



CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ESTUDO DA PROTEÇÃO CONFERIDA POR DIFERENTES TIPOS DE TECIDOS CONTRA RADIAÇÕES EMITIDAS PELO ARCO ELÉTRICO NA SOLDAGEM

Marco Aurélio Gonçalves Medeiros, marcogomed10@gmail.com¹
Alexandre Queiroz Bracarense, bracarense@ufmg.br¹
Fabiana Negami, fabiana.negami@santistasolution.com.br²
Etienne Pereira de Andrade, andrade.etiene@hotmail.com³

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Laboratório de Robótica, Soldagem e Simulação – Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG, Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha 31270-901 – Belo Horizonte – MG, Brasil

²Santista Work Solution, Av. Nicolau João Abdalla, 4125 – 13474-903 – Americana – SP, Brasil

³Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Av. Amazonas, 5253 – Nova Suiça 30421-169 – Belo Horizonte – MG, Brasil.

Resumo: A soldagem é o processo de união de materiais mais utilizado na indústria. Soldadores são expostos a diversos riscos durante este processo de fabricação. A NR 6 do Ministério do Trabalho e Emprego e a AWS recomendam o uso de EPI para tais trabalhadores. O arco elétrico, principal fonte de calor em processos de soldagem por fusão, emite radiação ultravioleta, infravermelha e luz visível. A exposição à radiação UV é a principal causa de câncer de pele no mundo e estudos recentes evidenciam que a exposição excessiva à luz visível também é potencialmente carcinogênica. Sendo assim, as vestimentas para soldagem devem conferir proteção contra respingos e projeções incandescentes, calor e, além disso, têm de barrar raios ultravioletas, visíveis e infravermelhos. Segundo o INCA, há cerca de trinta anos a exposição à UVA foi relacionada ao mais frequente tipo de câncer no Brasil: o não melanoma. A UVB está associada ao tipo mais agressivo de câncer de pele: o melanoma. Já a UVC é extremamente lesiva à pele, sendo a mais propensa a causar efeitos mutantes e cancerígeno. A luz visível, ao contrário do que se pensava anteriormente, também pode ser considerada uma fonte potencial de indução de produção de espécies reativas de oxigênio nas células da pele. Assim como os raios UVA, a luz visível – de menor penetrabilidade em comparação aos raios UVB –, cria um estado de excitação molecular e reage com a melanina, estimulando o surgimento de radicais livres que, por sua vez, possuem alta capacidade de reagir com o DNA dos melanócitos e provocar efeitos danosos e mutagênicos. Estes fatores elevam as probabilidades de surgimento de células cancerosas. Desde o século XIX, a raspa de couro é o material empregado em vestes de proteção, fazendo com que estas sejam pesadas, de difícil manejo, termicamente desconfortáveis e, além de tudo, retentoras de odores desagradáveis. Por isso, muitas vezes, os soldadores negligenciam normas de segurança evitando as ultrapassadas vestes de couro em prol de ganhos em tempo e qualidade da solda. Esta prática expõe o soldador aos supracitados perigos do arco elétrico. A pesquisa acerca de novos materiais para vestimentas de proteção para soldagem pode se traduzir em redução dos riscos do processo de produção e ganhos em eficiência e qualidade dos produtos soldados. Na tentativa de se buscar alternativas à raspa de couro, foram testados treze tecidos com estrutura, peso, composição e cores diferentes, caracterizando-os em relação à proteção conferida pelos mesmos contra a radiação ultravioleta e luz visível. Para tal, foram utilizados medidores de radiação UV e um luxímetro para avaliar a passagem, através dos tecidos, de raios emitidos pelo arco elétrico da soldagem TIG com parâmetros controlados. Os resultados obtidos podem fornecer a base necessária para a criação de tecidos de proteção mais eficientes. Três dos tecidos testados foram considerados aptos a substituir a raspa de couro em algumas operações de soldagem, por apresentarem desempenho similar ao couro na proteção contra as variáveis consideradas, sem os inconvenientes da raspa.

Palavras-chave: soldagem, arco elétrico, vestimenta de proteção, raspa de couro, emissões do arco.

1. INTRODUÇÃO

A soldagem é um dos processos de união de materiais mais utilizados na indústria. Durante a soldagem por arco elétrico, os operadores são expostos a diversos riscos inerentes a este processo de fabricação. O arco elétrico expõe o soldador à luz visível e diferentes tipos de radiação. A exposição à radiação ultravioleta é a principal causa de câncer de pele no mundo, e, estudos recentes evidenciam que a exposição excessiva à luz visível também é potencialmente carcinogênica.

Desde o século XIX, os primeiros soldadores têm utilizado as vestimentas fabricadas em raspa de couro para se proteger do calor e projeções metálicas provenientes da poderosa fonte de energia que é o arco.

A raspa de couro possui diversos inconvenientes. O uso prolongado da veste de proteção em raspa de couro é bastante incômodo, tal material não permite uma ventilação adequada provocando desconforto térmico ao soldador. Além disso, odores acumulam-se nesse tipo de roupa. Por isso, muitas vezes, os soldadores negligenciam normas de segurança evitando as vestes de couro em prol de ganhos em tempo e qualidade da solda. Diante disso, a pesquisa acerca de novos materiais para vestimentas de proteção para soldagem pode se traduzir em redução dos riscos do processo de produção, redução dos gastos relacionados com as chamadas doenças ocupacionais e ganhos em eficiência e qualidade dos produtos soldados.

As vestimentas de proteção são importantes instrumentos que devem evitar a chegada de radiação luminosa à pele dos soldadores, evitando assim, prejuízos à saúde desses trabalhadores. Tecidos alternativos às antiquadas raspas de couro podem ser empregados para fabricação de roupas de segurança. Para isso, deve-se avaliar a proteção fornecida por tais tecidos contra as radiações emitidas pelo arco.

Durante a soldagem, os riscos envolvendo a radiação do arco elétrico são os mais comuns, afetando não só o soldador mais também o pessoal nas proximidades. Essas radiações basicamente são classificadas em três tipos: raios ultravioletas (comprimentos de onda inferior a 400nm); raios infravermelhos (comprimentos de onda superior a 700nm) e a radiação de espectro visível da luz (comprimento de onda entre 400 a 700nm). A Figura 1 apresenta o espectro dos tipos de radiação em função do comprimento de onda (λ) emitidos pelo arco elétrico na soldagem, especificando os tipos de raios ultravioletas (UVA, UVB e UVC), infravermelhos (IVA) e luz visível. Os comprimentos de onda variam entre $1,0 \times 10^{-7}$ m e $1,0 \times 10^{-3}$ m.

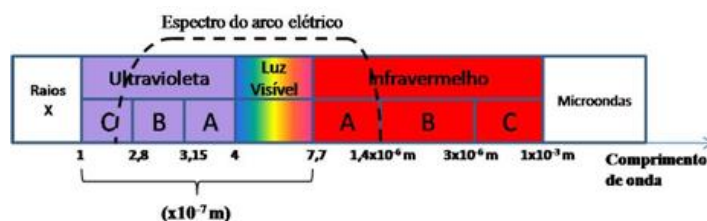


Figura 1. Representação esquemática do espectro eletromagnético contendo tipos de radiação emitidos pelo arco elétrico em função do comprimento de onda (λ). Adaptado de (EXTRUFLEX, 2015).

De acordo com Okumura e Taniguchi (1982) a radiação ultravioleta (UV) é intensa o suficiente para provocar reações químicas nos seres vivos e é a principal causa de queimadura nos olhos. Ela pode ser absorvida pela córnea e pelo cristalino acarretando danos à visão. Dependendo intensidade da exposição, o soldador pode ter a sensação de um objeto estranho ou areia nos olhos junto com intenso lacrimejar. Ao expor a pele desprotegida a esse tipo de radiação, são desencadeadas no corpo humano uma série de reações químicas e morfológicas devido à absorção da radiação por diversas moléculas da pele. O DNA é o principal alvo, sendo uma das moléculas que mais absorve radiação UV, podendo ocorrer mutações associadas ao câncer de pele. Relaciona-se à radiação UV o processo de envelhecimento precoce da pele. Essa faixa de comprimento de onda é propícia à penetração da radiação na pele, trazendo efeitos danosos a elasticidade natural da pele (BALOGH *et al.*, 2011).

A radiação infravermelha (IV), em sua maioria, é absorvida e convertida em calor. Ela pode penetrar nos olhos provocando danos se o comprimento de onda for superior a 1600nm. Podem ocorrer inflamações nas pálpebras, na córnea, catarata, caso a visão seja frequentemente exposta à esta radiação. Além disso, como a radiação infravermelha transmite energia na forma de calor, pode resultar em uma elevação da temperatura da pele. A exposição periódica ao calor produz reações na pele podendo causar várias doenças.

Segundo Balogh *et al.* (2011), a luz visível intensa do arco elétrico é transmitida através da córnea e do cristalino, até sensibilizar a retina. Quando os olhos são expostos a forte luminosidade, a visão pode ficar fadigada, reduzindo sua eficiência. Esta exposição excessiva, associada a radiação infravermelha, contribui para sensação de desconforto e incômodo ao soldador. Ademais, a luz visível está associada a indução de pigmentação e efeitos oxidativos. Em relação a esse último, a luz visível contribui para a produção de radicais livres provocando foto envelhecimento e, de forma indireta, danos ao DNA.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é estudar a proteção oferecida por alguns tipos de tecidos contra os perigos do arco elétrico da soldagem, e com isso, propor uma linha de pesquisa e desenvolver novas alternativas e soluções às vestimentas de proteção utilizadas na atualidade.

1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a passagem de Luz Visível através dos tecidos de teste;
- Avaliar a intensidade de passagem de radiação Ultravioleta tipos A e B através dos tecidos testados;
- Avaliar a intensidade de passagem de radiação Ultravioleta tipo C através dos tecidos de teste;
- Analisar o nível de proteção, durante a soldagem, oferecida pelos tecidos testados;
- Estudar a possível influência da cor do tecido no nível de proteção oferecido pelo mesmo;
- Definir, dentre os tecidos avaliados, aqueles com desempenho adequado para aplicações de vestimentas de proteção para soldadores;
- Por meio deste trabalho, espera-se que pesquisas futuras possam ter um embasamento teórico, e uma fonte de dados para estudos em prol do desenvolvimento de novos tecidos e soluções de proteção para soldagem.

2. METODOLOGIA

Para a avaliação da proteção conferida pelos tecidos, estes foram expostos diretamente a um arco elétrico comumente utilizado para operações de soldagem. Por meio de medidores de radiação UV e um luxímetro, observou-se o desempenho dos tecidos ao se registrar a intensidade de radiação e intensidade luminosa que atravessa cada um dos tipos de tecidos e, posteriormente, compararam-se os resultados para determinação do tecido com melhor performance.

Bracarense *et al.* (2015) realizaram testes nos quais o interesse também se concentrava no desempenho de tecidos submetidos à exposição ao arco elétrico. Durante este trabalho percebeu-se que a mudança dos parâmetros de distância do tecido ao arco, e de variação de corrente elétrica de soldagem não altera a ordem pela qual se classifica os tecidos como de características melhores ou piores no que se concerne às emissões radiantes do arco. Por esta razão, tais variações não foram aplicadas durante os testes do presente trabalho. Pelo mesmo motivo, decidiu-se não avaliar a radiação infravermelha, pois os efeitos danosos desta como: variações de temperatura e fadiga térmica são de importância menor do ponto de vista da segurança e da saúde do soldador. A proteção aos olhos, principais afetados pela radiação infravermelha, não faz parte do escopo deste trabalho. Em adição, os maiores comprimentos de onda infravermelhos, que podem causar maiores danos, não estão presentes durante a soldagem a arco. A possível influência da cor dos tecidos nos resultados foi avaliada testando-se alguns dos mesmos panos em diferentes cores.

2.1. Tecidos Testados

Os tecidos de teste utilizados foram fornecidos pela empresa SANTISTA WORK SOLUTION© e as especificações de alguns destes materiais são listadas na Tab.1.

Tabela 1. Especificação de alguns dos tecidos de teste (dados fornecidos pela Santista Work Solution©)

Tecido	Composição	Construção	Peso	Densidade		Acabamento
			(g/m ²)	Fios Urdume/cm	Fios Trama/cm	
Solasol-X	100% Algodão	Sarja 3/1	290	40,0	17,9	Anti chama
Solasol	100% Algodão	Sarja 3/1	268	39,6	17,6	Graxo
Denim-X	100% Algodão	Sarja 3/1	406	26,7	16,6	Anti chama
Titânio FR	88% Algodão/12% poliamida	Sarja 3/1	245	43,2	20,0	Anti chama
Polybrim	67%Algodão/33%Poliéster	Sarja 3/1	245	39,9	17,8	Graxo + resina
Durapro	50%Algodão/50%Poliamida	Tela Rip Stop	220	39,8	22,3	Easy care+silicone
Gabardine31	67%Poliéster/33% Algodão	Sarja 3/1	265	46,3	20,6	Graxo
Terbrim	67% Poliéster/33% Algodão	Sarja 2/1	221	44,3	20,2	Graxo
Combat Pro	100% Poliamida	Tela	190	17,7	13,2	Graxo
Vulcan X3	79% Meta-aramida11% Poliamida 9% Modacrílico1% Carbono	Sarja 2/1	230	N/A	N/A	N/A

Outros tecidos testados não constam listados na Tabela 2 por se tratarem de tecidos experimentais cujos detalhes de construção e composição são de propriedade exclusiva da empresa. Este é o caso dos tecidos: R0601G, R0601H e R0601I.

2.2. Equipamentos

A Figura 2 apresenta a montagem da bancada de testes, destacando que o posicionamento do tecido em teste foi junto ao sensor de medição (UVA e UVB, UVC ou Luxímetro) do momento. Ou seja, os tecidos em teste foram posicionados cobrindo os sensores, de modo a registrar as emissões do arco que os atravessaram. A distância entre o arco e os sensores de medição foi de 300mm.

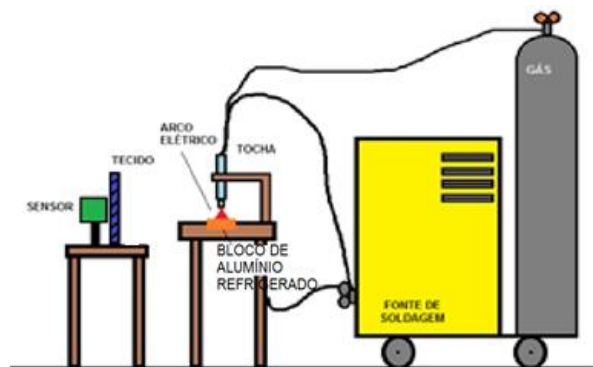


Figura 2. Representação da bancada de testes Adaptado de (BRACARENSE *et al.*, 2015).

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Fonte de soldagem TIG, modelo MASTERTIG KEMPPI AC/DC 2500;
- Luxímetro DIGITAL LUX METER, modelo MLM-1020, da MINIPA;
- Medidor digital de intensidade de radiações UVA e UVB modelo MRU-201, da INSTRUTHERM;
- Medidor digital de intensidade de radiação UVC modelo MRU-203, da INSTRUTHERM;
- Aquisitor de dados DataLogger CDR 550, da INSTRUTHERM;
- Microscópio ótico com aumento de 10 vezes.

A tocha TIG foi refrigerada a água, alimentada por uma bomba interna à fonte e sistema de tubulação embutidos no próprio dispositivo, enquanto o bloco de alumínio também teve a água como fluido refrigerante, mas com uma bomba externa modelo IDB-40 da fabricante Ferrari, com capacidade máxima de vazão de 40L/min, altura máxima de elevação vertical de 35m, distância máxima horizontal 400m, sucção máxima de 9m, $\frac{1}{2}$ CV de potência do motor de 3450rpm.

2.3. Parâmetros de Soldagem

- Eletrodo de tungstênio de 1,6mm de diâmetro (mínimo de 97,3% de tungstênio e 1,7 a 2,2% óxido de tório – ThO_2)
- Corrente de soldagem: 120A.
- Diferença de potencial: 17V com pequenas oscilações não controladas com amplitude de 1,5V.
- Vazão de gás inerte (argônio): 8L/min.
- Comprimento do arco: 5,6mm.

O arco elétrico foi aberto por contato, em detrimento da prática mais comum em soldagem TIG (alta frequência), porque foi necessário proteger os instrumentos de medição. A soldagem TIG, em geral, utiliza um pulso de alta frequência para propiciar a abertura do arco, preservando assim, o eletrodo de tungstênio e evitando inclusões deste material nos cordões de solda. A abertura por contato foi utilizada para evitar que os circuitos dos instrumentos de medição fossem comprometidos, uma vez que o pulso de alta frequência pode danificar estes circuitos eletroeletrônicos, além de ter o poder de afetar a calibração dos instrumentos, retirando a confiabilidade dos resultados.

Para facilitar a abertura do arco por contato e fazer com que este fosse mais estável optou-se pelo eletrodo de tungstênio com percentual de óxido de tório. O tório, elemento mais pesado – com número atômico 90, em comparação com o tungstênio – de número atômico 74, permite maior emissão de elétrons, tornando a abertura do arco mais simples e o plasma do arco mais estável.

2.4. Montagem

A Figura 3 apresenta detalhes do posicionamento da tocha de soldagem (A), o bloco de alumínio (B), o bocal de gás (C), a entrada de água fria para refrigeração do bloco (D), a saída de água aquecida após troca de calor com o bloco (E). O eletrodo de tungstênio é indicado pela seta, e o comprimento do arco (distância entre o eletrodo e a peça de alumínio) de 5,6mm.

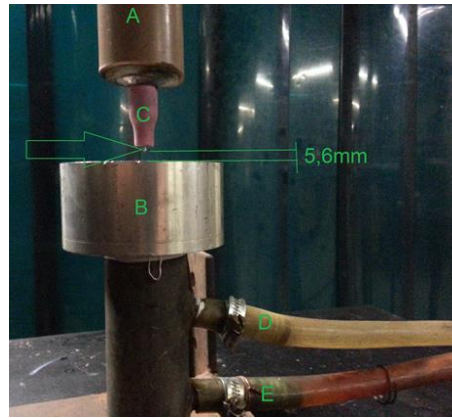


Figura 31. Detalhes da montagem. A - Tocha TIG. B - Bloco de alumínio. C - Bocal. D - Entrada (fria) de água de refrigeração do bloco. E - Saída (quente) de água de refrigeração do bloco. Seta: Eletrodo de tungstênio-comprimento do arco: 5,6mm

A Figura 4 apresenta detalhes da construção do suporte dos sensores. As letras indicam: A – Tocha de soldagem TIG. B – Bloco de alumínio. C – Sensor UVC. D – Sensor UVA e UVB. E – Luxímetro. F- Fonte de Soldagem MASTERTIG. G – Cilindro de argônio. O bloco de alumínio, sobre o qual se abriu o arco, foi posicionado diretamente em frente ao sensor que se fazia a medição, distanciando de 300mm. Tanto a mesa quanto o suporte receberam tintura preta fosca de forma a minimizar a reflexão de raios e possíveis influências nas medidas. Durante os testes, os tecidos foram posicionados cobrindo toda a área demarcada pela linha vermelha, indicada pela seta.

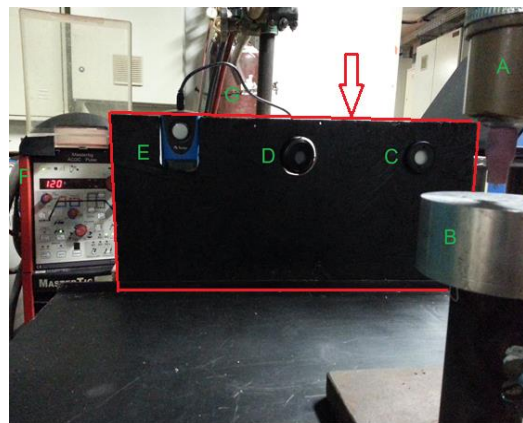


Figura 4. Montagem e Posicionamento dos Sensores de Medição. A - Tocha TIG refrigerada a água; B - Bloco de Alumínio; C - Sensor UVC; D - Sensor UVA e UVB; E - Luxímetro; F - Fonte de Soldagem; G - Balão de argônio.

2.5. Procedimento Experimental

Inicialmente foram feitas medidas das emissões do arco elétrico sem que nenhum tecido estivesse na frente dos sensores, e, obteve-se assim, a intensidade das emissões. Logo após, como forma de grupo controle, uma amostra de raspa de couro foi testada utilizando-se o mesmo procedimento dos tecidos de teste, o qual será apresentado a seguir.

2.5.1. Luz Visível

Para as medições de luz visível, a ponta do eletrodo foi posicionada na mesma altura e distanciada diretamente 300mm do sensor do luxímetro. Isto significa que: tomando o plano da mesa (plano do bloco de alumínio) como o plano horizontal, o plano dos tecidos (plano do suporte dos sensores) foi posicionado perpendicularmente, sendo, portanto, o plano vertical (demarcado pela linha vermelha da Fig.4Figura). Em outras palavras, a montagem foi feita para que o vetor normal do plano dos tecidos em teste, partindo do centro do sensor do luxímetro, passasse pela ponta do eletrodo. O arco elétrico foi então aberto por cerca de 20 segundos para que fossem coletadas 10 leituras do sensor.

Durante as medições de luz visível, um erro sistemático foi introduzido devido à iluminação natural e artificial do ambiente. Por dificuldades em se trabalhar sem iluminação, decidiu-se aumentar o tempo de amostragem e, por consequência, o número de dados obtidos para momentos antes e depois da abertura do arco. O tempo foi então de 30 segundos, obtendo-se 15 leituras para cada tecido testado. Dessa forma, foi possível determinar a contribuição na

iluminância registrada pelo luxímetro correspondente a luz não proveniente do arco, e assim, os resultados foram corrigidos subtraindo-se dos mesmos este erro.

2.5.2. Radiação UVA e UVB

Para a realização das medidas de Ultravioleta tipo A e tipo B, a exemplo do posicionamento para o luxímetro, o arco foi posicionado diretamente em relação ao sensor de UVA e UVB. O vetor que determina o plano da área do sensor (paralelo ao plano vertical e ao plano do tecido testado) passou pela ponta do eletrodo com distância de 300mm.

Foram realizadas 15 leituras durante 30 segundos para cada tecido.

A iluminação ambiente também emite pequenas quantidades de raios UV, no entanto, a distância, sensibilidade, e ângulo de posicionamento dos sensores UVs em relação às lâmpadas do laboratório fizeram com que não houvesse influência desta parte nos resultados.

2.5.3. Radiação UVC

Para medir a radiação Ultravioleta tipo C, o arco foi posicionado da mesma forma descrita para os medidores UVA e UVB e Luz visível. De forma direta com a distância de 300mm. E também foram coletadas 15 amostras durante 30 segundos, sendo desprezada a emissão de UVC ambiente.

Após a coleta, os dados foram analisados utilizando-se o software Excel. Por conseguinte, os resultados obtidos são apresentados a seguir.

3. RESULTADOS

Os resultados estão divididos em três seções, cada qual para seu sensor correspondente: Luxímetro, UVA e UVB, e UVC. Posteriormente, apresenta-se a análise da influência das cores dos tecidos na proteção conferida. Os resultados são expressos em termos de iluminância (cd/m^2), para o luxímetro, e intensidade de radiação, para os medidores UV (em $\mu\text{W/cm}^2$).

3.1. Iluminância

Os registros de iluminância sem tecidos de proteção relataram média de $1407,8\text{cd/m}^2$ e desvio padrão $68,8\text{cd/m}^2$. A amostra de couro permitiu passagem de $0,5\text{cd/m}^2$ com desvio padrão de $0,1\text{cd/m}^2$. Estes resultados servem como grupo controle, sendo os tecidos que se aproximam da raspa de couro, em performance de bloqueio da luz visível, considerados melhores para o propósito de proteção em soldagem.

3.1.1. Avaliação da Passagem de Luz Visível Através dos Tecidos Testados

A Figura 5 apresenta os resultados obtidos, durante a exposição direta à luz do arco elétrico, dos panos com melhor desempenho do ponto de vista da segurança do soldador. Os tecidos de teste foram posicionados, um por vez, cobrindo a área do sensor do luxímetro. A leitura dos dados no luxímetro foi feita em termos da unidade lux, que em unidades do Sistema Internacional, representa o cd/m^2 . Os resultados, então, foram plotados em um gráfico de barras para melhor visualização.

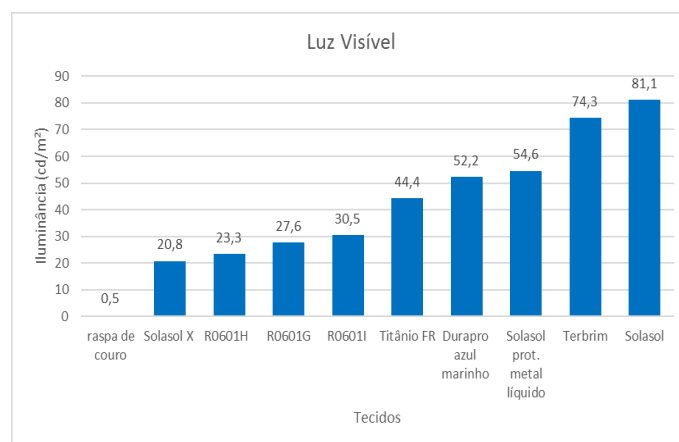


Figura 52. Iluminância média (cd/m^2) registrada para os tipos de tecidos com melhor comportamento dentre os testados.

Pode-se perceber que os tecidos Solasol-X, R0601H, R0601G e R0601I foram, nesta ordem, aqueles que entregam melhor nível de proteção contra a passagem da luz visível. O tecido Titânio FR também não permite que a passagem de luz visível seja excessiva.

A Figura 6 apresenta os resultados obtidos para os tecidos que menos barraram os raios visíveis.

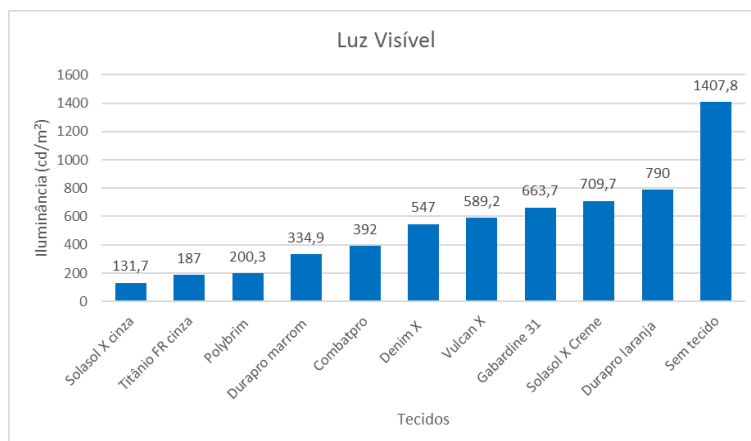


Figura 3. Iluminância média (cd/m²) registrada para os tipos de tecidos com pior comportamento dentre os testados.

O tecido Durapro, de cor laranja, Solasol X, de cor creme, e Gabardine 31 foram aqueles com pior comportamento, sendo que, o primeiro permite a passagem de cerca de 56% dos raios com comprimento de onda entre 380 a 760nm.

3.2. Intensidades UVA e UVB

As medições da intensidade de radiação para os comprimentos de onda UVA e UVB, sem a proteção de nenhum tecido, tiveram média de $174,0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ e desvio padrão de $5,3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. A raspa de couro barrou toda a radiação UVA e UVB fornecendo registros nulos no instrumento. Os panos que se aproximam da blindagem conferida pela raspa de couro, contra a radiação UVA e UVB, são aqueles considerados mais propícios para aplicação de proteção na soldagem.

3.2.1. Avaliação da Proteção Conferida pelos Tecidos de Teste contra as Radiações UVA e UVB

A Figura 4 mostra os resultados colhidos para a intensidade média de radiação atravessando os tecidos – que menos permitiram a passagem de comprimentos de onda – correspondentes aos tipos A e B do espectro ultravioleta.

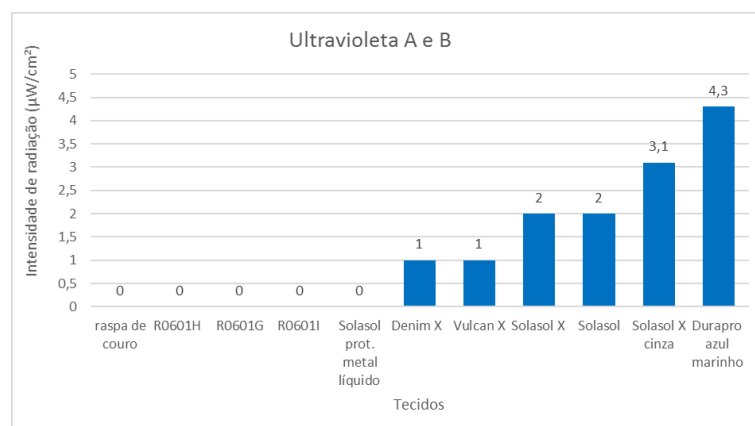


Figura 4. Intensidade média de radiação ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) registrada para as faixas UVA e UVB dos tecidos com melhor comportamento dentre os testados

Os tecidos experimentais R0601H, R0601G e R0601I além do Solasol com acabamento de proteção contra projeções de metal líquido, apresentaram resultados promissores, barrando, assim como a raspa de couro, toda a radiação com comprimento de onda entre 280 a 380nm. Os tecidos Denim-X, Vulcan-X3, Solasol e Solasol-X também impediram que grande parte da energia emitida sensibilizasse o sensor do medidor.

A Figura 8 apresenta a intensidade média de radiação dos tipos A e B dos tecidos de desempenho pior em relação à segurança do soldador.

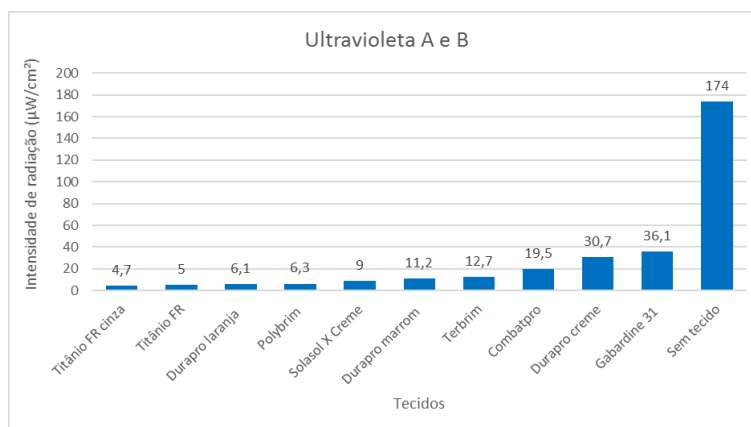


Figura 8. Intensidade média de radiação (μW/cm²) registrada para as faixas UVA e UVB dos tecidos com pior comportamento dentre os testados

Novamente, assim como nos resultados de luz visível, o tecido Gabardine 31 possui desempenho inferior aos demais panos de teste.

3.3. Intensidade UVC

A intensidade de radiação UVC sem proteção apresentou média de $198,6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ e desvio padrão de $0,6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. O couro de raspa impediu totalmente a passagem destes raios. Mais uma vez, os tecidos considerados bons são aqueles com propriedades de impedir a penetração de radiação UVC assim como a raspa de couro.

3.3.1. Avaliação da Proteção dos Panos de Teste Contra a UVC

Os tecidos R0601G, R0601H, R0601I, bem como o Solasol-X e Solasol com proteção contra projeções metálicas, revelaram-se ótimas alternativas para proteção contra a radiação ultravioleta de onda curta (UVC). Tais tecidos foram equivalentes à raspa de couro ao não permitir a penetração do tipo mais perigoso do ultravioleta. Pelo motivo de não se ter passado nenhuma quantidade de energia, que sensibilizou o sensor UVC, durante os testes dos tecidos supracitados, optou-se por não os representar no gráfico de resultados UVC.

A Figura 5 apresenta a intensidade média de radiação ultravioleta do Tipo C que atravessou os panos testados, com exceção dos tecidos que barraram completamente esta radiação.

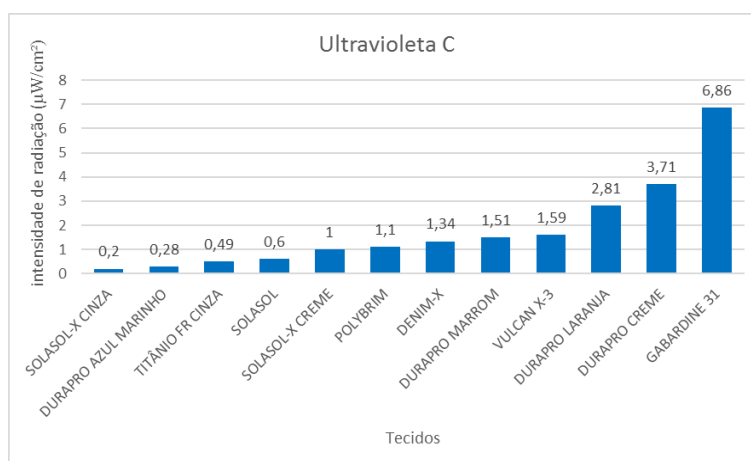


Figura 5. Intensidade média de radiação (μW/cm²) UVC registrada pelos sensores durante os testes.

Percebe-se, mais uma vez, o pior resultado de proteção para o tecido Gabardine 31.

3.4. Influência das Cores dos Tecidos

A possível influência de diferentes cores para o mesmo tecido foi investigada testando-se os tecidos de mesma construção, densidade e densidade de fios, com cores diferentes. Para tal, a empresa SANTISTA WORK SOLUTION© disponibilizou amostras com cores diferentes dos tecidos Solasol-X, Durapro e Titânio FR. Os resultados foram muito interessantes.

A Figura 6 apresenta o resultado da passagem de luz visível pelo tecido Solasol X de cores distintas. Este pano, quando não recebe a tintura, possui um fundo de cor escura, a qual se aproxima da cor preta. Além deste, foram testadas as cores cinza e creme.

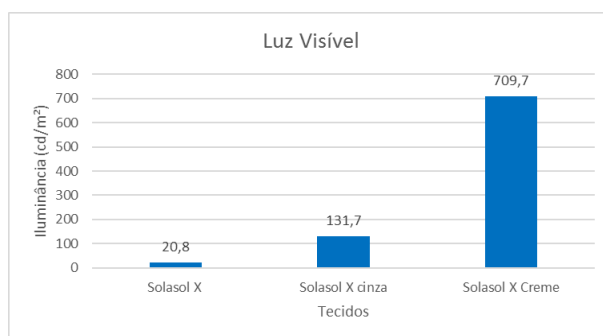


Figura 6. Desempenho de diferentes cores do Solasol-X em respeito à luz visível.

As cores de um material são percebidas pelo olho humano quando o mesmo a reflete. Dessa forma, o que faz o tecido ter determinada cor é, justamente, a característica dele não absorver determinado comprimento de onda, ou faixas de comprimentos e refleti-los. Tal comprimento refletido chega à retina e o cérebro interpreta a cor como vermelha, laranja, amarelo, azul, verde, violeta ou mistura destas, como o marrom, cinza etc.

A disparidade dos resultados entre as cores do Solasol-X foi grande. Enquanto a amostra de tecido sem tintura (fundo escuro) parece absorver a luz visível, o de cor creme parece apenas refletir λ correspondentes a esta cor e permitir a passagem de outros comprimentos. Isto resultou em uma média de passagem de intensidade luminosa cerca de 34 vezes maior na cor creme comparada ao tecido com fundo escuro.

A Figura 7 apresenta os resultados médios da intensidade de radiação dos tipos A e B que atravessou o tecido Solasol-X de três tonalidades.

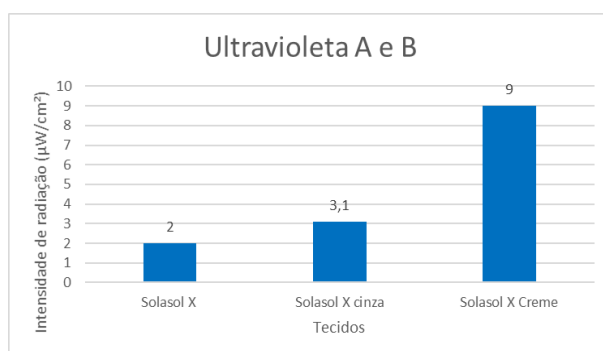


Figura 7. Desempenho de diferentes cores do Solasol-X em relação a comprimentos de onda da faixa UVA e UVB

Quanto aos resultados de passagem de radiação UVA e UVB, observou-se a repetição da ordem de desempenho das cores em barrar os raios. No entanto, a razão das médias das intensidades de radiação, entre a melhor cor (fundo escuro ou base escura) e a pior (creme), foi bem menor comparada à luz visível: cerca de 4,5.

4. CONCLUSÕES

Os tecidos R0601G, R0601H, R0601I mostraram-se tão eficazes na proteção contra os raios UVs quanto a raspa de couro, e apresentaram bons resultados no bloqueio da luz visível. Tais tecidos não possuem os diversos inconvenientes de fabricação e uso do couro de raspa. Em contrapartida, é de suma importância salientar que testes relacionados a durabilidade, desgaste e fadiga de tais tecidos, os quais não foram tratados pelo presente trabalho, devem ser aplicados porque só assim a segurança do soldador pode ser assegurada. Da mesma forma, testes contra projeções incandescentes – não abordados no presente estudo – têm de ser realizados, caso a aplicação seja em processos de soldagem que, ao contrário do TIG, apresentam arco instável ou grande quantidade de projeções metálicas.

O acabamento de proteção contra projeções de metal líquido presente em uma das amostras do Solasol mostrou-se eficiente em barrar também as radiações Ultravioletas e parte da luz visível. Isto revelou a necessidade de se estudar mais a fundo as propriedades e características influentes dos acabamentos superficiais dos tecidos.

O tecido Solasol-X apresenta boas propriedades de proteção. Este pano barrou a radiação ultravioleta tipo C e grande parte dos raios ultravioletas A e B, podendo ser uma alternativa para operações de soldagem nas quais a emissão de UVA e UVB seja conhecida e relativamente baixa. A cor deste tecido deve ser motivo de grande atenção, pois, o

Solasol-X (de base escura) apresentou melhor resultado barrando luz visível dentre os testados. Em oposição, o tecido de cor creme possui o segundo pior resultado para a mesma variável (luz visível).

A influência da cor também se mostrou presente nas outras amostras dos tecidos que possuíam cores distintas (Durapro e Titânio FR). No caso do Durapro o resultado foi semelhante ao do Solasol-X, sendo a cor creme o destaque negativo. O teste com o Titânio FR mostrou um comportamento oposto aos primeiros. A cor mais escura desta amostra barrou mais luz visível e menos UVA e UVB. Entretanto, a diferença para as radiações tipo A e B foi muito pequena (cerca de 6%), por isso este resultado é inconclusivo e necessita novos testes.

O tecido Gabardine 31 revelou-se o de pior desempenho para as três variáveis avaliadas: passagem de luz visível, radiação UVA e UVB, e radiação UVC. Do ponto de vista da preservação da saúde do soldador, este não seria um dos tecidos recomendados para aplicações em soldagem.

Os tecidos de comportamento intermediário (Durapro, Terbrim, Denim-X e Polybrim) tiveram desempenhos melhores em relação à uma variável de análise e pior em outras. Sendo, pois, considerados não apropriados para soldadores (expostos diretamente ao arco), mas podem servir de alternativas para trabalhadores de outras áreas que sofrem exposição indireta, ou ainda, em procedimentos nos quais os níveis de exposição em relação às variáveis analisadas sejam bem conhecidos e controlados.

5. REFERÊNCIAS

- BALOGH, T.S. *et al.* Proteção a radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. An Bras Dermatol. 2011
- BRACARENSE, A. Q.; MEDEIROS, M. A. G.; PEDRA, E. J. C.; NUNES, R.M.; NEGAMI, F. “Estudo do Comportamento de Diferentes Tecidos aos Efeitos do Arco Elétrico de Soldagem” 41º CONSOLDA – Congresso Nacional de Soldagem, 2015. Associação Brasileira de Soldagem - ABS, out. 2015.
- EXTRUFLEX, O espectro eletromagnético. Disponível em: <<http://www.extruflex.com/pt-br/node/765>>. Acesso em 24 mar. 2015.
- OKUMURA, T.; TANIGUCHI, C. Engenharia de Soldagem e Aplicações. 1982.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

PROTECTION GIVEN BY DIFFERENT TYPES OF TISSUES AGAINST RADIATION EMISSIONS FROM ARC WELDING

Marco Aurélio Gonçalves Medeiros, marcogomed10@gmail.com¹

Alexandre Queiroz Bracarense, bracarense@ufmg.br¹

Fabiana Negami, fabiana.negami@santistasolution.com.br²

Etienne Pereira de Andrade, andrade.etiene@hotmail.com³

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Laboratório de Robótica, Soldagem e Simulação – Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG, Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha 31270-901 – Belo Horizonte – MG, Brasil

²Santista Work Solution, Av. Nicolau João Abdalla, 4125 – 13474-903 – Americana – SP, Brasil

³Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Av. Amazonas, 5253 – Nova Suiça 30421-169 – Belo Horizonte – MG, Brasil.

Abstract. Welding is the most common materials union process in industry. During arc welding, many risks associated with this manufacturing process, expose operators. Ultraviolet radiation exposure is the leading cause of skin cancer in the world, and recent studies show that excessive exposure to visible light is also potentially carcinogenic. The arc emits these rays during welding. Since the 19th century, leather has been used for protection against the heat and metallic projections from the arc. Leather has several drawbacks. So often, welders neglect safety standards while avoiding the leather garments for gains in time and weld quality. The research on new materials for protective clothing for welding can turn into reduction of risks in the production process, gains in efficiency, and quality of welded products. In an attempt to seek alternatives to leather, we tested tissues of different structure, weight, composition, and colors, ordering them in respect to the protection afforded against ultraviolet radiation and visible light. The results obtained can provide the necessary support to promote the creation of more efficient protection fabrics. Three of the tested fabrics are capable to replace the leather for some welding operations. They present similar performance in protection in respect to the variables considered.

Keywords: arc welding, protective clothing, arc emissions, leather scrap, welding safety.