

O PAPEL DO ANTIRRESPINGO SOBRE A QUALIDADE DA SOLDA – PARTE I: SOLDAGEM MAG DE AÇO CARBONO

Ricardo Zimpel, ricardo.zimpel@stara.com.br ¹

Juliano Dante Koeppel, juliano.koeppel@stara.com.br ¹

Luís Adolfo Berni, luis.berni@ufsm.br ²

Cristiano José Scheuer, cristiano.scheuer@gmail.com ²

¹ Stara: Máquinas e implementos agrícolas, Não-Me-Toque, RS, Brasil.

² Grupo de Tecnologia e Mecânica dos Materiais. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Resumo. Na soldagem MAG de chapas de aço carbono a transferência de metal para poça de fusão se dá através do modo curto-circuito. Nestes casos, é comum a ocorrência da projeção de respingos, os quais depositam-se ao entorno do cordão. Tal fato promove prejuízo ao acabamento da peça soldada, requerendo usualmente uma operação complementar de esmerilhamento mecânico para sua remoção. De modo a reduzir os custos de produção nesta etapa de acabamento pós-soldagem, foram desenvolvidos os agentes ‘antirrespingos’. Estes constituem produtos químicos que são aplicados diretamente sobre a junta, anteriormente a deposição do cordão, e reduzem a adesão dos respingos sobre a chapa. Entretanto, a composição de tais produtos pode exercer dano sobre as características microestruturais e propriedades mecânicas dos cordões. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do emprego de dezesseis marcas diferentes de agentes ‘antirrespingos’ sobre as características de soldas produzidas pelo processo MAG sobre chapas de aço ABNT 1020. A caracterização do material soldado se deu por análise macro e microestrutural e por medidas de microdureza. Os resultados obtidos evidenciam que os agentes ‘antirrespingos’ avaliados não exercem qualquer efeito sobre as características dimensionais, macro e microestruturais e microdureza dos cordões de solda.

Palavras chave: Soldagem MAG. Aço carbono. Curto-circuito. Antirrespingo. Qualidade da solda.

1. INTRODUÇÃO

O ‘antirrespingo’ corresponde à um produto químico (fornecido na forma de gel, líquido ou aerossol), composto por agentes antiaderentes; adotado com o intuito de impedir a adesão de respingos sobre o bocal da tocha de soldagem (evitando a obstrução do fluxo do gás), e sobre a peça de trabalho (eliminando ou mitigando a necessidade de operações adicionais de acabamento para remoção dos respingos).

A composição dos ‘Antirrespingo’ varia segundo cada fabricante. Correspondem à uma emulsão constituída basicamente por três ingredientes principais: agente de base, agente propulsor, e aditivos antiaderentes. Como agente de base empregam-se usualmente água ou óleos vegetais. Como agente propulsor utiliza-se propano e butano (inflamáveis); e nitrogênio, ar comprimido ou dióxido de carbono (não inflamáveis). Como aditivos antiaderentes é comum adotar gorduras, óleos, ácidos graxos e/ou silicone. O emprego do silicone pode afetar as operações posteriores de pintura ou galvanização do componente soldado. Opcionalmente, podem conter um ou mais elementos tensoativos e/ou elementos estabilizantes, substâncias estas que proporcionam uma baixa toxicidade à formulação.

Em função de ser aplicado diretamente sobre a junta à ser soldada, os elementos constituintes dos agentes ‘antirrespingo’ podem produzir defeitos intrínsecos, tais como porosidade, falta de fusão ou mesmo fissuramento na zona fundida. Em virtude disso, é necessário avaliar as diferentes marcas de agente ‘antirrespingos’ existentes no mercado nacional, de modo a avaliar o seu papel sobre as características dimensionais, microestruturais e microdureza dos cordões de solda, o que constitui o escopo deste trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais adotados na confecção e caracterização dos corpos de prova foram regidos por literatura científica específica, e por normas disponíveis para qualificar a soldagem de chapas de aços.

Face aos produtos fabricados e comercializados pela empresa requerente da análise, foram adotados dois tipos distintos de metais de base: aço baixo carbono SAE 1020, e aço inoxidável austenítico AISI 304. A Figura 1 ilustra as dimensões dos elementos da junta adotados em ambos os casos. O tipo de configuração utilizada na análise correspondeu à junta de todo com chanfro em I, adotando uma fresta de 1,5 mm, com deposição de cordões em ambas as faces da junta. Cabe destacar que o preparo das

amostras soldadas e a sua soldagem foram realizados pela empresa requerente.

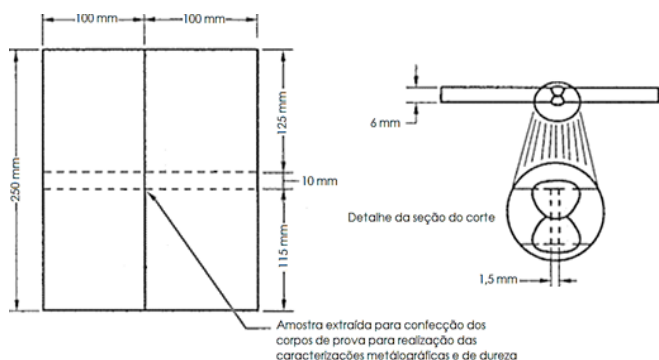


Figura 1. Esquema da junta montada, com a indicação das suas dimensões.

Para a execução da soldagem dos corpos de prova, empregou-se os parâmetros e consumíveis indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros adotados para execução do cordão.

Parâmetros	SAE 1020
Corrente (A):	255 - 275
Tensão (V):	25 - 27
Proteção gasosa:	5%O ₂ = 95%Ar
Metal de adição:	AWS ER 70S-6
Posição de soldagem:	Plana
Tipo de operação:	Manual

Foram avaliadas dezesseis marcas distintas de agentes ‘antirrespingo’, comercializados nacionalmente. Estes foram aplicados na forma de spray aerossol. Em cada junta soldada, o agente ‘antirrespingo’ foi aplicado em ambas as placas soldadas, e em ambos os lados destas. A Tabela 2 compila as características dos agentes ‘antirrespingos’. O seu nome e marca foram suprimidos por questões éticas.

Tabela 2. Características dos agentes ‘antirrespingos’.

1	Antirrespingo isento de silicone e solventes, e é solúvel em água. Por não conter gases prejudiciais, ele é atóxico. O fabricante não informa especificamente a composição do produto na embalagem.
2	Antirrespingo livre de silicone e agentes que causam problemas sobre a pintura. É atóxico, biodegradável e possui aditivo anticorrosivo. O fabricante não informa a composição do produto na embalagem.
3	Antirrespingo composto por elementos tensoativos aniônico, emulsionantes, conservantes, anticorrosivos. Não é inflamável e atóxico, biodegradável e livre de silicone.
4	Não foram encontradas informações sobre o produto
5	Não foram encontradas informações sobre o produto
6	Não foram encontradas informações sobre o produto
7	Antirrespingo não inflamável, isento de silicone, e contém aditivos anticorrosivos. O fabricante não informa a composição do produto na embalagem.

8	Antirrespingo formulado com ingredientes naturais e seguros, não contém solvente e silicone, não é inflamável e contém aditivos anticorrosivos. O fabricante não informa a composição do produto na embalagem.
9	Antirrespingo biodegradável, não contém silicone ou solventes. Não agride o meio ambiente e a saúde. O fabricante não informa a composição do produto.
10	Não foram encontradas informações sobre o produto
11	Antirrespingo isento de silicone e solventes cancerígenos. O fabricante não informa a composição do produto.
12	Antirrespingo livre de silicone e agentes que causam problemas nos processos de pintura. É atóxico, biodegradável e possui aditivo anticorrosivo. O fabricante não informa a composição do produto na embalagem.
13	Não foram encontradas informações sobre o produto
14	Antirrespingo isento de silicone, biodegradável, não libera vapores nocivos no ambiente de trabalho. Formulado com aditivo anticorrosivo. Não é inflamável. O fabricante não informa a composição do produto na embalagem.
15	Antirrespingo isento de silicone, biodegradável, não libera vapores nocivos no ambiente de trabalho. Formulado com aditivo anticorrosivo. Não é inflamável. O fabricante não informa a composição do produto na embalagem.
16	Não foram encontradas informações sobre o produto

Os corpos de prova soldados foram analisados visualmente. A eficácia de cada agente ‘antirrespingo’ foi avaliada no tocando a mitigação da ocorrência de respingos e oxidação. Com o objetivo de viabilizar a caracterização metalográfica e de microdureza dos cordões de solda, após análise visual os corpos de prova foram usinados em amostras de acordo com as dimensões previamente indicadas na Figura 1.

Para facilitar o preparo, as amostras foram embutidas em resina termofixa (baquelite). Após embutimento, as amostras foram inicialmente lixadas com lixas de carboneto de silício nas gramaturas entre 120 à 1200 e, posteriormente, polidas mecanicamente utilizando um disco de feltro e uma suspensão abrasiva de Al₂O₃ com partículas de 1 µm. Após etapa de preparo, as amostras foram limpas em banho de ultrassom com álcool etílico por 10 minutos, e secas sob fluxo de ar quente.

Para viabilizar as observações macro e microestruturais, as amostras do aço carbono SAE 1020 foram submetidas ao ataque químico metalográfico utilizando o reagente Nital 5%. O ataque foi realizado mergulhando as amostras na solução durante um período de 5 s sob agitação manual. Após o ataque, as amostras foram submetidas novamente ao banho ultrassônico.

A microestrutura das amostras foi examinada por microscopia óptica. A caracterização foi realizada nas posições centrais de cada região (ZF – zona fundida, ZTA – zona termicamente afetada e MB – metal de base) ao longo da linha da face (vide

Figura 2). A macroestrutura das amostras foi examinada utilizando um escâner de mesa. A largura e reforço dos cordões foram determinadas conforme indicado na Figura 2, usando o software ImageJ.

As medidas de dureza foram feitas ao longo da seção transversal dos cordões com posições de medidas tomadas conforme indicado na Figura 2. Partindo-se da posição central, foram medidos os valores de dureza, em direção ao metal de base, a uma profundidade de 2 mm abaixo da superfície, sendo as leituras realizadas a cada 500 µm, até atingir uma distância de 12×10^4 µm do centro do cordão.

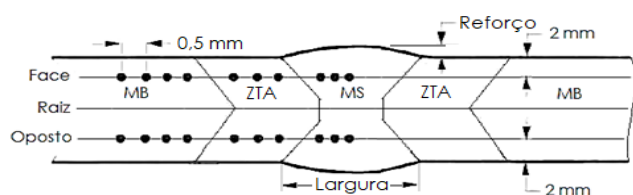


Figura 2. Esquema indicando os pontos de medição de dureza na junta soldada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 são apresentadas fotografias evidenciando o aspecto superficial dos cordões depositados em ambos os lados (*a* – face, *b* – contraface) da amostra de aço carbono SAE 1020, utilizando o agente ‘Antirrespingos’ da marca 1. Neste caso, não é verificada a existência de respingos na face da junta, e ocorrem poucos respingos na sua contraface. Em contrapartida, é possível identificar uma considerável oxidação ao entorno do cordão depositado. As demais marcas apresentaram comportamento variado em relação a ocorrência de respingos e oxidação, conforme discutido na Tabela 3.

É importante clarificar que neste caso descartou-se a ocorrência de formação de fuligem devido ao aspecto do depósito, e da dificuldade de remoção, não destacando-se da superfície da amostra com a utilização de solventes, ou mesmo de escoamento manual.

Na Figura 4 é ilustrada a macrografia da seção transversal de amostra de aço carbono SAE 1020 soldada usando o agente ‘antirrespingo’ da marca 1. As macrografias das demais condições não foram apresentadas por questão de espaço. O comparativo entre estas evidencia que o aspecto e dimensões dos cordões são similares em todas as condições avaliadas, evidenciando que o tipo de agente antirrespingo não interfere sobre as características do cordão. Destaca-se que, conforme dados apresentados na Tabela 3, a variação nos valores das dimensões do reforço e largura dos cordões ficou abaixo de 7%. Em todas as condições avaliadas os cordões apresentaram o defeito

geométrico do tipo penetração incompleta na raiz da junta. Tal defeito é advindo do preparo inadequado da junta, ou da adoção de parâmetros inadequados de soldagem. Sua ocorrência, conforme sabido, fragiliza a seção reta do cordão, podendo configurar concentradores de tensão e poderão constituir nucleadores de trincas. Cabe destacar que embora não tenham sido identificadas fissuras e poros ao longo da superfície do cordão e na linha média da sua seção transversal, a sua ocorrência somente poderá ser descartada pela realização dos ensaios não destrutivos tais como de partículas magnéticas, ultrassom e radiografia.

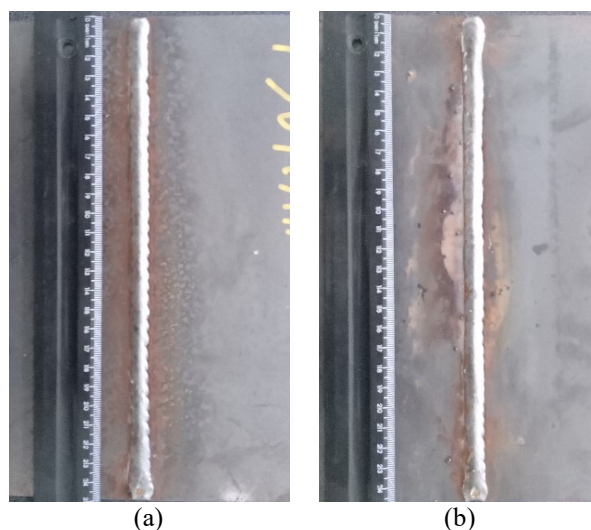


Figura 3. Fotografias mostrando o aspecto da amostra soldada empregando o agente ‘antirrespingo’ da marca 1.



Figura 4. Macrografias da seção transversal da amostra soldada empregando o agente ‘antirrespingo’ marca 1.

A Tabela 3 compila e sintetiza os principais resultados da caracterização visual (ocorrência de respingos e oxidação) e dimensional dos cordões.

Tabela 3. Características dos cordões depositados usando as diferentes marcas de agente ‘antirrespingo’.

Marca	Lado da junta	Largura (mm)	Reforço (mm)	Comentários gerais
1	Face	8.64	2.42	Isenta de respingos, porém bastante oxidada
	Oposto	9.35	2.37	Poucos respingos, porém bastante oxidada
2	Face	8.85	2.23	Isenta de respingos e levemente oxidada
	Oposto	9.09	2.62	Isenta de respingos e levemente oxidada
3	Face	8.89	2.37	Poucos respingos e levemente oxidada

	Oposto	9.69	2.18	Poucos respingos e levemente oxidada
4	Face	9.81	2.68	Isenta de respingos e levemente oxidada
	Oposto	9.98	2.37	Poucos respingos e levemente de oxidação
5	Face	8.67	2.23	Isenta de respingos e levemente oxidada
	Oposto	9.74	2.66	Poucos respingos e levemente oxidada.
6	Face	8.93	2.37	Isenta de respingos e levemente oxidada
	Oposto	9.29	2.42	Isenta de respingos e levemente oxidada
7	Face	9.1	2.21	Isenta de respingos, porém bastante oxidada
	Oposto	9.83	2.28	Isenta de respingos porém bastante oxidada
8	Face	9.19	2.52	Isenta de respingos e levemente oxidada
	Oposto	9.2	2.53	Poucos respingos e levemente oxidada
9	Face	8.83	2.17	Isenta de respingos e oxidação
	Oposto	9.35	2.23	Isenta de respingos e oxidação
10	Face	9.89	2.46	Isenta de respingos e oxidação
	Oposto	9.01	2.17	Isenta de respingos e oxidação
11	Face	9.29	2.25	Poucos respingos, porém bastante oxidada
	Oposto	9.15	2.37	Poucos respingos, porém bastante oxidada
12	Face	9.49	2.62	Isenta de respingos e levemente oxidada
	Oposto	9.21	2.37	Poucos respingos e levemente oxidada
13	Face	9.35	2.55	Isenta de respingos, porém bastante oxidada
	Oposto	9.27	2.42	Poucos respingos, porém bastante oxidada
14	Face	9.24	2.57	Bastante respingo e oxidação
	Oposto	11.56	2.51	Bastante respingo e oxidação
15	Face	9.09	2.22	Bastante respingo e oxidação
	Oposto	9.16	2.17	Bastante respingo e oxidação
16	Face	8.73	2.57	Bastante respingo e oxidação
	Oposto	9.61	2.43	Bastante respingo e oxidação

Na Figura 5 são mostradas as micrografias da seção transversal do cordão na região do metal de solda (MS), na zona termicamente afetada com granulação grosseira (ZTA-G) e granulação fina (ZTA-F), e no metal de base (MB), para a amostra do aço carbono SAE 1020 soldada empregando o agente ‘antirrespingo’ da marca 1. A micrografia do MB revela uma estrutura de grãos equiaxiais típica de chapas laminadas a quente, constituída por microestrutura hipoeutetóide característica dos aços não ligados e com baixo teor de carbono, formada por ferrita pró-eutetóide e perlita (lamelas alternadas de ferrita e cementita).

A microestrutura da ZTA é tipicamente constituída por uma região de grãos mais grosseiros (ZTA-G) próxima a linha de fusão da junta, e uma região de grãos refinados (ZTA-F) situada entre a ZTA-G e o MB. Conforme sabido, o maior tamanho de grão da ZTA-G deve-se à sua proximidade em relação a poça de fusão, e a granulação mais fina da ZTA-F se dá em virtude do resfriamento produzido pelo volume do metal de base.

A região da ZTA-F é composta pelos microconstituintes ferrita poligonal, ferrita de contorno de grão e perlita, todos com granulação fina. Nesta região, durante o processo de soldagem, a temperatura é suficiente para formar a austenita, no entanto o máximo valor alcançado não é suficiente para dissolver completamente a cementita da perlita, como ocorre na região da ZTA-G. Conseqüentemente, ao formar grãos ferríticos finos durante a recristalização, o crescimento de grão da austenita é suprimido e a ulterior transformação desta em uma estrutura hipoeutetóide grosseira não ocorre durante o seu resfriamento. Clarifica-se que a formação de ferrita

poligonal ocorre a partir da decomposição da austenita a altas temperaturas, sendo caracterizada pela presença de contornos de grãos poligonais.

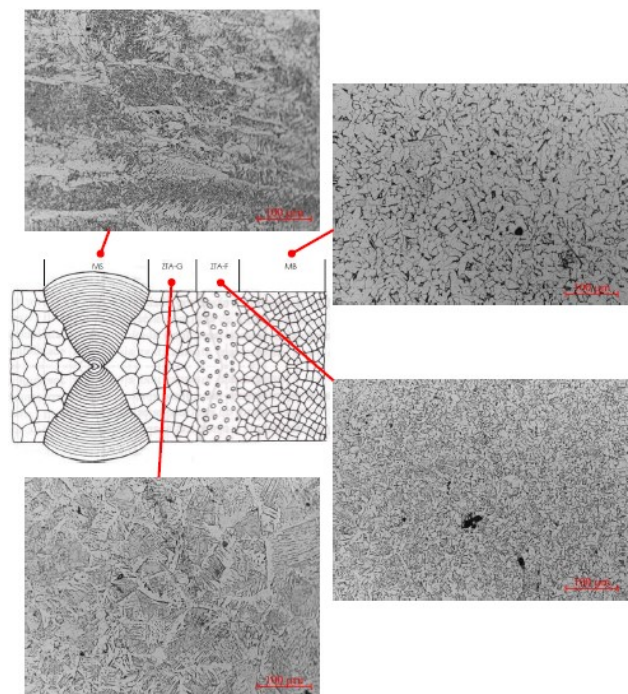


Figura 5. Micrografia da amostra de aço SAE1020 soldada empregando o agente ‘antirrespingo’ da marca 1.

A região da ZTA-G também é constituída por ferrita poligonal, ferrita de contorno de grão e perlita, entretanto com granulação mais grosseira. Cabe destacar que a ZTA-G atinge valores de temperatura acima da crítica – Ac3 (região com as fases ferrita e austenita, conforme pode ser visto ao consultar o diagrama de fase Fe-Fe₃C), o que favorece o crescimento do grão austenítico. Durante o posterior resfriamento, a austenita de granulação grosseira formada irá se decompor em ferrita poligonal, ferrita de contorno de grão e perlita.

A região do MS é composta por ferrita acicular, ferrita de Widmanstätten e, em menor proporção, por ferrita poligonal. De acordo com a literatura, a presença de ferrita acicular está associada a um alto volume de inclusões não metálicas na matriz, sendo esta constituída por agulhas ou placas finas de ferrita que crescem por nucleação intergranular junto as inclusões.

O emprego dos demais agentes ‘antirrespingos’ não produziu qualquer modificação do padrão da microestrutura das diferentes regiões da junta soldada mostradas na Figura 5.

Na Figura 6 é apresentado o perfil de dureza medido na seção transversal das amostras de aço SAE 1020 soldadas empregando diferentes marcas de agente ‘antirrespingo’. Nota-se claramente a distinção dos patamares de dureza segundo as diferentes regiões da junta. Igualmente, é possível verificar com clareza que os perfis para as diferentes condições avaliadas apresentam o mesmo comportamento, sendo a variação dos valores de dureza situados em um intervalo inferior a 15%, o qual deve-se à anisotropia da própria microestrutura.

É importante clarificar que os valores de dureza medidos no metal de solda também oscilam devido as diferentes fases, microconstituintes ou inclusões presentes. Para o metal de base, as variações dos valores ocorrem em função da microestrutura ferrítica ser mais macia do que a perlítica. Na região da zona termicamente afetada a variação de dureza ocorre devido as diferentes morfologias ferríticas e à presença de perlita.

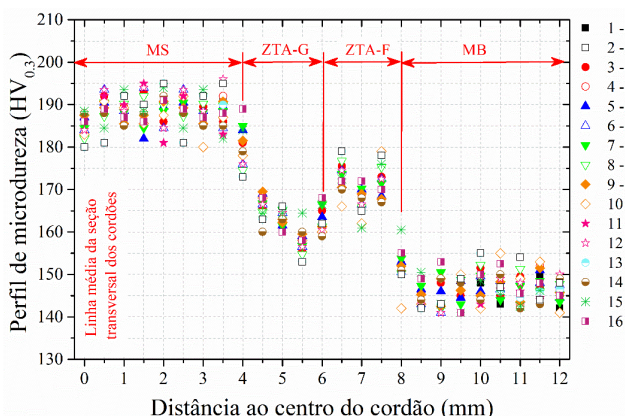


Figura 6. Microdureza das amostras de aço SAE1020 soldadas empregando os diferentes agentes ‘antirrespingo’.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados da análise visual, das análises macro e micrográficas, e das medições de microdureza pode-se afirmar que:

- i) Nenhuma das marcas de agente ‘antirrespingo’ avaliadas foi totalmente eficiente na eliminação da ocorrência dos respingos;
- ii) Todas as marcas de agente ‘antirrespingo’ avaliadas levaram à formação, em maior ou menor escala, de óxidos;
- iii) Os agentes ‘antirrespingos’ não exercem qualquer efeito sobre as características dimensionais, macro e microestruturais e microdureza dos cordões de solda; e,
- iv) Todas as condições investigadas exibiram penetração incompleta na raiz da junta soldada.

5. REFERÊNCIAS

- MARQUES, P.V.; MODENESI, P.J.; BRACARENSE A.Q. Soldagem: Fundamentos e tecnologia. 4ª ed. Rio de Janeiro:Elsevier Editora Ltda, 2017.
- OKUMURA, Toshie; TANIGUCHI, Célio. Engenharia de Soldagem e Aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 1982.
- SCOTTI, A.; PONOMAREV, V. Soldagem MIG/MAG: melhor entendimento, melhor desempenho. 1ª ed. São Paulo: Editora Artliber, 2008.
- WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio Duarte; MELLO, Fábio D. Homem. Soldagem, Processos e Metalurgia. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1992.