

## **ESTUDO DOS FUMOS E GASES GERADOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM GAS METAL ARC WELDING (GMAW) EM EMPRESA DO SEGMENTO METAL MECÂNICA DE PERNAMBUCO**

S. J. Ferreira Alves

Departamento de Engenharia Mecânica da UFPE

C. M. da Silva

UPE – Universidade de Pernambuco

A. R. P. Schuler

Departamento de Engenharia Química da UFPE

R. A. Sanguinetti Ferreira

Departamento de Engenharia Mecânica da UFPE

O. O. Araujo Filho

Departamento de Engenharia Mecânica da UFPE - Av. Arquitetura S/N Cidade  
Universitária – CEP: 50740-550 – e-mail: [oscaroaf98@hotmail.com](mailto:oscaroaf98@hotmail.com)

### **RESUMO**

*Na união de materiais metálicos os processos de soldagens ao arco elétrico são predominantes. E no mundo há uma enorme utilização do Gas Metal Arc Welding (GMAW). Este trabalho objetiva a coleta e o estudo dos fumos (particulados) e gases gerados na soldagem Gas Metal Arc Welding (GMAW) em empresa do segmento metal mecânica de Pernambuco de acordo com normas regulamentadoras. A caracterização dos fumos foi obtida por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP - OES) e a dos gases ocorreu por cromatografia em fase gasosa.*

Palavras-chave: Soldagem ao arco elétrico; Soldagem GMAW; Fumos na soldagem GMAW; Gases na soldagem GMAW.

## **INTRODUÇÃO**

No mundo moderno é cada vez maior a necessidade de unir materiais em processos de fabricação. O processo de soldagem GMAW é extensivamente utilizado Modenesi e Marques <sup>(1)</sup> e Machado <sup>(2)</sup>. Nas soldagens ocorre a geração de fumos (particulados) que segundo os autores Lyttle <sup>(3)</sup>, Lucas e Carter <sup>(4)</sup> são oriundos do metal de adição; além de gases que terão características fortemente dependentes dos processos de soldas escolhidos que por sua vez dependem do material de base que será soldado e podemos fazer uma analogia e dizer que numa soldagem tanto os fumos quanto os gases gerados são os efluentes da soldagem sendo o primeiro o efluente sólido e o segundo o efluente gasoso. Embora em nosso país existam normas que determinam como devem ser coletados e analisados os fumos das soldagens, além de indicarem os limites máximos de emissões permitidos, no caso a Norma de Higiene Ocupacional 08 (NHO 08) da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) e a Norma Regulamentadora 15 (NR-15) do Ministério do Trabalho, muitas empresas aqui em funcionamento utilizam processos de soldagens em seu dia a dia produtivo e negligenciam o grande potencial poluidor dos fumos e dos gases oriundos das soldas à sociedade e ao meio ambiente; nas lacunas das duas normas citadas são usados os valores e metodologias de análises descritas na ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Este trabalho foi baseado no estudo dos fumos e dos gases gerados no processo de soldagem GMAW em indústria do segmento metal mecânica do Estado de Pernambuco. Este processo de soldagem foi escolhido por ser o predominante de solda por fusão no mundo atual. As amostras foram coletadas em duas indústrias do estado de Pernambuco utilizando uma bomba e bolsas coletoras e analisadas. A caracterização dos fumos foi obtida por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP - OES) no ITEP (Instituto Tecnológico de Pernambuco). A caracterização dos gases foi feita por cromatografia em fase gasosa mediante cromatografo da marca Varian modelo 3400 na SM Controle de Qualidade Ltda, localizada no bairro de Afogados, na cidade do Recife capital do Estado de Pernambuco.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Norma Regulamentadora NR-15 indica apenas o valor máximo tolerável de exposição a fumos metálico de manganês e a ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) indica os valores máximos toleráveis de exposição a diversos fumos metálicos, mas neste trabalho foram considerados o alumínio, o cobre, o ferro, o magnésio, o manganês, o níquel e o zinco.

Tabela 3 - Valores máximos toleráveis de exposições a fumos metálicos segundo a NR-15 e a ACGIH)

Fontes: Norma Regulamentador 15 do Ministério do Trabalho e ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Fumos	NR-15 (mg/m <sup>3</sup> )	ACGIH, Técnica NIOSH, Método 7303 (mg/m <sup>3</sup> )
Alumínio	-	5
Cobre total	-	0,2
Ferro total	-	5
Magnésio total	-	10
Manganês total	1	0,2
Níquel total	-	1,5
Zinco	-	2

Tabela 4 - Valores das concentrações médias ponderadas pelo tempo dos fumos metálicos das amostras 06, 07 e T1 da empresa "A"

Fumos	Amostra 6 (mg/m <sup>3</sup> )	Amostra 7 (mg/m <sup>3</sup> )	Amostra T1 (mg/m <sup>3</sup> )	Concentração Média ponderada pelo tempo	Desvio padrão
Alumínio	0,013	0,004	0,005	0,007	0,072
Cobre total	0,010	0,021	0,010	0,012	0,006
Ferro total	0,455	0,359	0,415	0,396	0,048
Magnésio total	<0,032	< 0,025	< 0,025	< 0,028	-
Manganês total	0,046	0,059	0,060	0,054	0,008
Níquel total	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
Zinco	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-

Os valores da tabela 4 confirmam que a concentração média ponderada pelo tempo das amostras de fumos 6, 7 e T1 coletadas das soldas GMAW da empresa "A" referente aos elementos Al, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni e Zn estão abaixo dos limites

toleráveis de exposição aos fumos metálicos em relação à NR-15 e também à ACGIH pela técnica NIOSH e pelo método 7303 e reiteramos que a poluição ocasionada por fumos e gases gerados nas soldas são cumulativos e tão maiores quanto maior o número total de soldadores ativos. De acordo com a tabela 4 basta que nesta empresa exista 5 soldadores GMAW para que a concentração média ponderada pelo tempo ultrapasse o limite máximo de exposição ao manganês (Mn) conforme a ACGIH. A figura 2 mostra que a exposição a fumos de soldas contendo o manganês na concentração acima de  $5,0 \text{ mg/m}^3$ , há risco de intoxicação. Conforme a tabela 4 e baseado no mesmo raciocínio anterior com 33 soldadores soldando simultaneamente também será excedido o limite máximo de exposição ao cobre (Cu), com 15 soldadores soldando simultaneamente também é excedido o limite máximo de exposição ao ferro (Fe) e todos os limites conforme a ACGIH. A figura 2 exhibe os valores limites toleráveis para exposição a fumos de soldagens.

Elemento	Valores Limites Toleráveis ( $\text{mg/m}^3$ /8 horas)	Efeitos
Alumínio	ND	A,F
Cádmio	0,1	H,F,I,M*
Cromo	1,0	I,N,B
Cobre	0,1	A
Fluoretos (fluxos)	2,5	O,L,I
Ferro	10,0	C,B
Chumbo	0,2	H,L
Magnésio	15,0	A
Manganês	5,0	H,K
Níquel	1,0	N,A
Vanádio	0,1	A
Zinco	5,0	B
Monóxido de carbono	5,5	H
Óxidos nitrosos	-	A,C,F,O
Ozônio	0,2	A,E,F

\* $2500 \text{ mg/m}^3$  é FATAL  
 ND – não determinado  
 A – inflamação do sistema respiratório e pulmão: dores de cabeça, letargia, irritação dos olhos, fluído no pulmão;  
 B – febre devido ao fumo: sabor de metal, calafrios, sede, febre, dor muscular, fadiga, dor de cabeça, náuseas, após 3 dias desaparecimento do sintomas.  
 C – bronquite crônica  
 D – distúrbios visuais  
 E – crise de asma ( quando em presença de elementos alérgicos )  
 F – edema pulmonar  
 G – efisema  
 H – intoxicação  
 I – gastrite ( inflamação do estômago e intestino )  
 J – dispnéia ( dificuldade de respiração, falta de ar )  
 K – manganismo ( efeitos neurológicos semelhantes ao “Mal de Parkinson”  
 L – anemia  
 M – nefrite crônica ( inflamação dos rins )  
 N – possibilidade de câncer  
 O – aumento da densidade dos ossos e ligamentos

Fig. 2 - Valores limites toleráveis de concentrações de fumos e gases de soldas segundo AWS, 1979 e efeitos de partículas, fumos e óxidos metálicos, conforme a OSHA (Occupational Safety and Health Administration). Fonte: “Effects of Welding on Health”, American Welding Society, 1979.

A caracterização dos gases monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ambos em % e em partes por milhão (ppm) nas amostras coletadas das soldas da empresa “A” foram obtidas por cromatografia em fase gasosa mediante cromatógrafo da marca Varian modelo 3400 na SM Controle de Qualidade Ltda. Foi coletada uma amostra do ar ambiente em 29/10/2013 no estacionamento desta empresa distanciado de aproximadamente 300 metros da área de produção (solda GMAW) (amostra 1) e foram coletadas mais três amostras (amostra 2) que foi coletada em 07/11/2013 após 10 minutos do início do segundo turno de trabalho, ou seja, após o almoço deste dia; de amostra 3 coletada em 07/11/2013 após 10 minutos da coleta da amostra 2 e por fim a amostra 4 coletada em 07/11/2013 após 10 minutos da coleta da amostra 3. A duração média das coletas de cada uma das amostras foi de um minuto e trinta segundos (1min e 30 s).

A tabela abaixo exhibe os resultados das amostras coletadas na empresa “A”.

Tabela 5 - Caracterização do CO e do CO<sub>2</sub> da solda GMAW da empresa “A”

Data	Amostra	CO <sub>2</sub> ppm	CO ppm
29/10/2013	1	655,7	3,7
06/11/2013	2	2597,3	9,1
06/11/2013	3	5136,0	35,2
06/11/2013	4	4671,0	35,6
Média (amostras 2 à 4)		4134,8	26,6
Desvio (padrão amostras 2 à 4)		1351,6	15,2

Tabela 6 -Valores do CO e do CO<sub>2</sub> conforme NR-15 quadro 1

Fonte: Norma Regulamentadora 15.

Gases	NR-15		ACGIH	
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	3.900	7.020	5.000	-
CO	39	43	25	-

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

As amostras 2, 3 e 4 (tabela 5) coletadas das soldas GMAW na empresa “A” apresentaram o valor médio de 4134,8 ± 1351,6 ppm. Considerando as amostras 2,

3 e 4 coletadas das soldas GMAW na empresa “A” que apresentou o valor mínimo de 2597,3 ppm dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e este valor representa 66,60 % do valor máximo descrito na NR-15 que é de 3900 ppm (tabela 6) para o dióxido de carbono, porém, o valor máximo que ocorreu no mencionado espaço amostral foi de 5136,0 ppm que supera em 31,69 % o valor da NR-15 para este gás. Pelos resultados obtidos para um único soldador podemos afirmar que havendo dois ou mais soldadores no ambiente em que foram coletadas as amostras facilmente será superado o valor máximo permitido para este gás de acordo com a NR-15. Se Considerarmos o valor máximo de 5.000 ppm de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) de acordo com a ACGIH no espaço amostral (amostras 2, 3 e 4) coletado das soldas GMAW na empresa “A” é possível perceber que o valor mínimo do espaço amostral (amostras 2, 3 e 4) coletado das soldas GMAW na empresa “A” representa 51,95 % do valor da ACGIH e o valor máximo que ocorreu neste mesmo espaço amostral (amostras 2, 3 e 4) coletado das soldas GMAW na empresa “A” está 2,72 % acima do valor máximo mencionado na ACGIH e a melhoria observada em relação à NR-15 decorre do valor máximo da ACGIH (5.000 ppm) superar em 28,21 % o valor máximo da NR-15 (3.900 ppm).

Monóxido de carbono (CO):

As amostras 2 à 4 coletadas das soldas GMAW na empresa “A” apresentaram o valor médio de  $26,6 \pm 15,2$  ppm (tabela 5) de monóxido de carbono (CO).

O valor mínimo de 9,1 ppm do espaço amostral (amostras 2, 3 e 4) coletado das soldas GMAW na empresa “A” representa 23,33 % do valor descrito na NR-15 de 39 ppm (tabela 6), porém, o valor máximo de 35,6 ppm que ocorreu neste mesmo espaço amostral (amostras 2, 3 e 4) coletado das soldas GMAW na empresa “A” equivale a 91,28 % do valor máximo da NR-15 para este gás. Baseado nos resultados obtidos para um único soldador podemos afirmar que havendo mais que três soldadores no ambiente em que foram coletadas as amostras será superado o valor máximo permitido para este gás de acordo com a NR-15 e com a ACGIH. A amostra do ar ambiente (amostra 1 da tabela 5) coletada da empresa “A” apresentou os valores tanto do ( $\text{CO}_2$ ) quanto do (CO) bem inferiores que aos valores obtidos nas amostras 2, 3 e 4 coletadas das soldas GMAW da empresa “A” (tabela 6) que

ratificam a qualidade das coletas das amostras e dos equipamentos que foram utilizados nas coletas das amostras nesta pesquisa.

## CONCLUSÕES

Fumos de soldas: os valores obtidos nas amostras coletadas na empresa “A” (6,7 e T1) dos fumos metálicos das soldas GMAW são referentes a um dia de trabalho de um único soldador e embora tenham sido menores em relação aos valores de limites de exposições toleráveis da NR-15 e da ACGIH, é sabido que o efeito poluidor total de fumos de soldas é igual ao somatório de soldadores ativos em uma empresa. E sendo muito comum indústrias terem em seu quadro de funcionários diversos soldadores e com vários processos de soldagens e nos casos de estaleiros, por exemplo, este quantitativo supera a casa da centena.

Gases das amostras das soldas GMAW coletadas na empresa “A”: as concentrações de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) obtidas das análises das amostras coletadas das soldas GMAW na empresa “A” (2,3 e 4) indicam que havendo dois ou mais soldadores executando soldas pelo processo GMAW serão superados os limites máximos permitidos na NR-15 e na ACGIH para este gás; já o monóxido de carbono (CO) com mais de três soldadores também serão excedidos tanto os limites indicados na NR-15 quanto na ACGIH.

## REFERÊNCIAS

1. Modenesi, Paulo J.; Marques, Paulo Villani. **Introdução aos Processos de Soldagem**, Soldagem I, p. 1, 2006.
2. Machado, Ivan Guerra. **Soldagem e técnicas conexas**, Processos, p. 2, 1996.
3. Lyttle, Kevin A. Decrease Fume, **Increase Productivity: Optimized Consumables Selection for an Improved Working Environment and Reduced Welding Costs**. Welding in The World/Le Soudage dans le Monde, Roissy, v. 43, Supplementary Issue: THE HUMAN FACTOR AND ITS ENVIRONMENT, p. 75-84, 1999.

4. Lucas, W; Carter, G. - **Factors to Be Considered in the Safe Use of Arc and Oxi Fuel Welding Processes.** Welding in The World/Le Soudage dans le Monde, Roissy, v. 43, Supplementary Issue: THE HUMAN FACTOR AND ITS ENVIRONMENT, p. 31-43.

**STUDY OF FUMES AND GASES GENERATED IN THE PROCESS OF GAS METAL ARC WELDING (GMAW) IN A COMPANY OF THE METAL MECHANICS SEGMENT OF PERNAMBUCO**

**ABSTRACT**

In the union of metallic welding processes the arc are prevalent. And in the world there is a huge use of Gas Metal Arc Welding (GMAW). This work aims at collecting and study of smoke (particulates) generated in welding and Gas Metal Arc Welding (GMAW) companies in the metalworking segment of Pernambuco according to regulatory standards from the Ministry of Labour. The characterization of smoke was obtained by Optical Emission Spectrometry with Inductively Coupled Plasma (ICP - OES) and the gases occurred by gas chromatography.

**Key-words:** Arc Welding, GMAW Process of Welding, Fumes in GMAW; Gases in GMAW.