

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DOIS MÉTODOS DE ANÁLISE PARA O MONITORAMENTO ACÚSTICO DA ESTABILIDADE DO PROCESSO GMAW

Eber Huanca Cayo, eber@unb.br¹
Sadek C. Absi Alfaro, sadek@unb.br

¹Universidade de Brasília, Campus Universitario Darcy Riveiro, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, CEP 70910-900 - Brasília, DF - Brasil

Resumo: Estudos e pesquisas referentes ao monitoramento acústico do processo GMAW, fazem abordagens da análise no domínio do tempo e frequência, encontrando uma correlação entre os sinais elétricos e acústicos. No presente trabalho se fez o estudo comparativo de dois métodos de análise baseados na pressão acústica do arco elétrico para a avaliação da estabilidade do processo de soldagem. O primeiro método consiste na análise estatística de parâmetros da pressão acústica no domínio do tempo; estes parâmetros são o número de impulsos acústicos e o seu desvio-padrão. No segundo método se fez a análise da pressão acústica no domínio da frequência; neste caso se fez a análise em oitavas de frequência com o objetivo de encontrar mais que uma frequência característica, uma faixa de frequências que caracterize a estabilidade do processo. Para isto fizeram-se ensaios de soldagem com os parâmetros de soldagem ajustados para obter a maior estabilidade. Sob estas condições, simularam-se instabilidades que foram geradas pela presença de graxa na trajetória da solda. Nos resultados obtidos, o primeiro método conseguiu representar adequadamente a estabilidade e a instabilidade do processo. A estabilidade se caracteriza pela continuidade e mínima variação dos parâmetros estatísticos, mas na presença de instabilidades, estes parâmetros apresentam mudanças caóticas. No segundo método as variações de frequência são imperceptíveis para regiões estáveis e instáveis, mas apresenta variações pouco definidas nas amplitudes de determinadas faixas de frequências. Após este estudo comparativo concluímos que a avaliação acústica da estabilidade do processo GMAW apresenta maior clareza para a análise da pressão acústica do arco no domínio do tempo do que no domínio da frequência.

Palavras-chave: Acústica, GMAW, estabilidade, frequência, caótico.

1. INTRODUÇÃO

Um dos processos de soldagem mais utilizados na indústria da construção metálica é a soldagem a arco com proteção gasosa convencional, que em diante será nomeada como GMAW (Gás metal arc welding – GMAW); o 47% das operações de soldagem do ano 2007 no Brasil foram feitas com o processo GMAW (Scotti, 2008). Este processo tem como principais vantagens a alta taxa de deposição metálica, elevada penetração, possibilidade de soldar em todas as posições, além de outras vantagens. Os parâmetros de soldagem monitorados tradicionalmente são a tensão de arco e a corrente de soldagem. Esses parâmetros são muito utilizados por serem indicadores diretos da estabilidade do arco elétrico que controla a transferência de calor e do metal. A estabilidade no processo de soldagem é conceituada distintamente por diversos autores. Gonçalves et al (2008) definem que a estabilidade do processo, se dá quando o resultado do mesmo é uma solda com regularidade na transferência metálica, independente do tipo, e homogeneidade da mesma ao longo do cordão, produzindo um mínimo de respingos, os quais não comprometem o conforto do soldador e nem acarretam em tempos secundários excessivos de retrabalho, produzindo uma poça e metal de solda também geometricamente homogêneos em toda a extensão do cordão. A máxima estabilidade no processo de soldagem GMAW acontece quando: o balanço da velocidade de alimentação de arame e a taxa de fusão do arame são iguais, se tem o máximo número de curtos-circuitos por segundo, se tem o mínimo desvio-padrão dos tempos dos curtos-circuitos, quando a transferência de massa é mínima durante o curto-circuito e o nível dos respingos é mínimo (Bingul e Cook, 1999; Adolfsson et al, 1999; Cook et al, 1992 e Wu et al, 2001). O arco elétrico da soldagem envolve e gera fenômenos físicos que podem ser usados como parâmetros de monitoramento. Além dos parâmetros convencionais de tensão e corrente do arco, o arco elétrico também gera a emissão da temperatura, campos eletromagnéticos, luminosidade, pressão acústica, entre outras que são os parâmetros não convencionais e que o seu sensoriamento permitiria fazer o monitoramento on-line do processo de soldagem. Alguns de estes parâmetros não convencionais são percebidos pelos

operadores experientes para monitorar a atividade do processo. O soldador experiente usa uma combinação visual - acústica no momento de executar a solda, (Kralj, 1968). No final da década de 70, conseguiu-se medir a voltagem do arco elétrico mediante métodos acústicos (Drouet e Nadeau, 1979). A partir daí foram propostos alguns sistemas experimentais de monitoramento acústico do processo de soldagem GMAW, porém não foram implantados comercialmente. Foram feitos trabalhos na identificação de modos de transferência baseada na análise no domínio do tempo (Mansoor e Huissoon, 1999); caracterização acústica do processo GMAW, empregado a análise pelo método Taguchi e a análise psico - acústico (Tam, 2005); estudos de factibilidade do sinal acústico para o monitoramento do processo GMAW (Grad et al, 2004); identificação de modos de transferência mediante a análise dos sinais acústicos no domínio da frequência (Poopat e Warinsiruk, 2006); medição da qualidade a partir do monitoramento acústico (Cayo e Absi, 2007a); influencia do ruído ambiental na acústica do arco elétrico do processo GMAW (Polajnar et al, 2007); monitoramento on-line do processo GMAW mediante sinais audíveis (Čudina et al, 2008). Avaliação da Estabilidade do Processo GMAW-S a partir do Nível de Pressão Acústica do Arco (Cayo e Absi, 2008b); identificação de Modos de Transferência baseado no Nível de Pressão Acústica do Arco no Processo GMAW (Cayo e Absi, 2008a). Todos esses trabalhos estão baseados no sinal de pressão acústica do arco no domínio do tempo. Na análise no domínio da frequência da pressão acústica do arco para identificar modos de transferência feita por Mansoor e Huissoon, (1999) concluíram que a análise no domínio da frequência não permite distinguir com clareza entre um e outro modo de transferência. No estudo da possibilidade do uso dos sinais acústicos do arco elétrico para o monitoramento on-line do processo GMAW-S, feito por Grad et al (2004), concluíram que a frequência do curto-circuito não é estável e, portanto, a análise de frequência não é confiável. No presente trabalho se faz um estudo comparativo de duas metodologias de análise da acústica produzida pelo arco elétrico do processo GMAW visando detectar instabilidades. O monitoramento acústico do processo tem a vantagem de que ele não precisa ter conexões ao processo de nenhuma natureza, já que é um método não intrusivo. A sua aplicação como ferramenta para a medição da estabilidade do processo poderia servir como um método para a detecção de defeitos na solda. O sinal de pressão acústica é uma consequência da modulação em amplitude da tensão e corrente do arco elétrico (Drouet e Nadeau, 1982), esta relação fica representada pela Eq. 1.

$$S_a(t) = k \frac{d(V(t).I(t))}{dt} \tag{1}$$

Onde: $S_a(t)$ - Sinal de Pressão Acústica (V),
 $V(t)$ - Tensão de arco (V)
 $I(t)$ - Corrente elétrica do arco (A)
 k - Fator geométrico

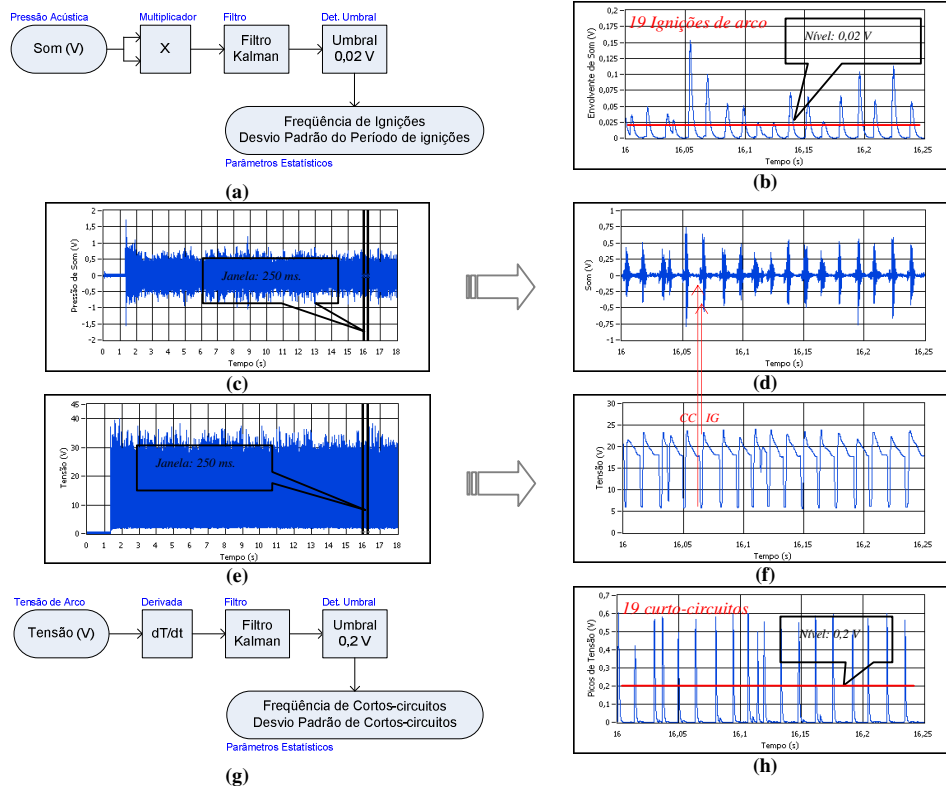


Figura 1. Layout e Sinais na Detecção de Ignições e Curto-circuitos

O modo de transferência por curto-circuito se caracteriza por consistir de uma seqüência de curto-circuitos e ignições do arco de soldagem. Estes fenômenos se vêm refletidos na acústica do arco expressada pela Eq. 1. Devido a isto é possível calcular o numero de curto-circuitos e ignições do arco a partir da acústica do arco (Cayo e Absi, 2007b). Na Fig. 1(c) e (e) se apresentam os sinais de pressão de som e tensão de arco respectivamente. Na Fig. 1(d) e (f) se apresenta uma janela de 250 ms. dos sinais descritas anteriormente; em elas é possível notar como se reproduz no som os curto-circuitos e ignições do arco elétrico. Um curto-circuito no arco se reproduz no som como um pulso de pequena amplitude; uma ignição se reproduz no som como um impulso de grande amplitude. Devido ao ruído ambiental às vezes é pouco notório o impulso acústico que reproduz o curto-circuito. Mas o curto-circuito e a ignição do arco são dois fenômenos que sempre ocorrerão um depois do outro, portanto é possível medir o numero de ignições e a periodicidade de estes a partir dos impulsos acústicos produzidos pelo arco elétrico. Para o calculo do numero de ignições a partir da acústica do arco, se seguiu o modelo mostrado na Fig. 1(a), que consiste num detector de envolvente quadrático otimizado com um filtro de kalman. Na Fig. 1(b) se mostra a envolvente do sinal acústico, onde cada impulso representa uma ignição do arco. Para o calculo do numero de curto-circuitos a partir da tensão do arco se usou uma combinação de um derivador e um filtro kalman (ver Fig.1 (g)). Cada impulso da gráfica mostrada na Fig. 1(h) representa um curto-circuito. Para ambos os casos (ignições e curto-circuitos) se estabeleceram níveis de detecção para a contagem de pulsos por cada janela; para o caso da janela de 250 ms. Pode-se notar que foram detectadas acusticamente 19 ignições (ver Fig. 1(b)) e também detectaram-se 19 curto-circuitos a partir da tensão do arco (ver Fig. 1(h)) confirmando a estreita relação dos sinais elétricos e acústicos do processo de soldagem.

Para a análise da pressão acústica no domínio da freqüência é usada a transformada continua de Fourier; ela através de uma transformação linear leva o sinal de pressão acústica do domínio temporal para o domínio da freqüência. A transformada continua de Fourier do sinal de pressão acústica $s(t)$ é definido por:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (2)$$

Onde $S(f)$ representa o espectro de freqüências do sinal $s(t)$; a partir do domínio da freqüência determinamos as componentes dominantes de freqüência e as suas características diante de variações da pressão acústica no domínio do tempo. Devido à integração que é feita sobre uma faixa infinita de tempo, na pratica este é realizado por uma integração discreta sobre N pontos de dados e k bandas de freqüências finitas. Esta técnica é conhecida como transformada discreta de Fourier (Discrete Fourier Transform - DFT) e é expressa por:

$$S(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} s(n)e^{-j2\pi kn/N} \quad (3)$$

A análise em frações de oitavas de freqüência permite avaliar o comportamento de faixas de freqüência em lugar de só uma freqüência. Uma oitava é definida como um intervalo entre duas freqüências onde uma delas é o duplo da outra. Os limites da banda da oitava são calculados mediante as Eq. 4, 5 e 6.

$$f_{C_{n+1}} = 2^m f_{C_n} \quad (4)$$

$$f_{L_n} = \frac{f_{C_n}}{2^{m/2}} \quad (5)$$

$$f_{U_n} = 2^{m/2} f_{C_n} \quad (6)$$

$$G(n) = \sqrt{\frac{1}{(f_{U_n} - f_{L_n})} \sum_{f(k)=f_{L_n}}^{f_{U_n}} [S(f)]^2} \quad (7)$$

Onde:

m :	Fração de banda de oitava
$f_{C_{n+1}}$:	Freqüência central da banda n
f_{L_n} :	Limite inferior da banda n
f_{U_n} :	Limite superior da banda n

Logo de obter o espectro da pressão acústica $S(f)$, obtemos as faixas de oitavas de freqüência $G(n)$ a partir da Eq. (7). Na Fig. 2(a) se apresenta o espectro continua da janela de som mostrada na Fig. 1(d). A Fig. 2(b), 2(c) e 2(d)

apresentam o resultado da transformação do domínio de frequências para o domínio de frações de oitavas de frequência de 1/3 de oitava com 30 bandas, 1/10 de oitava com 102 bandas e 1/12 de oitava com 120 bandas respectivamente. Quando as divisões da oitava se incrementam a gráfica do espectro de frequências se vai aproximando ao original. No presente trabalho foi feita a análise nas três faixas de frequência.

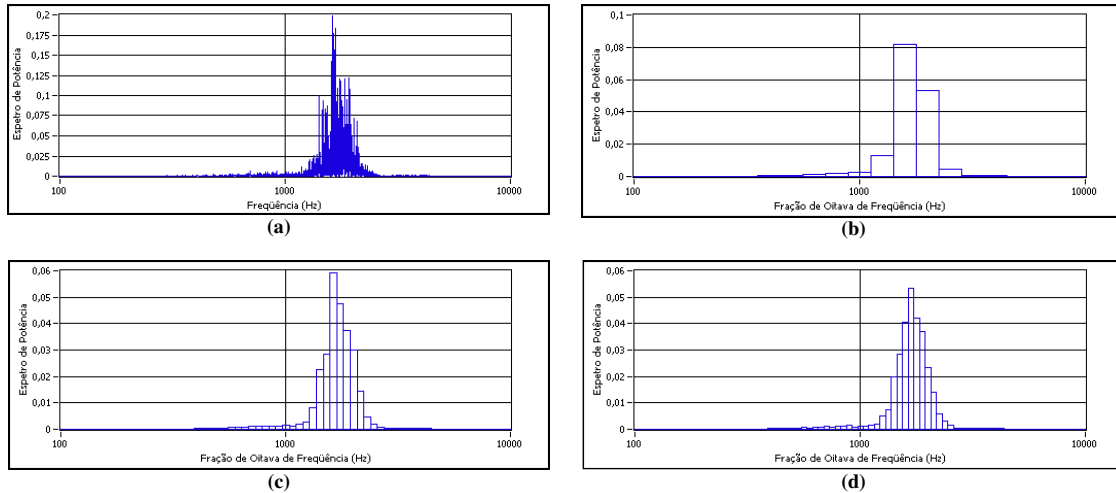


Figura 2. Domínio de Frequência e Oitavas de Frequência

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Considerações Gerais

Os sinais de tensão de arco e pressão acústica do processo de soldagem foram amostrados com frequência de 20 kHz. Estudos em psico-acústica determinaram que em quanto o sinal de som do processo GMAW não supere 400 ms de atraso, este será um indicador confiável do comportamento do processo (Tam e Huissoon, 2005). Em diversos trabalhos de monitoramento acústico de soldagem, cada autor localizou o microfone em distintas distâncias da poça de fusão; 85 mm (Druet *et al*, 1979), 1 m (Sanches *et al*, 2006), 200 mm (Warinsiruk e. Poopat, 2006), 35 mm (Čudina et al, 2008). No presente trabalho o microfone foi localizado a 150 mm da poça de fusão e um angulo de inclinação de 45°. (ver Fig. 3-a), para esta localização se tomou em conta a proteção do microfone contra os respingos e a radiação em excesso da soldagem que pode alterar a estabilidade, repetitividade e tempo de resposta do microfone.

2.2. Instrumental e Materiais

Para a aquisição e processamento de sinais de tensão de arco e pressão acústica do arco, usou-se o software de instrumentação virtual LabVIEW 8.2 e a placa de aquisição de dados PCI Eagle 703S seguindo a distribuição mostrada na figura 2 (b). Para a medição de som usou-se a saída analógica do decibelímetro Brüel & Kjer - Type 2250 que usa o microfone 4189 com uma sensibilidade de $-26 \text{ dB} \pm 1.5 \text{ dB}$, 50 mV/Pa.

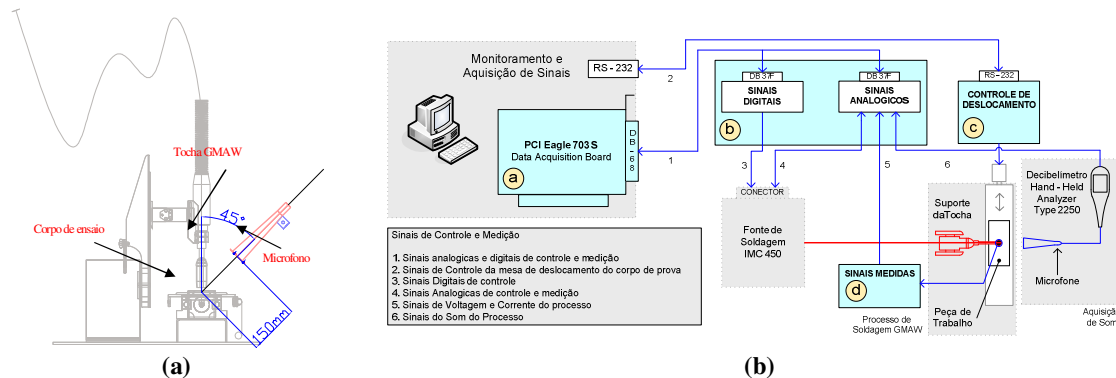


Figura 3. Hardware e Equipamentos usados na Experimentação

2.3. Parâmetros de Soldagem

As soldas foram feitas com eletrodo arame AWS A5.18 ER70S-6 de 1 mm de diâmetro, os corpos de prova foram chapas de aço AISI 1020 de 6.50 mm., o gás de proteção usado foi mistura de argônio e anidrido carbônico M21 (ATAL 5A/Ar 82% + CO2 18%). Na tabela 1 se mostram os experimentos que se fizeram. Os experimentos estão divididos em dois grupos; o primeiro grupo consiste em ensaios de soldaduras sem presença de defeitos sobre a chapa. O segundo grupo de ensaios consistiu em soldas com a presença de um defeito simulada, que consistiu na presença de graxa sobre a chapa na trajetória da solda. Na execução das soldas foram adquiridas sinais de tensão e pressão acústica do arco elétrico.

Tabela 1. Parâmetros elétricos para os ensaios realizados

Tensão (V)	Vel. de Alim. de arame (m/min)	Velocidade de Soldagem (mm/s)	Stand Off (mm)	Fluxo de Gás (l/min)
20,0	6	10	12	15

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1. Análise de Parâmetros Estatísticos

A figura 4 apresenta os resultados dos cálculos e medições estatísticas da freqüência de ignições do arco medida a partir da pressão acústica e a freqüência de curtos-circuitos medida a partir da tensão do arco do processo de soldagem. Estes resultados foram obtidos a partir de 20 soldas feitas sobre chapas de aço AISI 1020 em posição plana. Por cada solda se fez a media da freqüência de ignições e curto-circuitos por segundo.

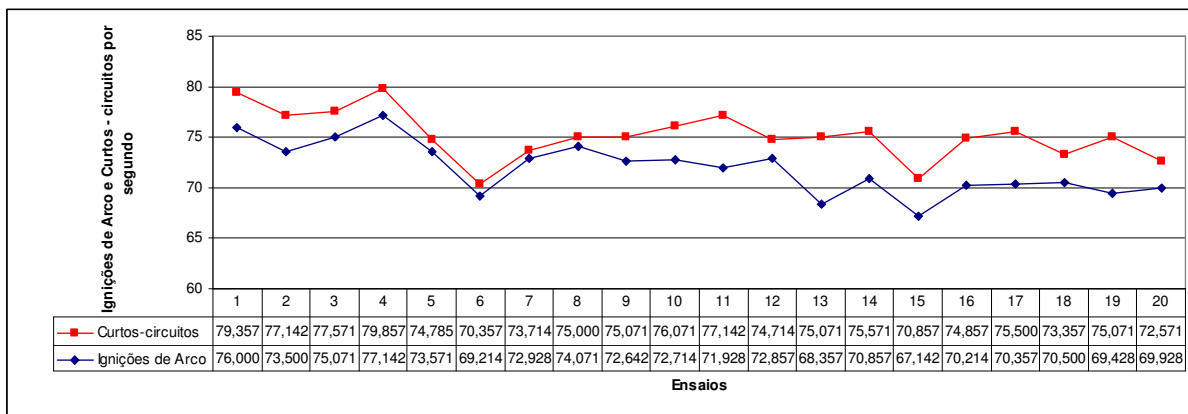


Figura 4. Curtos-circuitos e Ignições do Arco

As duas curvas de distribuição de ignições e curto-circuitos calculados a partir da pressão acústica e tensão do arco elétrico respectivamente, mostram que efetivamente a pressão acústica é o resultado da modulação em amplitude da tensão e a corrente do arco (Druet *et al*, 1982). Esta relação elétrica e acústica possibilita o monitoramento on-line do processo de soldagem visando detectar defeitos. Seguindo isso se fez o cálculo dos parâmetros estatísticos de estabilidade acústica. A figura 5 (a) apresenta o aspecto final da solda para a simulação do defeito pela presença de graxa na trajetória da solda. Na figura 5 (b) se apresenta a freqüência de ignições onde se observa que diminuiu durante o defeito devido a que o arco elétrico sofreu aberturas que geraram instabilidade na ignição do arco, aumentando a tensão do arco ao mesmo tempo em que a corrente sofre quedas caóticas e, portanto a pressão acústica diminuiu em amplitude e periodicidade dos impulsos. Como conseqüência disso o numero de ignições diminuiu. Na figura 5 (c) se apresenta o desvio padrão dos períodos de ignições. Nesse gráfico se pode ver que se produziram poucas mudanças abruptas pronunciadas durante o defeito. A figura 5 (d) apresenta a freqüência de curtos-circuitos. Note-se que na freqüência de ignições –fig. 5 (b)-, se produziram variações leves durante o defeito mas, esses são menos pronunciados. A figura 5 (e) apresenta o desvio padrão da freqüência de curto-circuitos. Nesse gráfico pode-se observar que se produziu uma variação bastante pronunciada. Nas figuras 5 (b), (c), (d) e (f) se pode notar a regiões de defeitos simulados RDS. Se pode notar que há uma pronunciada diminuição da freqüência de ignições que tem um similar comportamento com a freqüência de curto-circuitos. Nesta região o desvio padrão da freqüência de ignições é menos pronunciada do que o desvio padrão da freqüência de curto-circuitos.

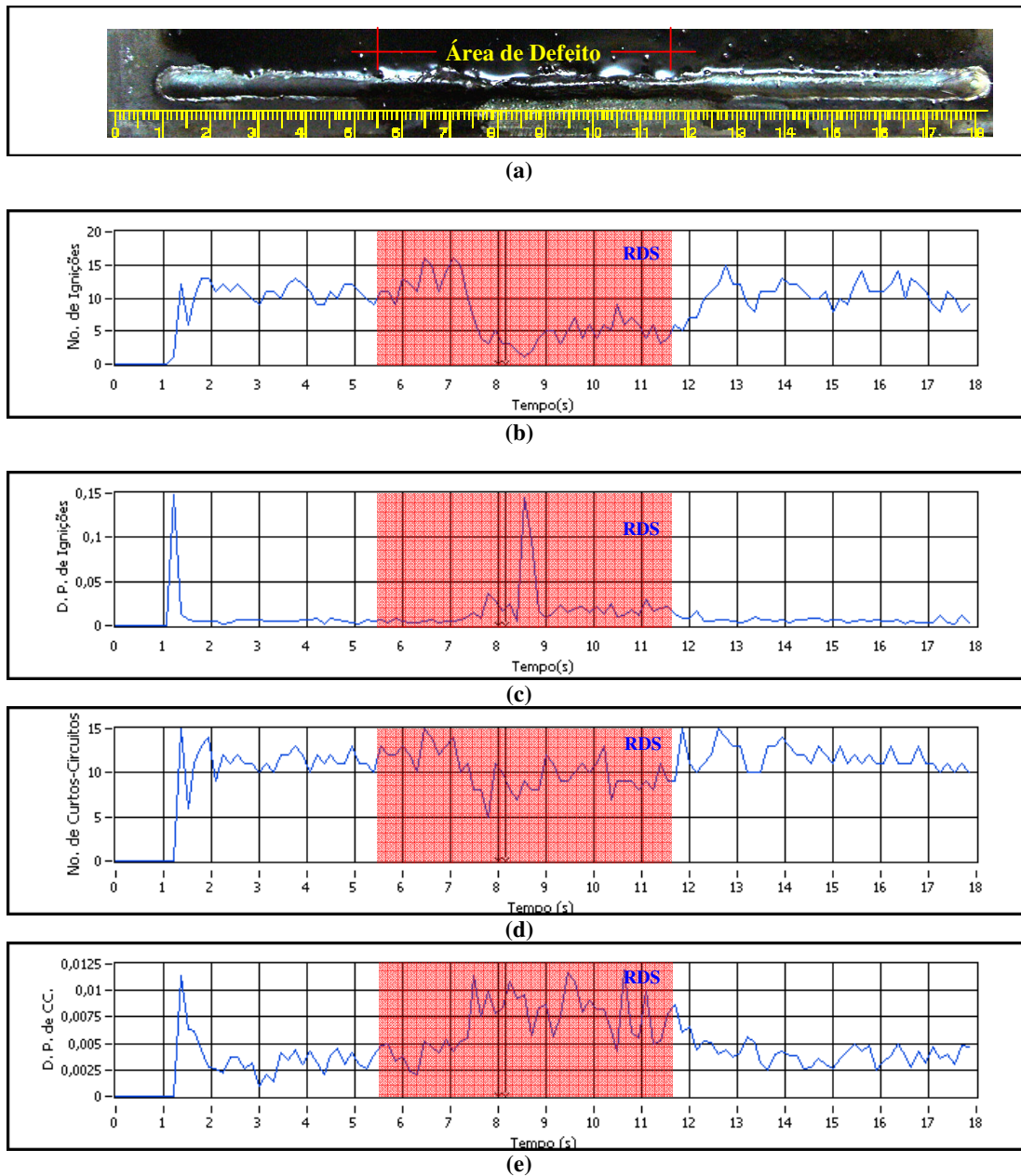


Figura 5. Parâmetros Estadísticos de Estabilidade Elétrica e Acústica

3.2. Análise de Oitavas de Freqüência

Na figura 6 (a) se apresenta o aspecto final de outra solda que foi submetida a uma simulação de defeito. Nessa figura de pode localizar duas regiões (SD e CD). A Região SD representa uma porção equivalente a um segundo de solda sem presença de defeitos. A região CD representa a porção equivalente a um segundo de solda com a presença do defeito. A partir de essas regiões de análise, fez-se o calculo do espectro de freqüência do sinal de pressão acústica produzidos pelo arco elétrico. A figura 6 (b) apresenta a distribuição de freqüências para ambas regiões de análise. Na distribuição das freqüências para a região sem defeito se pode notar que a componente dominante de freqüência fica aproximadamente nos 2 kHz. Na figura 6 (c), (d) e (e) se apresenta a distribuição das faixas de freqüências para 1/3, 1/10 e 1/12 de oitava de freqüência para as duas regiões de análise. Nestas distribuições de freqüência para a região de solda sem defeitos se confirma que a freqüência dominante de 2 kHz fica dentro da faixa dominante. A distribuição de freqüências da pressão acústica para a região defeituosa se manifesta com uma diminuição notória na amplitude da freqüência dominante (ver as regiões D1, 2 e 3 nas figuras 6 (c), (d) e (e)), mas não produz uma mudança da freqüência dominante. Nas distribuições de faixas de oitavas de freqüência tampouco se podem apreciar mudanças nas bandas de freqüências.

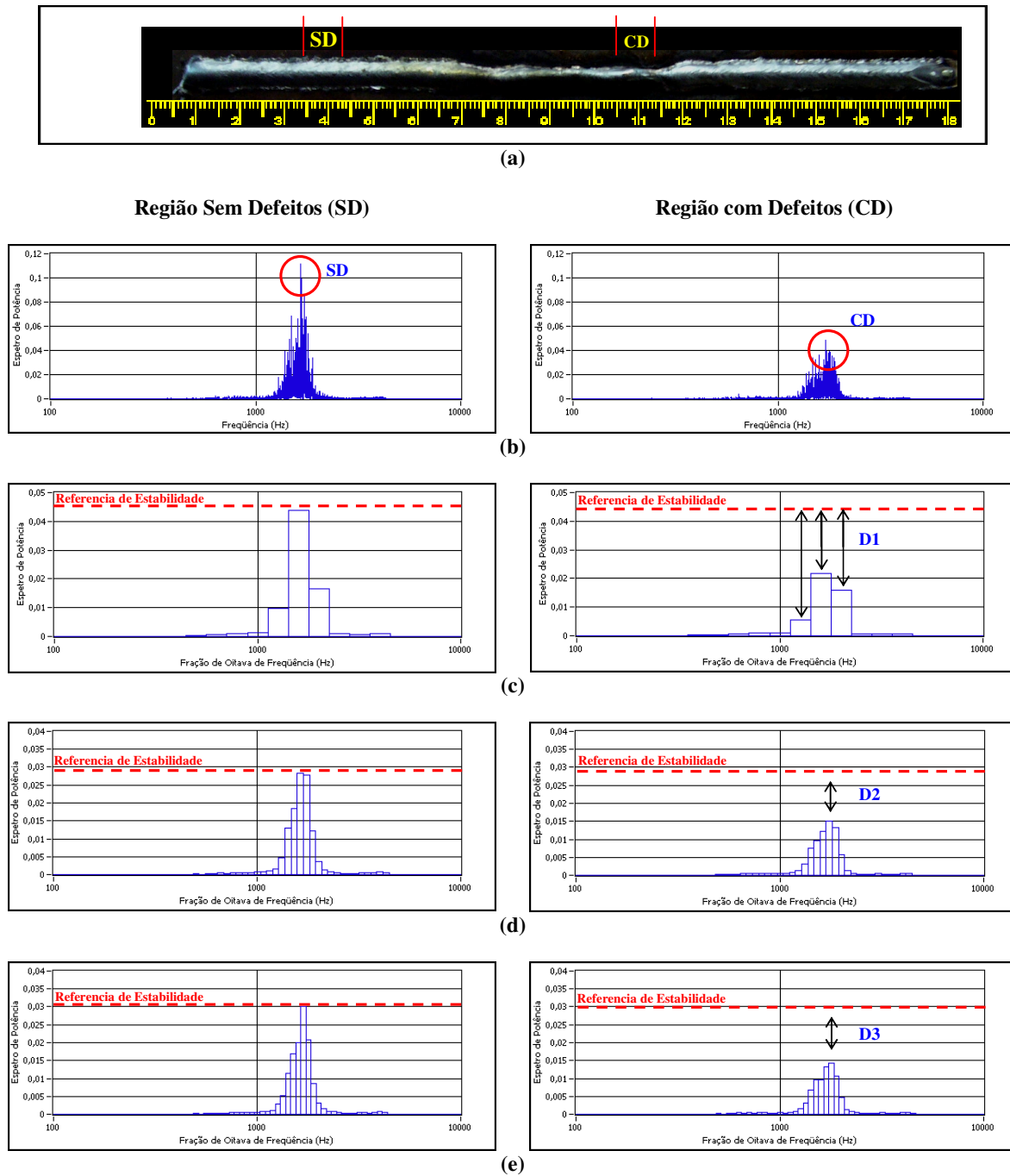


Figura 6. Parâmetros Estadísticos de Estabilidade Acústica

4. CONCLUSÕES

O emprego da acústica do arco elétrico é uma ferramenta factível para a avaliação da estabilidade do processo GMAW. As instabilidades do processo se vêm refletidas em variações caóticas da pressão acústica que representam as instabilidades da tensão e corrente do arco. Como resultado de este estudo comparativo concluímos que a avaliação acústica da estabilidade do processo GMAW apresenta maior clareza e representatividade na análise da pressão acústica do arco no domínio do tempo analisando os parâmetros acústicos como o numero de ignições e o desvio padrão do período de ignições.

A análise da pressão acústica no domínio da frequência também apresenta variações. Estas variações só se manifestam na diminuição da amplitude das frequências dominantes, mas não ha uma mudança de componente de frequências dominantes.

A análise no domínio do tempo além de apresentar maior perceptibilidade para a detecção de instabilidades, apresenta um potencial possível de localizar defeitos sobre a chapa soldada. A detecção em tempo real de defeitos na solda a partir da acústica do arco elétrico poderia converter-se em uma útil ferramenta para a avaliação e controle de qualidade da solda no processo GMAW.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com os recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior - Capes e foi patrocinado pela Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos - FINATEC.

6. REFERÊNCIAS

- Adolfsson, S., Bahrami, A., Bolmsjö, G. e Claesson, I., 1999, "On-line quality monitoring in short-circuit gas metal arc welding", *Welding Research Supplement*, p. no2 59s-73s.
- Bingul, Z. e Cook, G. E., 1999, "Dynamic Modeling of GMAW Process", *Proceeding of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, Detroit, Michigan, USA.
- Cayo E. H. ; Absi Alfaro, S.C., 2007a, "Medición de la Calidad en Soldadura Basado en Sensoreamiento Acústico", 8º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, 2007, Cusco - Perú. CIBIM8. Lima - Perú : Pontificia Universidad Católica del Perú, v. 1. p. 1068-1079.
- Cayo E. H.; Absi Alfaro, S.C., 2007b, "Welding Quality Measurement Based On Acoustic Sensing", COBEM2007, 2007, Brasília. 19th International Congress of Mechanical Engineering. São Paulo : ABCM, 2007. v. 1. p. 2200-2200-11.
- Cayo E. H. ; Absi Alfaro, S.C., 2008a, "Weld Transference Modes Identification Through Sound Pressure Level in GMAW Process", *Sixteenth International Scientific Conference on Achievements of Mechanical and Materials Engineering - AMME'2008*, June 2008, Gliwice, Poland, p. 1.15, p.73. ISBN 83-89728-47-8, EAN 9788389728470.
- Cayo E. H. ; Absi Alfaro, S.C., 2008b, "Evaluación Acústica de la Estabilidad del Proceso de Soldadura MIG/MAG para el Modo de Transferencia Corto-circuito", 3º Congreso Nacional de Ingenierías Mecánica, Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica, Universidad Autónoma Metropolitana, 2008, Azcapotzalco-Ciudad de Mexico, Mexico, v. 3, s. 4, pp. 399-405.
- Cook, G. E., Andersen K. e Barrett R. J., 1992, "Keynote Address Feedback and Adaptive Control in Welding", *International Trends in Welding Science and Technology*, ASM International, pp 891-903.
- Čudina, J. Prezelj, I. Polojnar, 2008, "Use of Audible Sound For On-Line Monitoring of Gas Metal Arc Welding Process", *Croatian Metallurgical Society, Metalurgija* 47, 2, 81-85, 2008, Zagreb, Croatia.
- Drouet M. G. and Francois Nadeau, 1979, "Pressure Waves due to Arcing Faults in a Substation", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. (No.5), PAS-98.
- Drouet M. D. and Francois Nadeau, 1982, "Acoustic measurement of the arc voltage applicable to arc welding and arc furnaces", *J. Phys. E: Sci. Instrum.*, Vol. 15.
- Gonçalves, R. H., Dutra, J. C. e Gohr, R., 2008, "Fundamentos científicos e tecnológicos para o desenvolvimento do processo MIG/MAG por Curto-Circuito Controlado (CCC)-Uma Revisão da Literatura. Parte 3 de 3: Princípios dos Sistemas MIG/MAG em Curto-Circuito com Controle de Corrente", *Soldagem Insp.* São Paulo, Vol. 13, No. 1, p.070-081,Jan/Mar.
- Grad, L., Grum, J., Polajnar, I., e Slabe, J. M., 2004), "Feasibility study of acoustic signals for on-line monitoring in short circuit gas metal arc welding", *International Journal of Machine Tools and Manufacture* Volume 44, Issue 5, April 2004, Pages 555-561
- Kralj, V., 1968, "Biocybernetic investigations of hand movements of human operator in hand welding" *IW/IIS Doc.* 212-140-68.
- Mansoor, A.M., Huissoon, J.P., 1999, "Acoustic Identification of the GMAW Process", *9th Intl. Conf. on Computer Technology in Welding*, pp312-323 Detroit, USA.
- Poopat, B. e Warinsiriruk, E., 2006, "Acoustic signal analysis for classification of transfer mode in GMAW by noncontact sensing technique", *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, Vol. 28, Issue 4, pages/rec.No: 829-840, University of Technology Thonburi, Thungkru, Bangmod, 2006, Bangkok, Thailand.
- Polajnar, I., Prezelj, J., Mišina, N., Cudina, M., 2007, "Noise at the Welder's Workplace", *Sigurnost* 49 (2) 113 - 124 (2007), Ljubljana, Slovenija
- Sanches A., Carvajal, H., Blanco, J., Sanz, F. e Jimenes, E., 2006, "Caracterización del modo de transferencia por cortocircuito en procesos de soldadura GMAW a partir de la señal de emisión acústica generada por el arco", *IV Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica - COMEC*, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Scotti, A., 2008, "A Portrait of the Welding Research in Brazil", *Soldagem Insp.* São Paulo, Vol. 13, No. 2, p. 160-164, Abr/Jun.
- Tam, J. 2005, "Methods of Characterizing Gas-Metal Arc Welding Acoustics for Process Automation", tese apresentada na Universidade de Waterloo para obter o grau de mestre em Engenharia Mecânica, Canada.

- Tam J. e Huissoon J., 2005, "Developing Psycho-Acoustic Experiments in Gas Metal Arc Welding", Proceedings of the IEEE, International Conference on Mechatronics & Automation, Niagara Falls, Canada.
- Warinsiruk E. e Poopat B., 2006, "Investigation of Metal Transfer of ER70S-6 Filler metal in MAG-M Welding by Acoustic Signal Detection", The Fourth Thailand Materials Science and Technology Conference, Bangkok, Thailand, April.
- Wu, C. S., Polte, T. e Rehfeldt, D., 2001, "A Fuzzy Logic System for Process Monitoring and Quality Evaluation in GMAW", Supplement to the Welding Journal, February 2001

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

COMPARATIVE STUDY BETWEEN TWO METHODS FOR THE ACOUSTICAL MONITORING IN GMAW PROCESS STABILITY

Eber Huanca Cayo, eber@unb.br¹
Sadek C. Absi Alfaro, sadek@unb.br

¹Mechanical Engineering Department, Faculty of Technology, University of Brasilia, Brasilia 70910-900, Brazil

Abstract: Referring studies and research to the acoustical monitoring of the GMAW process, make boardings of the analysis in time domain frequency, finding a correlation between the electric and acoustic signals. In the present work was made the comparative study of two methods of analysis based in the acoustical pressure of the electric arc for the evaluation of the stability of the GMAW process. The first method consists in the statistical analyse from the acoustical pressure parameters in the time domain; these parameters are the number of acoustic impulses and its standard deviation. In the second method was made the analysis of the acoustical pressure in the frequency domain; in this case was made an octave frequency analysis with the objective to find more than a characteristic frequency, a band of frequencies that characterizes the stability of the process. Welds had been made with the parameters adjusted to get the highest stability. In these conditions, was simulated instabilities that had been generated by the grease presence in the trajectory of the weld. In the gotten results, the first method could represent adequately the stability and the instability of the process. The stability characterizes for the continuity and minim variation of the statistical parameters, but in the presence of instabilities, these parameters present chaotic changes. In the second method the frequency variations are imperceptible for steady and unstable regions, but it presents little definite variations in the amplitude of determined bands of frequencies. After this comparative study we conclude that the evaluation acoustics of the stability of process GMAW presents more clarity for the analysis of the acoustic pressure of the arc in the domain time that the domain frequency.

Keywords: Acoustics, GMAW, stability, frequency, chaotic.

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper