

**Efeito das taxas de deposição e fusão no processo de soldagem a arco elétrico com arame tubular sobre a geração das radiações ultravioletas (UVA) de acordo com a higiene ocupacional**

**Effect of deposition and fusion rates in the electric arc welding process with tubular wire on the generation of ultraviolet radiation (UVA) according to occupational hygiene**

DOI:10.34117/bjdv9n3-081

Recebimento dos originais: 10/02/2023

Aceitação para publicação: 09/03/2023

**Luis Felipe Furtado Pontes**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: pontes.l@aca.ifma.edu.br

**Diego Carneiro da Silva**

Discente em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: diego.carneiro@acad.ifma.edu.br

**Valter Alves de Meneses**

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: valter.meneses@ifma.edu.br

**Waldemir do Passos Martins**

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: waldemir@ifma.edu.br

**Marcus Vinicius Everton Martins**

Discente em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: evertonmartins16@gmail.com

**RESUMO**

O processo de soldagem com arame tubular é um processo que foi desenvolvido para atender às necessidades das empresas de aumentar a competitividade e de reduzir custos. Os processos de soldagem possuem riscos a saúde do operador e o de arame tubular não é diferente, dentre eles encontram-se às radiações não ionizantes ultravioletas (UVA) que podem acarretar lesões e doenças, no operador de acordo com a intensidade e exposição.

Este trabalho busca analisar o efeito da taxa de fusão e deposição sobre os níveis de radiações ultravioletas no processo de soldagem arame tubular. Utilizando-se como gás de proteção 100%CO<sub>2</sub>, mantendo-se fixos o volume do cordão depositado, corrente média, velocidade de alimentação do arame (Valim), velocidade de soldagem (Vs), a distância bico de contato peça (DBCP), a vazão do gás e o tipo de gás de proteção. Neste estudo, as medições das radiações não ionizantes ultravioleta (UVA), foram feitas na posição vertical na região da zona de respiração do soldador. Através dos resultados obtidos pelos testes foi possível avaliar que a taxa de deposição e taxa de fusão não influenciam diretamente na radiação ultravioleta, porém, observou-se que os valores encontrados dos níveis de radiações ultravioletas (UVA) superaram os valores dos limites de tolerância da Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP), donde estas radiações causam sérios danos à saúde do soldador, tais como, queimadura nos olhos, cegueira, lesão na pele.

**Palavras-chave:** radiações não ionizantes, taxa de deposição, taxa de fluxo, arame tubular.

## ABSTRACT

The flux cored wire welding process was designed for high productivity, with reduced costs compared to other processes. Welding processes have risks to the health of the operator and that of tubular wire is no different, among them are the non-ionizing ultraviolet radiation (UVA) that can cause injuries and diseases, in the operator, according to the intensity and exposure. This work seeks to analyze the effect of welding energy on the levels of ultraviolet radiation (UVA) in the welding process with cored wire. Using 100%CO<sub>2</sub> as shielding gas, keeping the average current, the volume of the deposited bead, the wire feed speed (Valim), the welding speed (Vs), at the nozzle distance from part contact (DBPC), the gas flow rate and the type of shielding gas. In this study, measurements of non-ionizing ultraviolet radiation (UVA) were made in the vertical position in the region of the welder's breathing zone. Through the results obtained by the tests, it was possible to evaluate that the welding energy did not directly influence the levels of ultraviolet radiation, however, it was observed that the values of the levels found of ultraviolet radiation (UVA) exceeded the tolerance limit of the International Commission on Protection Against Non-Ionizing Radiation (ICNIRP), which, however, can cause serious risks to the welder's health, such as burns to the eyes, blindness, skin injury, if the welder does not properly use personal protective equipment.

**Keywords:** non-ionizing radiations, welding energy, shielding gases, tubular wire.

## 1 INTRODUÇÃO

Os processos de soldagem emitem poluentes que podem variar de acordo com o material de base, gás de proteção, tensão, DBCP. No processo de soldagem por arame tubular não é diferente, mas devido as possibilidades de mecanização do processo os efeitos podem ser atenuados quando a exposição do soldador. O soldador, quando exposto a longo prazo pode acarretar doenças respiratórias, queimaduras na pele, cegueira etc. A região que sofre maiores danos são as regiões na zona de respiração do soldador, ou seja,

o soldador, por estar próximo ao ponto de emissão, fica sujeito a altas concentrações de radiações não ionizantes, fumos metálicos e gases tóxicos.

O processo de soldagem com arame tubular que utiliza o calor de um arco elétrico originando a partir da peça e do eletrodo metálico, contínuo e consumível. O arame tubular é um eletrodo contínuo de seção reta tubular, com um invólucro de aço de baixo carbono, aço inoxidável ou liga de níquel, contendo desoxidantes, formadores de escória e estabilizadores de arco na forma de um fluxo (pó) (ESAB, 2005). Este processo tem por característica um alto rendimento ao ser comparado a outros processos, o qual é desejado pelo setor industrial.

De acordo com as normas a soldagem produz radiações não ionizantes, fumos metálicos e gases que podem causar doenças no soldador. Entretanto, apesar da importância do assunto no tocante à higiene Ocupacional, e até mesmo quanto ao meio ambiente, à literatura sobre o assunto se desenvolve através do estudo de parâmetros isolados de soldagem tais como, corrente elétrica, tensão, velocidade de soldagem, velocidade de alimentação do arame sobre a geração de radiações não ionizantes, fumos e gases. Porém, na prática os parâmetros de soldagem são geralmente inter-relacionados, levando a certas condições operacionais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar e avaliar o efeito das taxas de deposição e fusão no processo de soldagem a arco elétrico com arame tubular sobre a geração das radiações ultravioletas (UVA) de acordo com a higiene ocupacional.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar as condições em que os níveis das radiações ultravioletas (UVA) em torno do equipamento de solda a arco são muito elevados e possam produzir efeitos danosos a saúde (lesões oculares e cutâneas graves) em um tempo de exposição de curta e media duração;

- Verificar e quantificar a geração das radiações ultravioleta (UVA) pelo processo arame tubular e analisar seus efeitos no ambiente (pessoas, máquinas e equipamentos).

### 3 MATERIAIS E METÓDOS

#### 3.1 AÇO A36

O aço A36 é um material de baixo carbono, e é classificado assim devido ter menos de 0,3% de carbono por peso. Essa característica faz com que o A36 seja facilmente usinado, soldado e de certa forma maleável. Dessa forma, ele se torna um material extremamente usado como um aço de uso geral. O baixo teor de carbono na sua composição também evita que o tratamento térmico tenha forte efeito sobre o aço A36 propriamente dito. Também é importante salientar que alguns elementos de liga são adicionados a composição do aço A36, como por exemplo o manganês, enxofre, fósforo e silício. Entretanto, os teores desses elementos podem variar dependendo de sua aplicação.

Figura 01: Composição química comercial do aço ASTM A36 (FAVORIT, 2012)

AÇOS PARA CONSTRUÇÃO MECÂNICA											
Denominação dos fabricantes			Composições química médias %								
SAE	GERDAU	VILLARES	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Outros
ASTM A36	-	-	0,28 máx.	0,40 máx.	1,20	0,04 máx.	0,05 máx.	-	-	-	-

#### 3.2 PROCESSOS DE SOLDAGEM

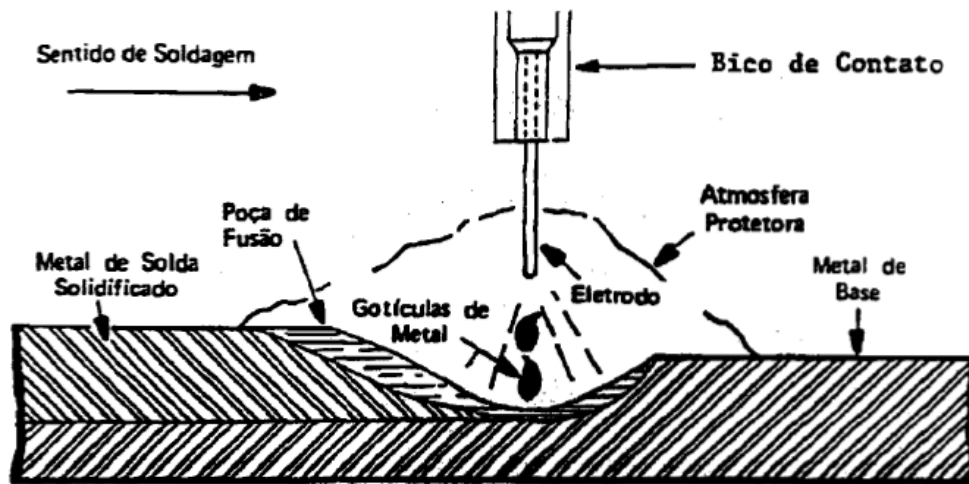
Os processos de soldagem no geral são usados para a união de materiais metálicos de forma quase que imediata através de fusão e em seguida solidificação. Segundo Modenesi, Marques e Bracarense (2009), o processo de união de materiais é baseado no estabelecimento de forças de ligação química de natureza similar às atuantes no interior dos próprios materiais, na região de ligação entre os materiais que são sendo unidos.

##### 3.2.1 Processo de Soldagem Com Arame Tubular

O processo de soldagem arame tubular é realizado através de um arco elétrico que é gerado entre a ponta do arame e a peça que está sendo trabalhada. Para a proteção do

ponto que está ocorrendo a fundição e do arco elétrico é usado um fluxo que está contido no interior do arame ou por uma fonte gasosa externa, essa proteção gasosa geralmente é feita utilizando 100%  $CO_2$  como gás de proteção, como mostrado na figura 02.

Figura 02: Ilustração de um processo de soldagem com arame tubular (LUZ, 2018)



### 3.3 TAXA DE FUSÃO

A taxa de fusão (TF), de um eletrodo consumível, pode ser definida pela relação entre a massa consumida do eletrodo ( $m$ ) e o tempo de soldagem ( $t$ ), sendo expressa por:

$$TF = \frac{m}{t} = \frac{(m_i - m_f)}{t}$$

Onde:

$m_i$  – Massa inicial do eletrodo

$m_f$  – Massa final do eletrodo após a soldagem

### 3.4 TAXA DE DEPOSIÇÃO

A taxa de deposição, por sua vez, é a quantidade de material depositado pelo eletrodo (MS), a qual é efetivamente incorporada à solda, por unidade de tempo, expressa por:

$$TF = \frac{Ms}{t} = \frac{(M_i - M_f)}{t}$$

Onde:

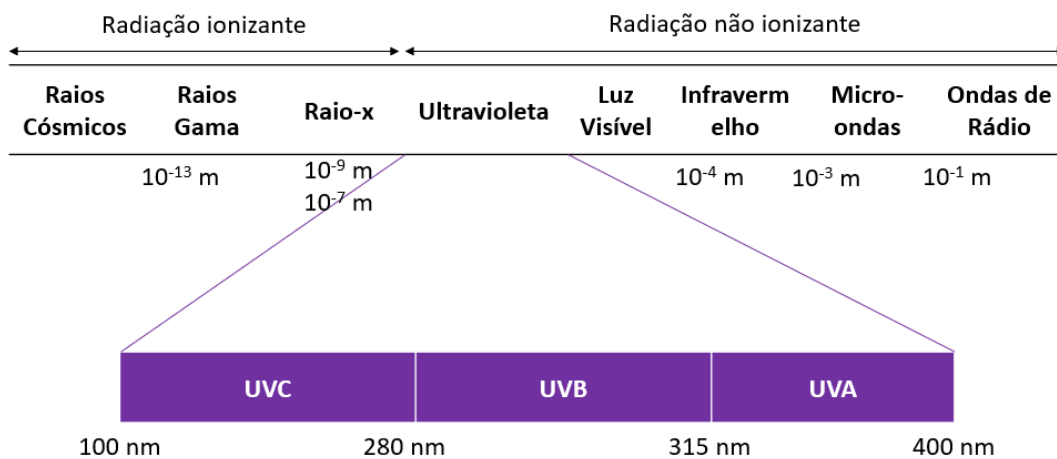
$M_i$  – Massa inicial da chapa

$M_f$  – Massa da chapa após a soldagem

### 3.5 RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

As radiações não ionizantes são radiações de baixa frequência e baixa energia, também chamadas de campos magnéticos devido se propagam através de ondas eletromagnéticas que são formadas por um campo elétrico e um campo magnético, podendo ser geradas de fontes naturais e não naturais. De forma mais específica, as radiações ultravioletas (UVA) são as radiações que mais têm incidência na crosta terrestre do que os raios UVB que são os responsáveis por queimaduras e irritações na pele durante um longo tempo de exposição à luz solar. A figura 03 apresenta o espectro de radiações ionizantes e não ionizantes, sendo as ionizantes: Raio-x; Raios Gama e Raios Cósmicos.

Figura 03: Espectro eletromagnético e bandas de comprimento de ondas, adaptado de ICNIRP 14/2007



(Autor, 2022)

### 3.4 NORMAS REGULADORAS

De acordo com a Legislação Brasileira (Ministério do Trabalho e Emprego, 2009), a norma regulamentadora N° 15 em seu anexo n.º 7 define que as operações ou atividades que exponham os trabalhadores às radiações não-ionizantes, sem à proteção adequada, serão consideradas insalubres (BRASIL, 2021b). Ainda, de acordo com o anexo n.º7, as operações que exponham os trabalhadores às radiações ultravioletas (400-320 nanômetros - UVA) não serão consideradas insalubres; no entanto, podendo acarretar riscos à saúde do trabalhador em exposição prolongada, tais como: danos à pele, danos aos olhos e até cegueira.

As normas regulamentam a quantidade de radiação ao qual o ser humano poderia estar exposto sem lhe causar danos à saúde. Em 1992 foi criado a Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP) que formou, junto a outros órgãos,

um grupo de trabalho para rever os efeitos biológicos da radiação ultravioleta, e publicaram uma revisão científica importante confirmando a existência de efeitos adversos para a saúde associados à exposição solar. Segundo a ICNIRPUV-2004, que parametriza e normatiza os valores das radiações provenientes do processo de soldagem, o contato direto das radiações UVA com os olhos e a pele não deve exceder o valor de  $30 \mu W/cm^2$ .

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

O estudo tem por início com a seleção do material de base, ASTM A36, e o material de adição OK TUBROD 8Ni1 ULTRA para o processo de soldagem Arame Tubular. Em seguida as amostras foram elaboradas com chapas nas dimensões de 200X35X6 mm, apresentado na figura 04, com tratamento da superfície para remoção da ferrugem e de rebarbas proveniente do preparo utilizando escova rotativa, as quais são os antes e depois são apresentados nas Figura 05a e 05b.

Figura 04: dimensões das amostras (Autor, 2022)

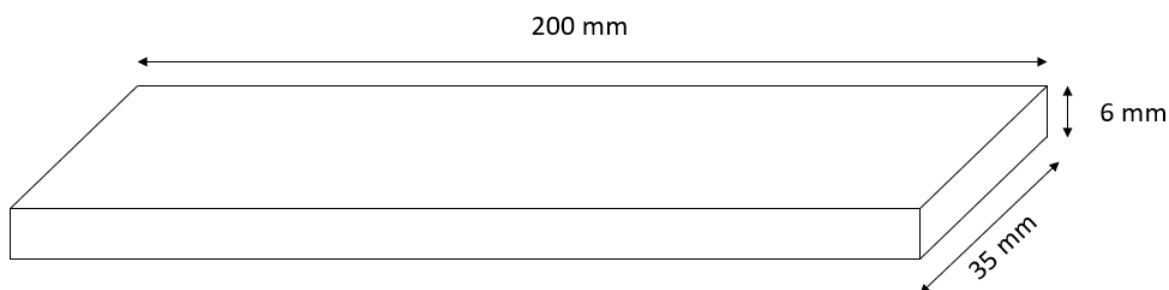
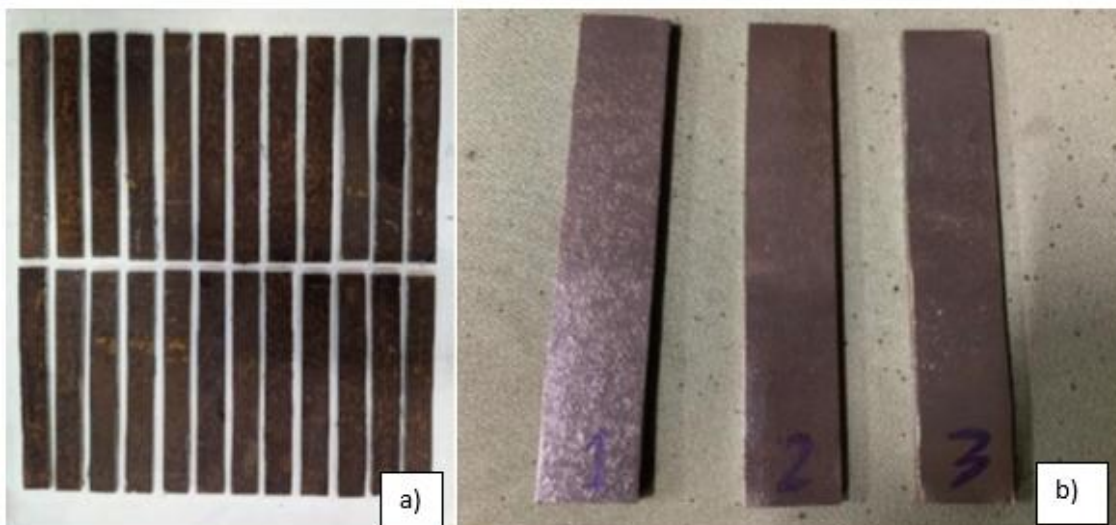




Figura 05: a) corpos de provas para testes, b) corpos de provas finalizados e prontos para testes



(Autor, 2022)

#### 4.2 PARAMETRIZAÇÃO

A parametrização dos corpos de prova iniciou-se com o intuito de encontrar as melhores tensões de acordo com os melhores rendimentos de deposição de material. A faixa de tensão de 30 a 33 V foi escolhida junto a velocidade de soldagem 209 mm/min, velocidade de alimentação 3,5 mm/min e DBCP de 10 mm para uma transferência por curto-circuito e a partir desta faixa foi selecionado aquela que conteve os melhores valores de rendimento de deposição obtidos. Os dados de rendimento são encontrados na tabela 01, onde há uma massa de referência, que é obtida pela massa do arame para o mesmo tempo de soldagem, e relaciona a massa da solda no material de adição. Os valores escolhidos através da tabela 01 foram as tensões 31 e 33 V.

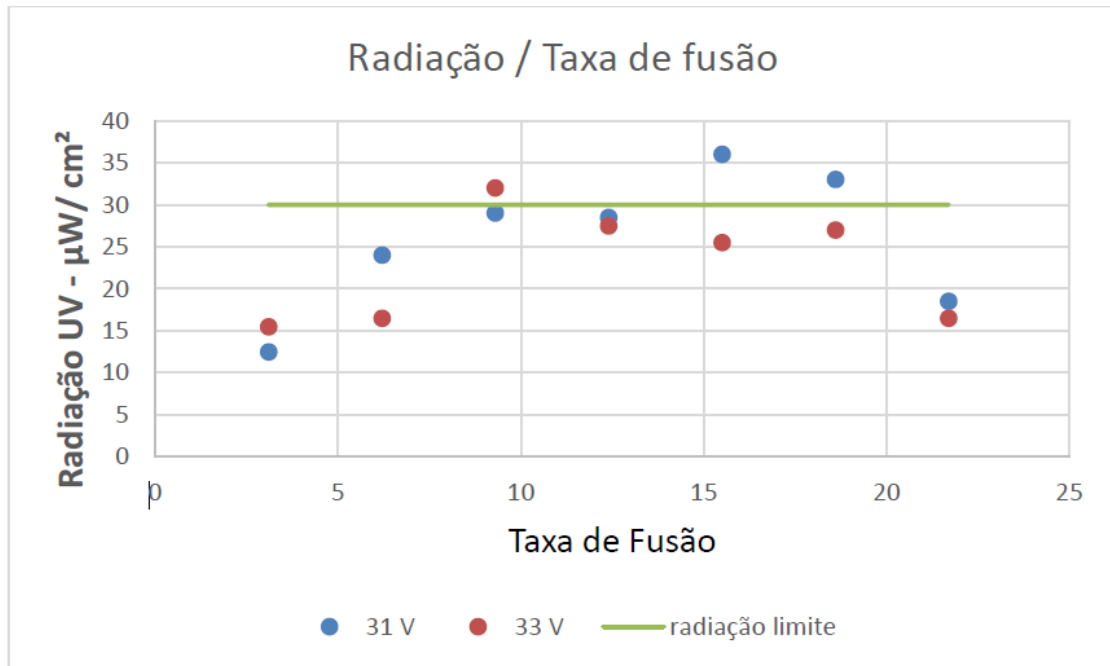
Tabela 01: rendimento de deposição (Autor, 2022)

Massa de Refência (g)	Tensão (V)	Massa da solda (g)	$\eta$
22,12	30	27,4	80,74
	31	25,9	85,42
	32	27,7	79,87
	33	23,5	94,14

#### 5 RESULTADOS

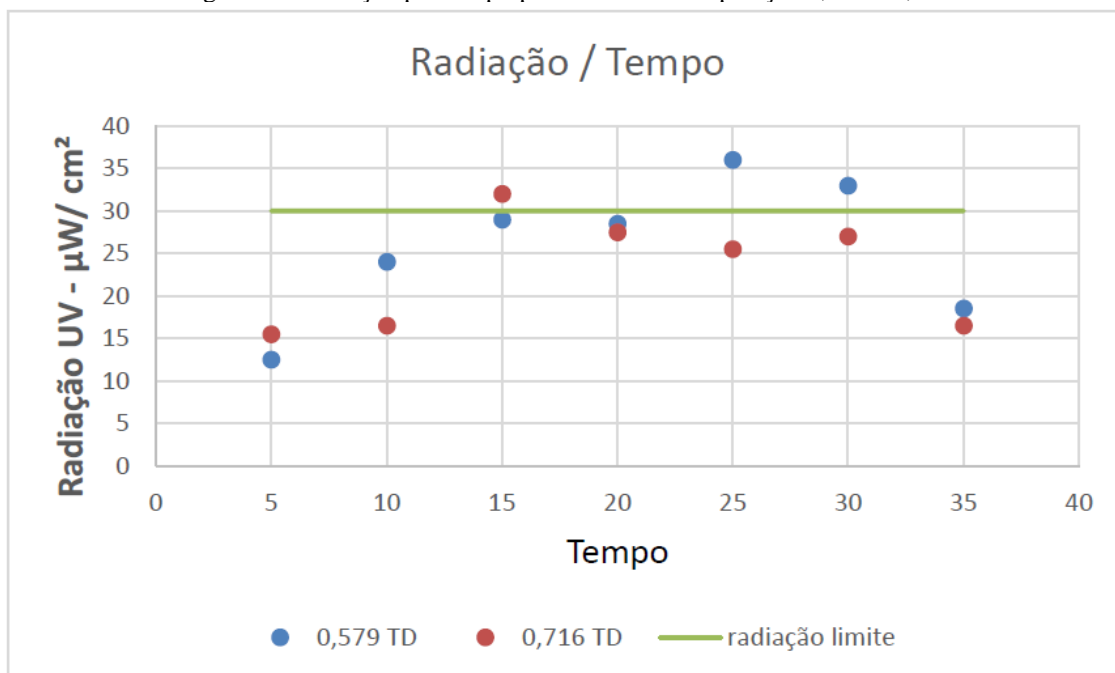
Os testes realizados no processo de arame tubular para as configurações de 31 e 33 V, foram executados em dois testes para cada tensão. Apresentados na figura 06 o gráfico da radiação em função da taxa de fusão (TF), e na figura 07 o gráfico das radiações ultravioletas em função do tempo para as taxas de deposição (TD).

Figura 06: Radiação por taxa de fusão



(Autor, 2022)

Figura 07: Radiação por tempo para as taxas de deposição 0,579 e 0,716



(Autor, 2022)

## 6 CONCLUSÃO

O projeto de pesquisa buscava uma relação de proporcionalidade entre os valores de soldagem com as radiações ultravioletas emitidas pelo arco elétrico. Através dos resultados encontrados pelos testes foi possível avaliar que a taxa de deposição e taxa de

fusão não influenciam na radiação. Sendo visível no gráfico da figura 06 e 07, onde há alternações nos níveis de radiação, mas pouca relação com as taxas de fusão e deposição. Os valores encontrados de radiação superaram os valores encontrados na norma internacional ICNIRPUV-2004, donde estas radiações causam sérios danos à saúde do soldador, podendo levar até a cegueira, caso, o soldador não utilizar adequadamente os equipamentos de proteção individual.

## REFERÊNCIAS

Ministério do Trabalho. Limite de tolerância. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978. Normas Regulamentadoras relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. In: SEGURANÇA e medicina do trabalho. 64 ed São Paulo: Atlas, 2009.

ESAB. Apostila de Soldagem MIG/MAG. Última revisão em 25 de janeiro de 2005; p 135.

FAVORIT Aços especiais. **Mix de produtos em diversas qualidades, bitolas e dimensões.** Cachoeirinhas/RS. ed. 12. 2012.

ICNIRP (The International Commission on Non-ionizing Radiation Protection). 2004. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Health. Phys., 87: 171–186.

MODENESI, P. J. MARQUES, P.V. BRACARENSE, A.Q. Soldagem: fundamentos e tecnologia. 3º edição atualizada. Belo Horizonte. Editora UFMG. 2009.

Luz, Gelson. O que é soldagem FCAW (com arame tubular)?. Blog de Soldagem. Gelsonluz.com. 26/09/2022. <https://www.soldagem.gelsonluz.com/2018/09/o-que-e-soldagem-fcaw-com-arama-tubular.html>.