



## **CARACTERIZAÇÃO DA LIGAÇÃO SOLDADA PELO PROCESSO MAG DE CHAPAS DE ASTM A36 APLICADOS NA FABRICAÇÃO DE CHASSIS E CAÇAMBAS**

**Erbert Barbosa Leite, barbosa.erbert@outlook.com<sup>1</sup>**  
**Daniel Lucas Valadão, dn.lucas09@gmail.com<sup>1</sup>**  
**Iverton José Farias da Silva, ivertonf@gmail.com<sup>1</sup>**  
**Armystron Gonçalves Ferreira Araújo, armystron@ifpi.edu.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Federal do Piauí (IFPI), Praça da Liberdade, 1597, Centro - CEP: 64000-040.

**Resumo.** *O controle de qualidade e análise de falhas são de fundamental importância no processo de soldagem contribuindo para a fabricação de produtos de maior durabilidade e segurança. O processo de soldagem a arco elétrico é o mais utilizado industrialmente na fabricação de peças metálicas, consiste na aplicação de calor localizado proveniente do arco elétrico mantido entre a extremidade de um eletrodo metálico consumível e a peça de trabalho. Esse processo está sujeito a uma série de defeitos, provenientes do operador ou devido à alta temperatura gerada na região de ligação que resulta em alterações microestruturais nem sempre desejáveis ou aceitáveis. Nesse contexto, este trabalho consiste na caracterização mecânica e metalográfica das ligações soldadas de chapas de aço ASTM A36 pelo processo de soldagem MAG por uma indústria de implementos rodoviários da cidade de Teresina. Foram analisadas três correntes de soldagem de 67,5, 85 e 102,85A. A partir da análise metalográfica e dos ensaios de tração, dobramento e microdureza constatou-se que as ligações soldadas, para as correntes analisadas, não atenderam aos resultados ideais de resistência mecânica, assim em virtude das pesquisas bibliográficas realizadas foi aconselhado a redução da velocidade de soldagem utilizada pelos soldadores da empresa. Com o uso da corrente de 67,5A para soldagem das chapas de 7 mm, por apresentar menor comprimento de ZTA e granulometria na região.*

**Palavras chave:** Soldagem MAG. ASTM A36. ZTA.

### **1. INTRODUÇÃO**

As ligações nas estruturas possuem a função de transmitir os esforços de uma peça para outra, garantindo segurança e sem ultrapassar os limites de deformação admissíveis. Os dois tipos mais comuns de ligações empregadas em estruturas metálicas são as ligações soldadas e as ligações parafusadas. As ligações soldadas, frequentemente aplicada em oficinas e fábricas, permitiram estruturas mais leves e econômicas, quando comparadas as ligações parafusadas, devido ao custo dos parafusos e da furação das peças que também reduzem a resistência das peças.

Dentre os tipos de soldagem a arco elétrico, temos a soldagem MAG (Metal Active Gas), muito utilizada nas indústrias de equipamentos pesados, construção civil, automobilística e ferroviária. Trata-se de um processo onde o eletrodo é um arame-eletrodo e a proteção contra agentes atmosféricos provém da reação de gases ativos, usualmente CO<sub>2</sub> ou misturas de gases inertes com gases ativos (Ponomarev e Scotti, 2008).

O processo de soldagem resulta em variações dimensionais e alterações microestruturais devido a altas temperaturas próximo a região de soldagem, a maioria das alterações das propriedades do material são dependentes das reações ocorridas durante a solidificação e resfriamento localizadas que podem resultar em efeitos indesejáveis, tais como tensões residuais e distorção; deterioração de propriedades mecânicas (ductilidade, tenacidade, resistência mecânica) e a formação de trincas (Marques *et al.*, 2011).

A influência da corrente de soldagem nas características da junta soldada é bastante estudado devido a simplicidade A propagação de calor para o metal de base é fortemente influenciada pela corrente de soldagem que influencia na temperatura da poça de fusão, de modo que os efeitos da sua variação são bastante estudados devido a simplicidade de controle, necessitando apenas ajustar o equipamento.

Em decorrência da elevada temperatura proveniente do processo de soldagem e da deposição de um metal de adição, ocorre o aparecimento de regiões bem definidas, neste artigo serão estudadas a zona termicamente afetada (ZTA), metal base (MB) e zona fundida ou metal de solda (MS), no qual é inserido o metal de adição.

A zona termicamente afetada (ZTA) compreende a região do metal de base que teve sua microestrutura e propriedades alteradas devido a altas temperaturas próximo a região de soldagem. É a região mais crítica da solda devido às transformações que ocorrem na mesma, como crescimento e refino de grão, que a tornam frágil e pouco tenaz, sendo um local preferencial para a formação de trincas, comprometendo, assim, a função estrutural do produto (Marques *et al.*, 2011).

Para se chegar à uma solda com ZTA aceitável (mais reduzida possível) que não comprometa as propriedades físicas do produto final, os parâmetros de soldagem devem ser observados e controlados, reduzindo, assim, alterações indesejáveis que comprometa as propriedades do produto final (Perez, 2007).

O processo de soldagem é um dos pontos críticos de qualquer indústria de máquinas e equipamentos, e esforços que visem à melhoria contínua desse processo devem ser motivados pela gerência da empresa, como o uso de ferramentas para análise de dados de qualidade e análises de falhas, excelentes formas de direcionar ações visando o aumento da qualidade dentro da empresa (Camargo et al., 2017).

Em virtude dos aspectos supracitados este trabalho visa analisar os parâmetros de corrente utilizados na soldagem de chapas de aço ASTM A36 pelo processo MAG aplicadas na construção de chassis e caçambas de veículos de uma empresa do setor de implementos rodoviários da cidade de Teresina. Assim caracterizar a resistência mecânica e a microestrutura das peças soldadas, caso necessário propor as devidas alterações dos parâmetros de soldagem utilizado pela empresa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O metal de base utilizado foi o aço estrutural ASTM A36, classificado como um aço carbono de média resistência é muito utilizado em estruturas metálicas, máquinas e implementos rodoviários por ser um aço com boa soldabilidade, homogeneidade microestrutural e boa trabalhabilidade em operações tais como corte, furação e dobramento, sem que se originem fissuras ou outros defeitos.

A composição química e as propriedades mecânicas do aço estão apresentadas nas tabelas abaixo, respectivamente.

Tabela 1. Composição química (%) do aço ASTM A36 (Norma ASTM A36, 2008).

C máx.	P máx.	S máx.	Si máx.	Cu min.
0,26	0,04	0,05	0,40	0,20

Tabela 2. Propriedades mecânicas do aço ASTM A36 (Norma ASTM A36, 2008).

Tensão de escoamento (MPa)	Tensão de ruptura (MPa)
250	400 - 550

O material de adição utilizado foi o arame eletrodo revestido AWS ER70S-6 com bitola de diâmetro de 0,9 mm. Na Tabela 3 e 4 estão contidas a sua composição química e propriedades mecânicas, respectivamente.

Tabela 3. Composição química (%) do eletrodo AWS ER70S-6 (AWS D1.1, 1996).

C	Mn	Si	S	P
0,07 %– 0,15%	1,40 – 1,80	0,8 – 1,15	≤ 0,035	≤ 0,025

Tabela 4. Propriedade mecânicas do eletrodo AWS ER70S-6 (AWS D1.1, 1996).

Tensão de escoamento (MPa)	Tensão de ruptura (MPa)
400	480

### 2.1. Soldagem das chapas

As chapas de aço ASTM A36 de 7 mm de espessura foram adquiridas em uma empresa de implementos rodoviários de Teresina, posteriormente foi feito chanfro em V, ângulo do chanfro de 60°, nariz de 3 mm e abertura da raiz de 2 mm, conforme especifica a norma ISO 9692 Weld Joint Preparation. Como o objetivo do estudo é caracterizar o sistema de soldagem da empresa, desta forma a soldagem das chapas foi realizada na instalação e pelo soldador da mesma para três diferentes parâmetros de corrente, 67,5A, 85A e 102,85A, foi utilizado dióxido de carbônico (CO<sub>2</sub>) como gás de proteção.

Na preparação dos corpos de prova para ensaio mecânico e análise metalográfica, foi tomada a região central da chapa soldada, transversalmente ao cordão de solda por especificação da norma ANSI/AWS D1.1 (1996) que recomenda desprezar o início e o final do comprimento do cordão de solda, visando obter amostras de uma região da junta soldada na qual tenha ocorrida a homogeneização da temperatura durante a soldagem.

### 2.2. Microscopia óptica e ensaio de microdureza

As amostras passaram por uma preparação metalográfica, na qual foram lixadas em politriz com lixas de granulometria de 180, 220, 360, 400, 600 e 1200 mesh, sendo posteriormente polidas em feltro com alumina com tamanho

de partícula de 3, 1, e 0.05  $\mu\text{m}$ . Após a preparação das amostras, todas foram atacadas quimicamente com o uso de nital 3%.

A microscopia foi utilizada para medir e observar a microestrutura da zona fundida e da zona termicamente afetada. Posteriormente foi medida a microdureza da junta soldada pelo ensaio de microdureza do tipo vickers, com aplicação de uma carga de 1,961N por 10 segundos.

### 2.3. Ensaios mecânicos

O ensaio de tração foi realizado com o objetivo de obter as propriedades mecânicas das chapas soldadas de forma quantitativa ao obter a tensão de escoamento e ruptura, além de possibilitar a comparação entre ductilidade e fragilidade ao examinar o local da fratura. Os corpos de prova para ensaio de tração foram preparados de tamanho reduzido, conforme a norma ASTM E8 / 8M (2011). Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.

De acordo com a norma técnica interna SABESP NTS 034 (1999) a resistência à tração da solda deve ser igual ou maior que a mínima resistência à tração especificada para o material de base, ou seja:

- Se a seção se romper fora da solda ou na zona de fusão, e a resistência for igual ou superior à especificada para a metal base, a seção será aprovada;
- Se a seção se romper na solda ou na zona de fusão e a resistência observada forem, igual ou maior que a especificada para a metal base, a seção será considerada aprovada;
- Se a seção se romper na solda ou na zona de fusão, com resistência abaixo da especificada para a metal base, a seção será reprovada.

A ductilidade da região soldada foi analisada a partir do ensaio de dobramento, os corpos de prova seguiram a norma ASTM E 190 (2003) - Standard Test Method for Guided Bend Test for Ductility of Welds. De acordo com a norma técnica interna SABESP NTS 034 (1999):

- Para satisfazer o ensaio de dobramento não devem ser observadas, em nenhuma seção, trincas ou falhas medindo mais que 3mm em qualquer direção na superfície convexa;
- Não serão, contudo, consideradas as trincas que eventualmente ocorram junto às bordas, desde que não ultrapassem 6mm e exista evidência de que foram provocadas por inclusão de escória ou por outros defeitos internos do material.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Amostras soldadas

O crescimento da largura do cordão devido ao aumento do aporte térmico, pode ser visualizado na Fig.1, logo podemos deduzir que maiores regiões do metal de base serão afetadas termicamente.

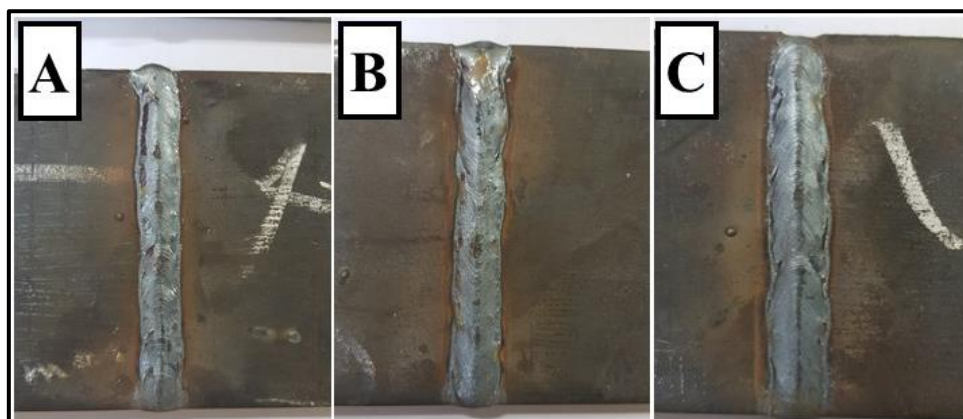


Figura 1. Cordão de solda, 67,5A (A), 85A (B) e 102,85A (C) (Autor, 2019).

Na inspeção visual da solda foi constatado a falta de penetração, ou seja, o metal de solda não preencheu toda a garganta das peças soldadas. A penetração da solda é um dos aspectos mais importantes de um processo de soldagem, pois garante a resistência e continuidade completa da peça (Pereira, 2016).

As causas práticas podem ser manipulação incorreta do eletrodo, junta mal projetada, corrente de soldagem insuficiente ou velocidade de soldagem muito alta, esse tipo de defeito reduz a seção útil da solda, resultando em uma ligação de menor resistência, além de ser um concentrador de tensões (Marques *et al.*, 2011). As deformações térmicas do material são fatores agravantes que estão relacionados diretamente com a energia de soldagem, podendo ser observada na Fig. 2 a falta de penetração e o aumento da distorção da peça com o aumento da corrente.

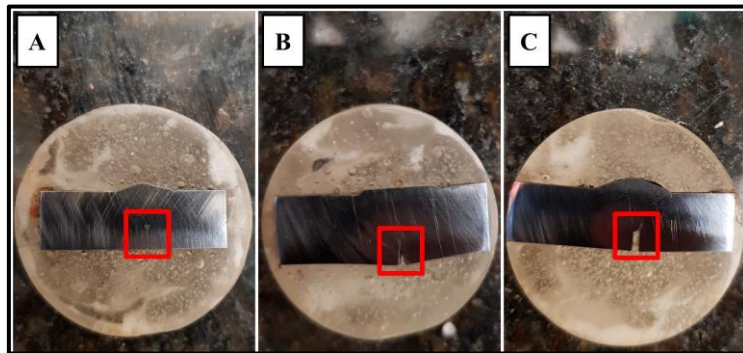


Figura 2. Falta de penetração nas juntas soldadas, 67,5A (A), 85A (B) e 102,85A (C) (Autor, 2019).

### 3.2. Ensaio de tração

As juntas soldadas não atenderam os critérios da norma técnica interna SABESP NTS 034 (1999), a maioria dos corpos de prova romperam-se na região soldada e os valores de tensão obtidos e contidos na Tab. 5 estão abaixo dos valores mínimos de resistência do aço ASTM A36. Esses resultados provavelmente ocorreram devido os defeitos comentados anteriormente.

Tabela 5. Resultados do ensaio de tração (Autor, 2019).

Corrente (A)	Força máxima (kN)	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão de ruptura (MPa)
67,5	28,8	138,49	218,45
85	30,5	140,82	200,78
102,85	40,3	302,78	342,76

Analisando a região da fratura na Figura 3 constata-se o comportamento de materiais frágeis, ou seja pouca deformação plástica na vizinhança das superfícies de fratura. De acordo com (Modenesi et al., 2012) a ocorrência da fratura frágil é favorecida por:

- Presença de concentradores de tensão na forma de, por exemplo, transições bruscas de espessura ou descontinuidades de soldagem;
- Por fatores metalúrgicos como formação de constituintes frágeis, aumento do tamanho de grão (redução da tenacidade do material) ou pela presença de precipitados e inclusões;
- Tensões residuais de tração presentes na região da solda, estas tensões quando associada as solicitações externas podem ser suficientemente elevadas para causar a fratura frágil.

Em estruturas soldadas a fratura frágil é particularmente perigosa, devido a inexistência de interfaces que interrompam a propagação da trinca, logo a fratura pode iniciar em uma área restrita e se propagar por grandes distâncias.

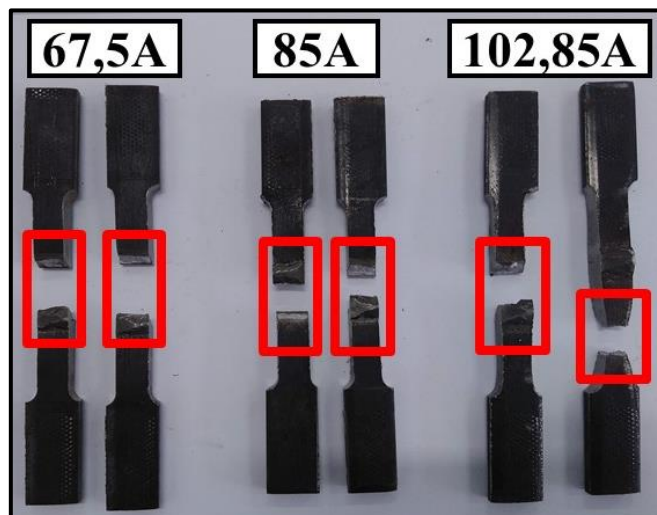


Figura 3. Corpos de prova após ensaio de tração (Autor, 2019).

### 3.3. Ensaio de dobramento

Na inspeção visual, após a realização do ensaio de dobramento, foi verificada a existência de trincas (menores que 3mm) nas laterais próximas a junta soldada, nas amostras soldadas com correntes de 67,5 e 85A, de acordo com a norma técnica interna SABESP NTS 034 (1999) foram aprovadas. As amostras soldadas com corrente de 102,85A sofreram fraturas quando ensaiadas, logo foram reprovadas. O surgimento das trincas nos corpos de prova pode estar relacionado ao surgimento de tensões residuais ou/e a redução da tenacidade devido as alterações da microestrutura. As trincas inferiores a 3mm (azul) e a fratura do corpo de prova (vermelho) podem ser observadas na Fig. 4.

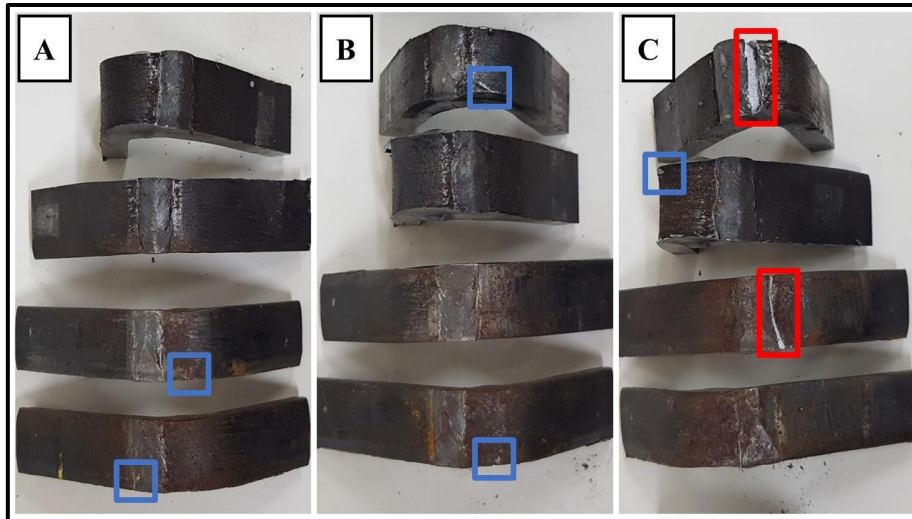


Figura 4. Corpos de prova após ensaio de dobramento, 67,5A (A), 85A (B) e 102,85A (C) (Autor, 2019).

### 3.4. Ensaio de microdureza

A análise de microdureza foi realizada no metal de base, metal de solda e na ZTA, os resultados estão contidos na Tab. 6. Constatou-se o aumento da microdureza na região do metal de base próxima a zona de fusão (ZTA), houve um aumento de 9,06%, 26,13% e de 51,22% para as correntes de 67,5, 85 e 102,85A respectivamente. Evidenciando a existência de alterações na microestrutura nessa região, vale destacar que o maior valor de microdureza foi obtido na região do metal de solda.

Tabela 6. Resultados do Ensaio de Microdureza (Autor, 2019).

Região de medição	67,5A	85A	102,85A
Metal de solda	229,5 HV	236 HV	262,67 HV
ZTA	156,5 HV	181 HV	217 HV
Metal de base		143,5 HV	

Os comprimentos das ZTA's são apresentados na Tabela 7, vale ressaltar que maiores comprimento da ZTA são obtidos com maiores energia de soldagem diretamente relacionada ao aporte térmico (Modenesi et al., 2012).

Tabela 7. Comprimento da ZTA de acordo com a corrente utilizada (Autor, 2019).

Corrente (A)	Comprimento da ZTA (mm)
67,5	0,9
85	1,2
102,85	1,5

O perfil de microdureza, Figura 5, foi traçado a partir do centro geométrico da amostra passando pelo metal de solda até alcançar o metal de base. Os valores obtidos são resultado da média de três endentações, o distanciamento entre as endentações foi de 150 $\mu$ m.

Foi constatado nesse trabalho que a ZTA das juntas soldadas podem ser divididas em região de granulometria grosseira, região de granulação fina e região intercrítica (Modenesi et al., 2012).



- a. A região de granulação grosseira tende a ser a região mais problemática da ZTA, podendo apresentar dureza elevada, perda de tenacidade e ser um local comum para a formação de trincas, esta encontra-se adjacente à linha de fusão;
- b. a região de granulação fina, apresenta granulação fina semelhante à de um material normalizado, não sendo, em geral, uma região problemática na ZTA dos aços;
- c. A região intercrítica é vizinha do metal que permaneceu inalterado após o processo de soldagem (metal base), por serem afastadas do cordão de solda apresentam mudanças microestruturais cada vez menos perceptíveis.

A microdureza tende a reduzir conforme aumenta a distância do metal de solda, pode-se observar uma queda da microdureza entre 0,25 e 0,5mm caracterizando a saída do metal de solda para a região da ZTA, posteriormente foi constatado pequenos aumentos da microdureza provavelmente por causa da endentação ter sido realizada na região de granulação fina ou em região de carbetos.

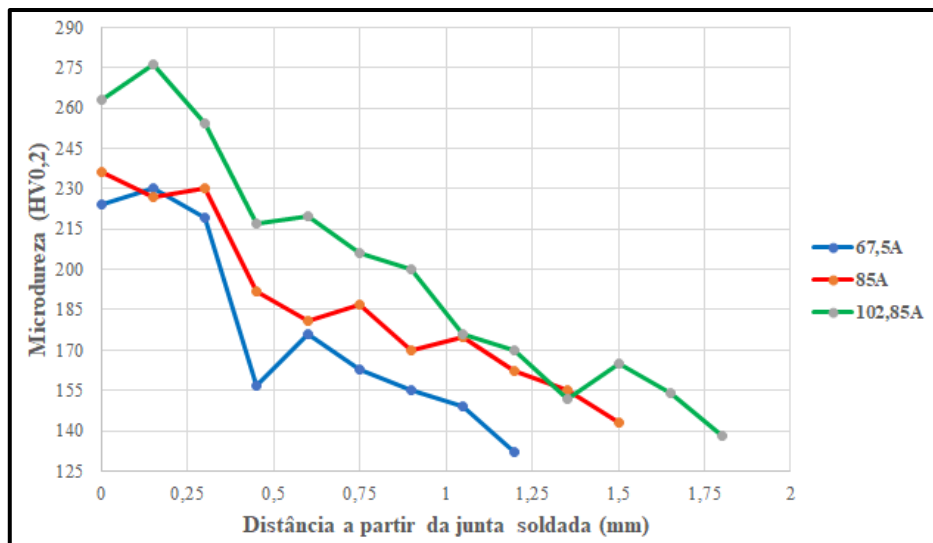


Figura 5. Perfil de microdureza (Autor, 2019).

### 3.5. Microscopia óptica

A microestruturas presentes no metal de base (MB), metal de solda (MS) e na zona termicamente afetada (ZTA) podem ser observadas na Fig.6. Ratificando as observações feitas no ensaio de microdureza, pode ser observado que na região das ZTA's desenvolveu-se uma pequena faixa de grãos grosseiros (região de crescimento de grão), porém um pouco mais além, onde a temperatura não foi tão alta, entrando na faixa acima da temperatura de transformação, mas não atingindo a região austenítica, o tamanho de grão é menor (região de refino de grão) (Miyahara, 2008).

Observando na Figura 6, a ZTA quando soldada com 67,5A apresentou grãos menores quando comparada com a 85A, já a amostra de 102,85A apresenta maior concentração de microestrutura de carbonetos (região escura), fator responsável pelo aumento da dureza e fragilidade da região, caracterizando a fratura do corpo de prova no ensaio de dobramento.

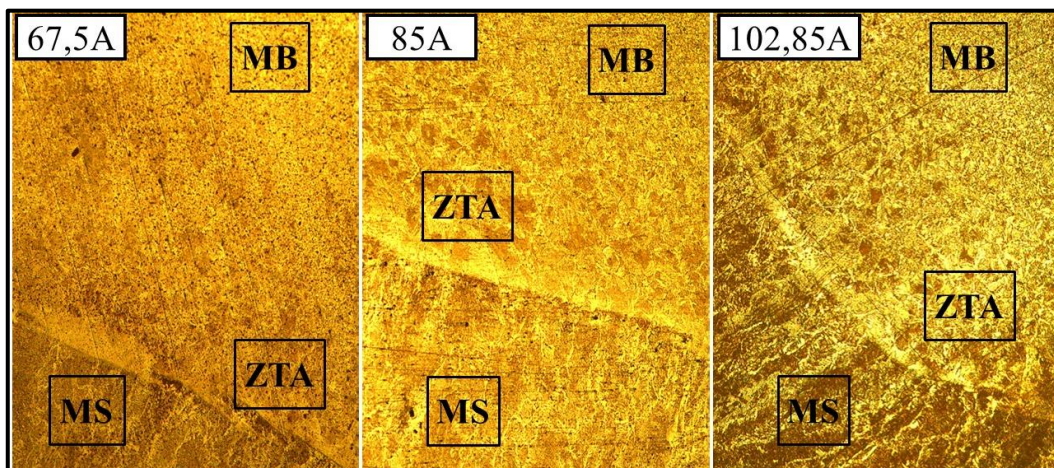


Figura 6. Microscopia da junta soldada (40X), (Autor, 2019).

A microestrutura do metal de base, Fig. 7, é constituída por ferrita (grão claros) e a perlita (grãos escuros), nesta última dentro de cada grão existem camadas de ferrita e cementita orientadas essencialmente na mesma direção, a qual varia de um grão para outro, mecanicamente a perlita apresenta propriedades intermediárias entre a macia e dúctil ferrita e a dura e frágil cementita. (Callister, 2002).

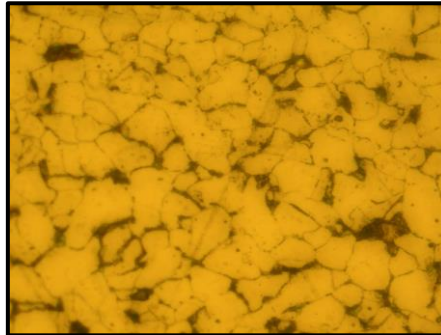


Figura 7. Microestrutura do metal de base (Autor, 2019).

Temperaturas mais altas são atingidas conforme o aumento da corrente de soldagem, como o tempo de soldagem é o mesmo para todas as amostras, logo, durante o resfriamento a decomposição da austenita gera tipos variados de ferrita, além de bainita (Yurioka, 2001).

De modo que a partir da Figura 8 e 9 é possível observar as características das ZTA's e do metal de solda com maior clareza. Visualmente consta-se a diferença entre as microestruturas da Fig.7 e Fig.8, o surgimento de ferrita de segunda fase alinhada é evidente na ZTA de 67,5A , ferrita de contorno de grão e grandes regiões com concentração de carbeto em todas as ZTA's.

A presença de ferrita com fase secundária é encontrada no formato de ripas, visualizada nesta categoria se enquadram os constituintes bainíticos, de um modo geral é aceito que essas estruturas são indesejáveis em metais de solda por favorecerem a nucleação e propagação de fratura frágil (Sobrinho, 1999).

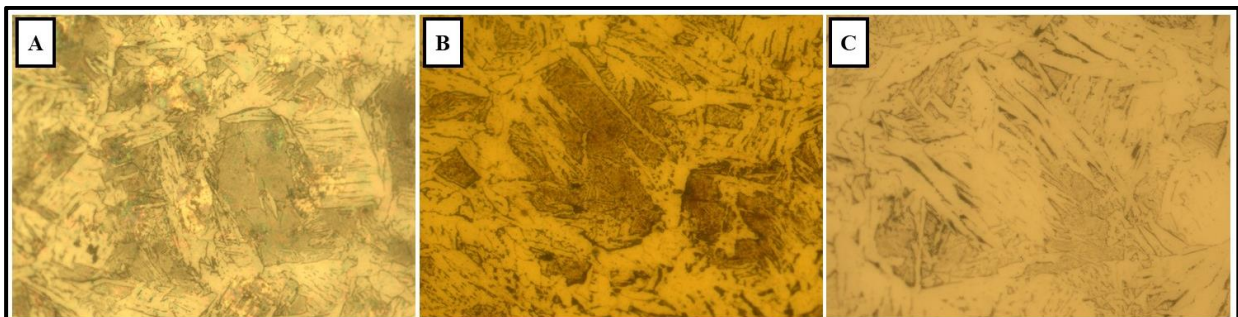


Figura 8. Microestrutura da zona termicamente afetada (400X), 67,5A (A), 85A (B) e 102,85A (C) (Autor, 2019).

As estruturas perlíticas se apresentam geralmente em pequenas quantidades, contudo tornaram-se predominantes nos depósitos de solda, se enquadram na categoria de agregados ferrita carbeto (estruturas formadas de ferrita e carbeto incluindo a perlita), apresentam-se como pequenas áreas escuras entre os grãos de ferrita, a presença de carbeto propicia a formação de sítios para nucleação de trincas por clivagem, reduzindo a tenacidade do metal de solda (Sobrinho, 1999).

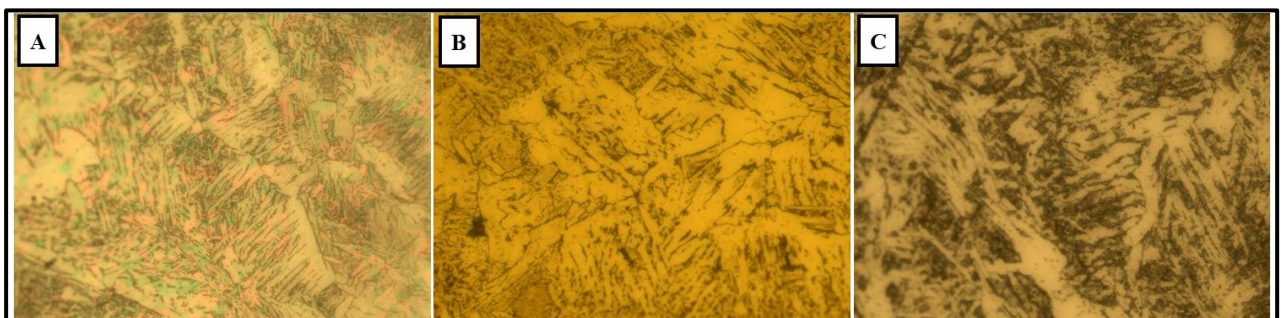


Figura 9. Microestrutura do metal de solda (400X), 67,5A (A), 85A (B) e 102,85A (C) (Autor, 2019).

#### 4. CONCLUSÃO

Os efeitos da solda nas propriedades do metal de base, os parâmetros de soldagem, preparo da junta e as tensões residuais geradas, normalmente são ignorados pelas indústrias, contudo com este trabalho ficou claro que o controle, inspeção e estudo das ligações soldadas são de fundamental importância na qualidade e segurança do produto final, uma vez que se constatou a baixa resistência mecânica das ligações soldadas de chapas de aço ASTM A36 utilizadas na fabricação de chassis e caçambas por uma empresa da área de implementos rodoviários.

A análise e comparação dos resultados obtidos pelo ensaio de tração com as características mecânicas do aço ASTM A36, conclui-se que as juntas soldadas, para todos os parâmetros não possuem a resistência mecânica ideal. Com o ensaio de dobramento ficou claro a fragilidade da região soldada dependendo do parâmetro de corrente utilizado, essa característica não está a favor da segurança, pois o surgimento e propagação de trincas podem correr sob solicitações bem menores que a resistência mecânica do metal de base.

Os resultados do ensaio de microdureza indicaram alterações da microestrutura do metal de base próxima a região de solda assim como o surgimento de tensões residuais, que resultaram no aumento de dureza na região. Assim a microscopia óptica permitiu visualizar as alterações microestruturais na ZTA, o aumento dos grãos e da concentração de carbeto nessa região caracterizam uma junta frágil e de baixa tenacidade.

As chapas soldadas apresentaram falta de penetração do metal de solda, fator que contribuiu para os péssimos resultados nos ensaios mecânicos. Pereira (2016) destaca que alcançar a penetração desejada em chapas finas se torna um pouco mais difícil, não pelo processo em si, mas sim na regulagem ideal que resulte no melhor cordão. Recente trabalho de Dutra, et al., (2018) observou que a maior velocidade de soldagem acarreta na redução da penetração, isso ocorre, pois há menor energia por unidade de comprimento interagindo localmente para a fusão do material a ser soldado.

Assim foi sugerido a empresa a redução da velocidade de soldagem utilizada pelos soldadores, aconselhando o uso da corrente de 67.5A para soldagem das chapas de 7mm, por apresentar a menor ZTA e granulometria na região. Em trabalho futuro será realizado a análise das ligações soldadas com as devidas alterações nos parâmetros de soldagem e comparadas com os resultados obtidos neste trabalho.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Piauí por favorecer a execução exitosa deste trabalho, juntamente com todo o corpo técnico dos Laboratórios de Materiais (LABMAT) e Usinagem. Ao nosso orientador Armystron Gonçalves por todo o auxílio e orientação prestado.

#### 6. REFERÊNCIAS

- American Society for Testing Materials. 2003. *AWS 190: Standard Test Method for Guided Bend Test for Ductility of Welds*. United States.
- American Society for Testing Materials. 2011. *ASTM E8 / 8M: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. United States.
- American Welding Society. 1996. *Structural Welding Code-Steel ANSI /AWS D1.1*. Miami.
- Camargo, R. de L., Ferreira, A., Porciúncula, G. S. 2017. *Controle de Qualidade e Análise de Falhas de Soldas de Estruturas Metálicas na Indústria Offshore*. Revista Espacios.
- Callister, W. D. 2002. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. John Wiley & Sons, Inc.
- Dutra, W. T., Machado, I. G., Gonzalez, A. R. 2018. *Influência da Velocidade de Soldagem e Potência do Pré-Aquecimento Indutivo Localizado Sobre a Geometria de Juntas Soldadas*. Revista Militar de Ciência e Tecnologia.
- Marques, P.V.; Modenesi, P.J.; Bracarense, A.Q. 2011. *Soldagem: fundamentos e tecnologia*. Editora UFMG, Belo Horizonte, 3ª edição.
- Miyahara, V. T. P., 2008. *Avaliação das Propriedades Mecânicas e da Microestrutura de Aços Dissimilares ABNT 8620 e ABNT 6655 LN 28 Soldados com Arco Pulsado com Diferentes Temperaturas de Pré-Aquecimento e Tipos de Tecimento*. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Modenesi, P. J., Marques, P. V., Santos, D. B., 2012. *Introdução à Metalurgia da Soldagem*. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Perez, F.R.C., 2007. *A influência da temperatura de pré-aquecimento e tecimento na microestrutura e propriedades mecânicas na soldagem MIG / MAG robotizada de aços SAE 8620 com ABNT LN28*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Ponomarev, V.; Scotti, A. (2008). *Soldagem MIG/MAG: melhor entendimento, melhor desempenho*. São Paulo: Artliber Editora.
- SABESP-NTS 034. 1999. *Norma Técnica Interna NTS 034*.
- American Society for Testing Materials. 2008. *Standard Specification for Carbon Structural Steel. ASTM A36 / 36M*. Annual Book of ASTM Standards. Chicago.



Sobrinho, J. F. dos R. 1999. *Estudo dos Ciclos Térmicos na Zona Afetada Termicamente de Aços De Alta Resistência*. Dissertação de mestrado, UFSCar, São Carlos.  
Yurioka, N., 2001. Physical Metallurgy of Steel Weldability. ISIJ International.

## **7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES**

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.