

BALES, G. et al. Recognizing Gaze-Motor Behavioral Patterns in Manual Grinding Tasks. *Procedia Manufacturing*, v. 5, p. 106-121, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978916300117>>.

BARBÉ, K.; PINTELON, R.; SCHOUKENS, J. Welch method revisited: Nonparametric power spectrum estimation via circular overlap. *IEEE Transactions on Signal Processing*, v. 58, n. 2, p. 553-565, 2010.

BHUIYAN, M. S. H.; CHOUDHURY, I. A. Review of Sensor Applications in Tool Condition Monitoring in Machining. *Comprehensive Materials Processing*. [S.l.]: Elsevier, 2014. p. 539-569. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780080965321013303>>.

BIANCHI, E. C. et al. Estudo comparativo entre a agressividade superficial obtida na retificação com rebolos de óxido de alumínio e CBN, fabricados com ligantes resinóide e vitrificado. *Cerâmica*, v. 57, n. 344, p. 431-437, dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132011000400010&lng=pt&tlng=pt>.

BRATAN, S.; ROSHCHUPKIN, S.; NOVIKOV, P. Modeling the Grinding Wheel Working Surface State. *Procedia Engineering*, v. 206, p. 1419-1425, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705817353407>>.

CARPINTERI, A.; LACIDOGNA, G.; PUGNO, N. Structural damage diagnosis and life-time assessment by acoustic emission monitoring. *Engineering Fracture Mechanics*, v. 74, n. 1-2, p. 273-289, jan. 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013794406000622>>.

CHEN, X.; LIMCHIMCHOL, T. Monitoring grinding wheel redress-life using support vector machines. *International Journal of Automation and Computing*, v. 3, n. 1, p. 56-62, jan. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11633-006-0056-2>>.

COELHO, R. T. Estudo Experimental da Profundidade de Dressagem de Rebolos na Retificação de Precisão Usando Método do Disco Retificado. 1991. 94 f. Universidade de São Paulo (USP) - Escola de Engenharia de São Carlos, 1991.

COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. [S.l.]: Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1988.

D'ADDONA, D. M. et al. Neural Networks Tool Condition Monitoring in Single-point Dressing Operations. *Procedia CIRP*, v. 41, p. 431-436, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.001>>.

D'ADDONA, D. M. et al. Prediction of Dressing in Grinding Operation via Neural Networks. *Procedia CIRP*, v. 62, p. 305-310, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.043>>.

DE ALMEIDA, VINICIUS AUGUSTO DARE; BAPTISTA, F. G.; DE AGUIAR, P. R. Piezoelectric transducers assessed by the pencil lead break for impedance-based structural health monitoring. *IEEE Sensors Journal*, v. 15, n. 2, p. 693-702, 2015.

DE OLIVEIRA, J. F. G. et al. Grinding Process Dominance by Means of the Dressing Operation. *Proceedings of the Twenty-Ninth International Matador Conference*. London: Macmillan Education UK, 1992. p. 547-550. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-349-12433-6_72>.

DE OLIVEIRA, J.F. GOMES; DORNFELD, D. A. Application of AE Contact Sensing in Reliable Grinding Monitoring. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 50, n. 1, p. 217-220, 2001. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850607621088>>.

DE OLIVEIRA, JOÃO F. GOMES; DORNFELD, D. A. Dimensional Characterization of Grinding Wheel Surface through Acoustic Emission. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 43, n. 1, p. 291-294, 1994. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850607622161>>.

DENG, H.; XU, Z. Dressing methods of superabrasive grinding wheels: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, v. 45, p. 46-69, set. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1526612519301835>>.

DENKENA, B. et al. Suitability of integrated sensors for the determination of chatter characteristics in a cylindrical grinding machine. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 102, n. 5-8, p. 2339-2344, 1 jun. 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-019-03323-y>>.

DING, N. et al. Experimental Study on the Relationship Between Acoustic Emission Signal and Grinding Wheel Wear. dez. 2019, [S.l.]: IEEE, dez. 2019. p. 2699-2703. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8997572/>>.

DORNFELD, D. Application of acoustic emission techniques in manufacturing. *NDT & E International*, v. 27, n. 4, p. 210, 1994.

DORNFELD, D. A.; DEVRIES, M. F. Neural Network Sensor Fusion for Tool Condition Monitoring. *CIRP Annals*, v. 39, n. 1, p. 101-105, 1990. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850607610129>>.

DORNFELD, D.; CAI, H. G. An Investigation of Grinding and Wheel Loading Using Acoustic Emission. *Journal of Engineering for Industry*, v. 106, n. 1, p. 28-33, 1 fev. 1984. Disponível em: <<https://asmedigitalcollection.asme.org/manufacturingscience/article/106/1/28/392628/An-Investigation-of-Grinding-and-Wheel-Loading>>.

DOTTO, F. R. L. et al. In-Dressing Acoustic Map by Low-cost Piezoelectric Transducer. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, p. 1-1, 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8835102/>>.

DURGUMAHANTI, U. S. P.; VIJAYENDER, P. S.; VENKATESWARA, R. A New Model

of Grinding Force Prediction and Analysis. *International Journal of Machina Tools & Manufacture*, v. 50, p. 231-240, 2010.

EATON, M. et al. Characterisation of Damage in Composite Structures using Acoustic Emission. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 305, p. 012086, 19 jul. 2011. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1742-6596/305/i=1/a=012086?key=crossref.b02a79e80d0bc2893a7b590ed96b542c>>.

FERREIRA, F. I. et al. Inferential measurement of the dresser width for the grinding process automation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 100, n. 9-12, p. 3055-3066, 24 fev. 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-018-2869-x>>.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. DA S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson. *Revista Política Hoje*, v. 18, 2009.

FURUTANI, K. et al. In-process measurement of topography change of grinding wheel by using hydrodynamic pressure. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 42, n. 13, p. 1447-1453, out. 2002. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0890695502000731>>.

GARRIDO, M. The Feedforward Short-Time Fourier Transform. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, v. 63, n. 9, p. 868-872, set. 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7419878/>>.

GROSSE, C. U.; OHTSU, M. *Acoustic Emission Testing*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-69972-9>>.

GRUHN, S.; FISCHER, R.; VIELHAUER, C. Surface classification and detection of latent fingerprints based on 3D surface texture parameters. 1 jun. 2012, [S.l: s.n.], 1 jun. 2012. p. 84361C. Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.922772>>.

GUO, C. et al. Power and Wheel Wear for Grinding Nickel Alloy with Plated CBN Wheels. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 56, n. 1, p. 343-346, 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850607000844>>.

GUO, S. et al. Experimental evaluation of the lubrication performance of mixtures of castor oil with other vegetable oils in MQL grinding of nickel-based alloy. *Journal of Cleaner Production*, v. 140, p. 1060-1076, jan. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652616316833>>.

HADAD, M.; SHARBATI, A. Some Experimental Aspects of Grinding Soft Steel Under Different Machining Conditions. *Engineering Science & Technology*, v. 1, n. 1, 2019.

HASSUI, A. et al. Experimental evaluation on grinding wheel wear through vibration and acoustic emission. *Wear*, v. 217, n. 1, p. 7-14, abr. 1998. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043164898001665>>.

HASSUI, A.; DINIZ, A. E. Correlating surface roughness and vibration on plunge cylindrical grinding of steel. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, v. 43, p. 855-862, 2003.

HWANG, T. W. et al. Acoustic emission monitoring of high speed grinding

of silicon nitride. *Ultrasonics*, v. 38, n. 1-8, p. 614-619, mar. 2000. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0041624X99000645>>.

INASAKI, I.; OKAMURA, K. Monitoring of Dressing and Grinding Processes with Acoustic Emission Signals. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 34, n. 1, p. 277-280, jan. 1985.

JIANG, J. L. et al. 2D/3D ground surface topography modeling considering dressing and wear effects in grinding process. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 74, p. 29-40, nov. 2013.

JIANMING, S. et al. Milling tool wear monitoring through time-frequency analysis of sensory signals. 2016 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management, ICPHM 2016, p. 1-5, 2016.

JUNIOR, M. M. DOS S. et al. Analysis of Piezoelectric Sensors in Adulteration of Bovine Milk Using the Chromatic Technique. *Proceedings*, v. 4, n. 1, p. 38, 14 nov. 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2504-3900/4/1/38>>.

JUNIOR, P. et al. Dressing tool condition monitoring through impedance-based sensors: Part 1-pzt diaphragm transducer response and emi sensing technique. *Sensors (Switzerland)*, v. 18, n. 12, 2018a.

JUNIOR, P. et al. Dressing Tool Condition Monitoring through Impedance-Based Sensors: Part 2-Neural Networks and K-Nearest Neighbor Classifier Approach. *Sensors*, v. 18, n. 12, p. 4453, 16 dez. 2018b. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/18/12/4453>>.

KARPUSCHEWSKI, B.; WEHMEIER, M.; INASAKI, I. Grinding Monitoring System Based on Power and Acoustic Emission Sensors. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 49, n. 1, p. 235-240, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607629369>>.

KIM, B. S. et al. A comparative study on damage detection in speed-up and coast-down process of grinding spindle-typed rotor-bearing system. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 187-188, p. 30-36, 2007.

KIM, H.; MELHEM, H. Fourier and Wavelet Analyses for Fatigue Assessment of Concrete Beams. *Experimental Mechanics*, v. 43, n. 3, p. 131-140, 2003.

KING, R. I.; HAHN, R. S. *Handbook of modern grinding technology*. First ed. New York: Chapman and Hall, 1992.

KUMAR, S.; CHOUDHURY, S. K. Prediction of wear and surface roughness in electro-discharge diamond grinding. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 191, n. 1-3, p. 206-209, ago. 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013607002749>>.

KWAK, J.-S.; HA, M.-K. Detection of dressing time using the grinding force signal based on the discrete wavelet decomposition. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 23, n. 1-2, p. 87-92, 1 jan. 2004a. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-003-1556-7>>.

KWAK, J.-S.; HA, M.-K. Neural network approach for diagnosis of grinding operation by acoustic emission and power signals. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 147, n. 1, p. 65-71, mar. 2004b. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092401360301032X>>.

LACHANCE, S.; WARKENTIN, A.; BAUER, R. Development of an automated system

for measuring grinding wheel wear flats. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 22, n. 2, p. 130-135, 2003.

LAURO, C. H. et al. Monitoring and processing signal applied in machining processes - A review. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. [S.l: s.n.]. , 2014

LEONESIO, M.; BIANCHI, G.; CAU, N. Design criteria for grinding machine dynamic stability. *Procedia CIRP*, v. 78, p. 382-387, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212827118312538>>.

LEZANSKI, P. An Intelligent system for grinding wheel condition monitoring. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 109, n. 3, p. 258-263, 2001.

LIAO, T. W. et al. Grinding wheel condition monitoring with boosted minimum distance classifiers. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 22, n. 1, p. 217-232, 2008.

LIAO, T. W. et al. GRINDING WHEEL CONDITION MONITORING WITH HIDDEN MARKOV MODEL-BASED CLUSTERING METHODS. *Machining Science and Technology*, v. 10, n. 4, p. 511-538, 7 dez. 2006. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10910340600996175>>.

LIMA, É. M. et al. Analysis of the Influence of the Window Used in the Short-Time Fourier Transform for High Impedance Fault Detection. p. 350-355, 2016.

LINDLEY, T. C.; PALMER, I. G.; RICHARDS, C. E. Acoustic emission monitoring of fatigue crack growth. *Materials Science and Engineering*, v. 32, n. 1, p. 1-15, jan. 1978. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0025541678902069>>.

LINKE, B. Dressing process model for vitrified bonded grinding wheels. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 57, n. 1, p. 345-348, 2008.

LOPES, W.N. et al. Monitoring of self-excited vibration in grinding process using time-frequency analysis of acceleration signals. 2019, [S.l: s.n.], 2019.

LOPES, WENDERSON NASCIMENTO et al. Digital Signal Processing of Acoustic Emission Signals Using Power Spectral Density and Counts Statistic Applied to Single-Point Dressing Operation. *IET Science, Measurement & Technology*, 21 mar. 2017. Disponível em: <<http://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-smt.2016.0317>>.

LYONS; RICHARD, G. *Understanding Digital Signal Processing*. 3. ed. USA: Prentice Hall, 2010.

MALKIN, S.; GUO, C. *Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives*. 2ª ed. New York: Industrial Press Inc, 2008.

MARINESCU, I. D. et al. *Handbook of Machining with Grinding Wheels, Second Edition*. [S.l.]: CRC Press; 2 edition (February 8, 2016), 2016.

MARTINS, C. H. R. et al. Neural networks models for wear patterns recognition of single-point dresser. [S.l.]: IFAC, 2013. v. 46. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00222>>.

MARTINS, C. H. R. et al. Tool condition monitoring of single-point dresser using acoustic emission and neural networks models. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 63, n. 3, p. 667-679, 2014.

- MIRANDA, H. I. et al. Monitoring single-point dressers using fuzzy models. *Procedia CIRP*, v. 33, p. 281-286, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2015.06.050>>.
- MOIA, D. F. G. et al. Tool condition monitoring of aluminum oxide grinding wheel in dressing operation using acoustic emission and neural networks. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, v. 63, n. 3, p. 627-640, 2015.
- MOKBEL, A. A.; MAKSOUD, T. M. A. Monitoring of the condition of diamond grinding wheels using acoustic emission technique. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 101, n. 1, p. 292-297, 2000.
- MOORE, L. M. The Basic Practice of Statistics. *Technometrics*, v. 38, n. 4, p. 404-405, nov. 1996. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00401706.1996.10484558>>.
- NAKAI, M E et al. Neural Tool Condition Estimation in The Grinding of Advanced Ceramics. v. 13, n. 1, p. 62-68, 2015.
- NAKAI, MAURICIO EIJI et al. Evaluation of neural models applied to the estimation of tool wear in the grinding of advanced ceramics. *Expert Systems with Applications*, v. 42, n. 20, p. 7026-7035, 2015.
- NAKAYAMA, K. . et al. Sharpness evaluation of grinding wheel face by the grinding of steel ball. *Ann CIRP*, v. 29, p. 227-231, 1980.
- NGUYEN, A. T.; BUTLER, D. L. Correlation of grinding wheel topography and grinding performance: A study from a viewpoint of three-dimensional surface characterisation. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 208, n. 1-3, p. 14-23, 2008.
- PALMER, J. et al. An experimental study of the effects of dressing parameters on the topography of grinding wheels during roller dressing. *Journal of Manufacturing Processes*, v. 31, p. 348-355, jan. 2018. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1526612517303596>>.
- PUERTO, P. et al. Evolution of surface roughness in grinding and its relationship with the dressing parameters and the radial wear. *Procedia Engineering*, v. 63, n. 1996, p. 174-182, 2013.
- QI, J. et al. Research on the adaptive adjustment of the parameters in grinding process. ago. 2016, [S.l.]: IEEE, ago. 2016. p. 744-750.
- RIBEIRO, D. M. S. et al. Spectra Measurements Using Piezoelectric Diaphragms to Detect Burn in Grinding Process. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 66, n. 11, p. 1-12, 2017.
- ROBERTS, T. M.; TALEBZADEH, M. Acoustic emission monitoring of fatigue crack propagation. *Journal of Constructional Steel Research*, v. 59, n. 6, p. 695-712, 2003.
- ROTHER, A.; JELALI, M.; SÖFFKER, D. A brief review and a first application of time-frequency-based analysis methods for monitoring of strip rolling mills. *Journal of Process Control*, v. 35, p. 65-79, nov. 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959152415001791>>.
- ROWE, W. B.; CHEN, X.; MORGAN, M. N. The Identification of Dressing Strategies for Optimal Grinding Wheel Performance. 1993, New York: Department of Mechanical Engineering UMIST, 1993. p. 195-202.

ROWE, W BRIAN. Modern Grinding Techniques. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2010. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/9780470882313>>.

ROWE, W BRIAN. Principles of Modern Grinding Technology. 2ª ed. [S.l.]: Elsevier's Science & Technology, 2014.

SARAVANAPRIYAN, S. N. A.; VIJAYARAGHAVAN, L.; KRISHNAMURTHY, R. On-line detection of grinding burn by integrated sensing. 2001, [S.l.]: IEEE, 2001. p. 89-94. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/968505/>>.

SEDGWICK, P. Pearson's correlation coefficient. BMJ, v. 345, n. jul04 1, p. e4483-e4483, 4 jul. 2012. Disponível em: <<http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.e4483>>.

SHIMAUCHI, S. et al. On relationships between amplitude and phase of short-time Fourier transform. mar. 2017, [S.l.]: IEEE, mar. 2017. p. 676-680. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7952241/>>.

SIKORSKI, W. Acoustic Emission. [S.l.]: InTech, 2012.

SILVA DE FREITAS, E.; GUIMARÃES BAPTISTA, F. Experimental analysis of the feasibility of low-cost piezoelectric diaphragms in impedance-based SHM applications. Sensors and Actuators, A: Physical, v. 238, p. 220-228, 2016.

SINGH, V.; VENKATESWARA RAO, P.; GHOSH, S. Development of specific grinding energy model. International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 60, p. 1-13, set. 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0890695511002161>>.

SINHA, M. K. et al. An investigation into selection of optimum dressing parameters based on grinding wheel grit size. 2014, IIT Guwahati, Assam, India: [s.n.], 2014.

SOCIETY FOR NON-DESTRUCTIVE INSPECT, T. J. (Org.). Practical Acoustic Emission Testing. Tokyo: Springer Japan, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-4-431-55072-3>>.

STANTON, J. M. Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors. Journal of Statistics Education, v. 9, n. 3, jan. 2001. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10691898.2001.11910537>>.

SUBHASHREE, R.; PREETHI, C. S.; SUPRIYA, P. Fault distance identification in transmission line using STFT algorithm. jan. 2016, [S.l.]: IEEE, jan. 2016. p. 1-4. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7480036/>>.

SUTOWSKI, P.; PLICHTA, S. An investigation of the grinding wheel wear with the use of root-mean-square value of acoustic emission. Archives of Civil and Mechanical Engineering, v. 6, n. 1, p. 87-98, 2006.

TAYLOR, R. Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. Journal of Diagnostic Medical Sonography, v. 6, n. 1, p. 35-39, jan. 1990. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/875647939000600106>>.

THOMAZELLA, R. et al. Digital signal processing for self-vibration monitoring in grinding: A new approach based on the time-frequency analysis of vibration signals. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, v. 145, 2019.

- VLADETSKAYA, E.; KHARCHENKO, A.; VLADETSKII, D. Modeling of Dynamic Links which Characterize Static Properties of Grinding Wheel and Workpiece during Flat Grinding Process. *Materials Today: Proceedings*, v. 11, p. 565-572, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214785319300306>>.
- WANG, Y. et al. Experimental evaluation of the lubrication properties of the wheel / workpiece interface in MQL grinding with different nanofluids. *Tribology International*, v. 99, p. 198-210, 2016.
- WANG, Z. et al. Neural network detection of grinding burn from acoustic emission. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 41, n. 2, p. 283-309, 2001.
- WARREN LIAO, T. et al. A wavelet-based methodology for grinding wheel condition monitoring. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 47, n. 3-4, p. 580-592, 2007.
- WARREN LIAO, T. Feature extraction and selection from acoustic emission signals with an application in grinding wheel condition monitoring. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 23, n. 1, p. 74-84, 2010.
- WEGENER, K. et al. Conditioning and monitoring of grinding wheels. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 60, n. 2, p. 757-777, 2011.
- WEI, J. et al. Correction to: Acoustic emission signal of fiber-reinforced composite grinding: frequency components and damage pattern recognition. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 103, n. 1-4, p. 1403-1404, 14 jul. 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-019-03782-3>>.
- WELCH, P. The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics*, v. 15, n. 2, p. 70-73, jun. 1967. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1161901/>>.
- WEVERS, M. Listening to the sound of materials: Acoustic emission for the analysis of material behaviour. *NDT & E International*, v. 30, n. 2, p. 99-106, abr. 1997. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963869596000515>>.
- YANG, Z. et al. A novel feature representation method based on original waveforms for acoustic emission signals. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 135, p. 106365, jan. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0888327019305862>>.
- YANG, Z.; YU, Z. Grinding wheel wear monitoring based on wavelet analysis and support vector machine. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 62, n. 1-4, p. 107-121, set. 2012.
- ZENG, Y.; FORSSBERG, E. VIBRATION SIGNAL MEASUREMENT: AN ALTERNATIVE FOR DESCRIBING MECHANICAL GRINDING PROCESS. *Particulate Science and Technology*, v. 12, n. 3, p. 223-233, jul. 1994. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02726359408906652>>.