

## CARACTERIZAÇÃO DAS SOLDAS OBTIDAS NA SOLDADORA TAYLOR-WINFIELD, DA LINHA DE DECAPAGEM, PARA DIFERENTES GRAUS DE AÇO<sup>1</sup>

*Maíra Lois Rodrigues de Oliveira<sup>2</sup>*

*Pablo Dalmau<sup>3</sup>*

*Rubén Antonio Solé<sup>4</sup>*

*Ricardo Pinheiro Domingues<sup>5</sup>*

### Resumo

O presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização das soldas obtidas na linha de decapagem da siderúrgica Ternium Siderar, planta General Sávio, San Nicolás de los Arroyos, Argentina. As soldas são obtidas com o uso da soldadora Taylor Winfield, a qual trabalha segundo o processo de soldagem a topo por centelhamento direto. Além de sua importância para a linha de decapagem, a soldagem de bobinas, dobrando seu tamanho, permite também melhor desempenho nas etapas subsequentes, aumentando a produtividade do trem laminador e do processo do recozimento devido à otimização das cargas. Os estudos foram feitos para soldas obtidas com a atual calibração da máquina, que considera somente a espessura das chapas ingressantes. A caracterização proposta consistiu de ensaios de corpos de prova de tração e dobramento, determinação do perfil de dureza e obtenção de micrografias em amostras extraídas do lado motor, centro e lado operador. As análises foram feitas para um grupo de nove diferentes tipos de aços, que são os mais usuais no processamento da linha de decapagem. A análise dos resultados permitiu atingir um nível de conhecimento mais elevado acerca dos produtos soldados, assim como de sua qualidade e, com isso, sugerir algumas mudanças que devem ser feitas na operação e na calibração da soldadora. Isto foi feito para possibilitar a obtenção de soldas de maior qualidade, visando a minimizar a ocorrência de rupturas durante a decapagem e nos processos subsequentes.

**Palavras-chave:** Soldagem a topo; Taylor-Winfield; Ajuste de calibração; Aços micro-ligados; Qualidade.

### CHARACTERIZATION OF THE WELDS OBTAINED AT PICKLING LINE, WITH TAYLOR WINFIELD WELDER, FOR DIFFERENT STEEL GRADES

#### Abstract

This study aimed to characterize the welds obtained in the steel pickling line of Ternium Siderar steel mill; plant General Savio, San Nicolás de los Arroyos, Argentina. The welds were obtained using Taylor Winfield welder, which works under flash butt welding process. Besides its importance for the pickling line, doubling the size of the welded coils also allows better performance in subsequent stages, increasing the rolling and annealing processes productivities, due to the optimization of the batch. The studies were done for welds obtained with the current calibration of the machine, which only considers thickness of the income slabs. The proposed characterization consisted on testing the specimens in tension and bending tests, hardness profile determination and acquisition of micrographs on samples taken from the motor, center and operator sides. The analyses were performed for a group of nine different steel grades, which are the most common in processing at the pickling line. The results permitted obtaining a higher level of knowledge about the welded products, as well as increased their quality and, therefore, suggest some changes to be made in the operation and in the calibration of the welder. This was done to enable the achievement of higher quality welds, to minimize the occurrence of disruptions during pickling and subsequent processes.

**Keywords:** Butt welding; Taylor-Winfield; Calibration adjustment; Micro alloyed steels; Quality.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 49º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 22 a 25 de outubro de 2012, Vila Velha, ES, Brasil.*

<sup>2</sup> *Membro da ABM, Graduanda em Eng. Metalúrgica na Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, MG.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Mecânico, Setor de Decapagem, Ternium Siderar, San Nicolás, Argentina*

<sup>4</sup> *Membro da ABM, Engenheiro Químico, M.Sc., D.Sc., Transferência de Tecnologia, Fundação Gorceix / DEPEC, Ouro Preto, MG.*

<sup>5</sup> *Membro da ABM, Eng. Metalurgista, M.Sc., D.Sc., Professor Adjunto IV na Escola de Minas da UFOP - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Ouro Preto, MG. rpdemet@em.ufop.br*

## 1 INTRODUÇÃO

A decapagem de chapas de aço pode ser definida como sendo o processo de imersão das mesmas em soluções ácidas diluídas, com a finalidade de realizar a remoção dos óxidos oriundos do processo de laminação a quente. Os ácidos geralmente utilizados com esse objetivo são: ácido sulfúrico e ácido clorídrico, sendo o último mais utilizado.

A linha de decapagem tem como matéria-prima as bobinas laminadas a quente. Ao ingressar na linha as bobinas são, então, desbobinadas, despontadas e soldadas para formar uma chapa contínua. Na Ternium Siderar Argentina, a máquina responsável pelo processo de união das chapas é a soldadora Taylor-Winfield. Uma vez soldadas, as chapas passam pelos tanques que têm uma solução de ácido clorídrico, sofrendo a etapa de decapagem propriamente dita, na qual os óxidos são removidos em ambas as faces das chapas.

Um dos processos mais importantes da linha de decapagem é a soldagem. A função principal da soldagem na linha de decapagem é manter a continuidade necessária à linha. Para a qual não só é importante a qualidade das soldas e rebarbas como também a velocidade na qual se efetuam todas as operações acessórias ao processo, com o intuito de diminuir os tempos mortos na seção de entrada.

Em virtude da grande variação de processos existentes e de sua aplicabilidade, o termo soldagem é de difícil definição. No entanto, pode ser entendido, segundo definição da American Welding Society (Sociedade Americana de Soldagem), como sendo o processo de união de materiais usado para obter a coalescência localizada de metais e não metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem utilização de pressão e/ou material de adição.

Os processos de soldagem são, então, distinguidos segundo o agente que efetivamente realizará a união dos materiais e segundo a fonte de calor utilizada para o mesmo fim. Nesse sentido, o processo de soldagem por centelhamento (*Flashing Welding*), processo segundo o qual opera a soldadora Taylor-Winfield, pode ser classificado como sendo um processo de soldagem por pressão, cujo aporte de calor é devido ao efeito joule, ocasionado pela resistência elétrica que as partes a serem soldadas oferecem à passagem de corrente através das mesmas.

Na soldagem por centelhamento, as peças a serem unidas são posicionadas a topo e de forma que uma permaneça fixa e a outra possa se deslocar axialmente em relação à primeira. Ambas as peças estão conectadas a um potente transformador, responsável pelo controle da intensidade de corrente que será fornecida. O processo é iniciado quando as faces das peças são aproximadas até que ocorra contato em alguns pontos discretos das superfícies. Esses pontos formarão pequenos arcos elétricos, os quais criam uma fina camada semi-fundida, sobre a superfície. O material que constitui essas regiões é expelido violentamente, ocasionando o centelhamento ou faiscamento. Estando as superfícies aquecidas uniformemente, a parte móvel é pressionada sobre a fixa com grande força, ocasionando uma considerável deformação plástica e expelindo dessa forma todo o metal fundido e a escória, o que consolida a união.

O processo de soldagem é caracterizado por possuir elevada taxa de aquecimento e resfriamento, podendo ser considerado uma agressão térmica às peças a soldar do ponto de vista metalúrgico. Todo esse processo gera transformações apreciáveis relativas às estruturas, sua morfologia, proporção e distribuição, presentes na junta soldada e, por consequência, nas propriedades mecânicas da mesma quando em serviço.

Segundo a intensidade à qual o metal de solda será afetado pelo calor de soldagem, distinguem-se macroscopicamente três regiões. A zona fundida, na qual o material efetivamente sofreu fusão e posterior solidificação, tornando-se austenítico e sendo posteriormente decomposto em diferentes constituintes; a zona termicamente afetada (ZTA), na qual a estrutura pode sofrer transformações relativas à suas propriedades e microestrutura e o metal base, cuja estrutura não é significativamente afetada pelo calor da soldagem.

As distintas fases constituintes da junta soldada, e suas regiões, serão evidentemente dependentes das características do material e do processo de soldagem empregado. De modo geral, podem ser citados: teor de elemento de liga; composição química; concentração/distribuição de inclusões não-metálicas; microestrutura de solidificação; tamanho de grão inicial da austenita e ciclo térmico de soldagem. Assim, a microestrutura final da zona fundida será formada por esses constituintes oriundos da decomposição da austenita e pelos elementos de estrutura primária que não sofreram transformações, como as inclusões, austenita retida e diferentes precipitados.

Para que um processo de soldagem seja bem sucedido, ou seja, produza uma solda de qualidade segundo sua aplicação, pode-se dizer que o mesmo deve preencher os seguintes requisitos de acordo com Houldcroft:

- gerar quantidade de energia capaz de unir dois ou mais materiais, sejam eles similares ou não;
- remover as contaminações das superfícies a serem unidas;
- evitar que o ar atmosférico contamine a região a ser unida durante a soldagem; e
- propiciar o controle da transformação de fase, para que a solda alcance as propriedades desejadas, sejam elas físicas, químicas ou metalúrgicas.

No trabalho foram caracterizadas soldas obtidas na linha de decapagem, a partir da soldadora Taylor Windfield, com os atuais *presets* da máquina, que se realizam segundo as espessuras das chapas ingressantes. A caracterização das soldas se restringiu às famílias de aço mais comuns no processamento da linha e constituiu-se, sobretudo, de uma descrição metalográfica das estruturas observadas, respaldada por testes de dureza e ensaios mecânicos, como de tração e dobramento.

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente foi feito um levantamento de todos os tipos de aço que são processados na linha de decapagem. De todos os tipos de aço foram escolhidos nove, os quais correspondem aos aços mais usuais no processamento da linha. As amostras de solda retiradas são de chapas que apresentam diferentes larguras e espessuras, abrangendo assim, materiais grossos e finos. A Tabela 1 mostra em detalhe as especificações das amostras analisadas.

**Tabela 1-** Resumo das amostras de solda analisadas

Número de identificação da amostra	Número de identificação das bobinas	Espessura x Largura (mm)	Tipo de aço
1	Cabeça: 561205 Cauda: 555824	3.80 x 1245	5045
2	Cabeça: 564047 Cauda: 564045	1.80 x 888	7010
3	Cabeça: 557685 Cauda: 557684	3.20 x 776	7631
4	Cabeça: 566950 Cauda: 566946	2.55 x 1023	7026
5	Cabeça: 566903 Cauda: 566904	2,55 x 1050	7910
6	Cabeça: 566640 Cauda: 566636	2.00 x 1246	7001
7	Cabeça: 570263 Cauda: 570266	2.00 x 738	7115
8	Cabeça: 570506 Cauda: 570501	2.00 x 1107	7004
9	Cabeça: 569901 Cauda: 569899	2.00 x 1008	7011

As nove amostras de solda foram rebarbadas e devidamente identificadas, com número das bobinas (cabeça e cauda), e lados operador, centro e motor. As amostras extraídas foram cortadas com um comprimento total de 500 mm, desde ambos os lados do cordão de solda. Para a retirada dos corpos de prova, necessários para as análises propostas, foi feito um corte de 20 mm a cada uma das laterais das amostras de solda, estas tiras foram descartadas. Do restante da amostra foram retirados corpos de prova de tração e de dobramento com as dimensões de 40 mm de largura por 300mm de espessura. Também foram retirados corpos de prova para determinação do perfil de dureza da solda e para análise metalográfica.

Para a determinação do perfil de dureza foram feitas duas indentações paralelas na linha de fusão, uma indentação na zona afetada termicamente e outra no metal base. Todos os testes de dureza foram realizados em ambos os lados desde o cordão de solda. Os ensaios de dobramento foram feitos com cutelo de 12 mm de diâmetro. Nos ensaios de tração e dobramento foram ensaiados corpos de prova dos lados motor, centro e operador. A análise metalográfica foi feita somente para o material retirado do centro. Os resultados dos ensaios mecânicos, perfil de dureza juntamente com os resultados da metalografia foram analisados para fazer a caracterização das soldas.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido ao grande número de amostras coletadas e testes realizados, serão apresentados em detalhe nesse artigo os resultados obtidos para dois tipos de aço. Foram escolhidas, em particular, essas duas amostras de solda, pois as mesmas apresentaram características díspares no que se refere à qualidade de uma junta soldada. Os resultados dos demais tipos de aço serão apresentados de maneira condensada, na forma de tabela (Tabela 4).

### 3.1 AÇO 5045

#### 3.1.1 Descrição

Trata-se de um aço carbono ao manganês, com baixo teor de carbono e pequenas adições de elementos de liga, podendo assim ser classificado como microligado. A amostra analisada possui espessura de 3,8 mm, estando compreendida na faixa de materiais grossos processados pela linha. As bobinas decapadas desse tipo de aço são destinadas à venda direta, não sendo levadas à etapa de laminação a frio.

#### 3.1.2 Ensaios de tração

Os resultados obtidos para o ensaio de tração encontram-se na tabela 2, abaixo.

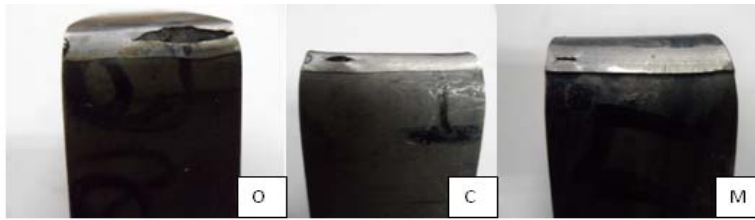
**Tabela 2-** Resultados ensaio de tração – Aço 5045

Siderar	(mm)		Tração			Rompeu na solda?
	Espessura	Largura	E (Mpa)	R (Mpa)	A (%)	
LM	3,748	25,106	476	525	14	Sim
Centro	3,846	25,258	449	573	18	Não
LO	3,821	25,132	447	521	13	Sim

Segundo os resultados da Tabela 2, pode-se dizer que todos os corpos de prova ensaiados apresentaram pequeno alongamento. O corpo de prova do lado centro, que apresentou maior alongamento, não se rompeu diretamente na solda. No entanto, se obsevou que a ruptura ocorreu em uma região bastante próxima à solda. Já os corpos de prova dos lados motor e operador, romperam justamente na região da solda, indicando que a solda obtida não é de qualidade.

#### 3.1.3 Ensaios de dobramento

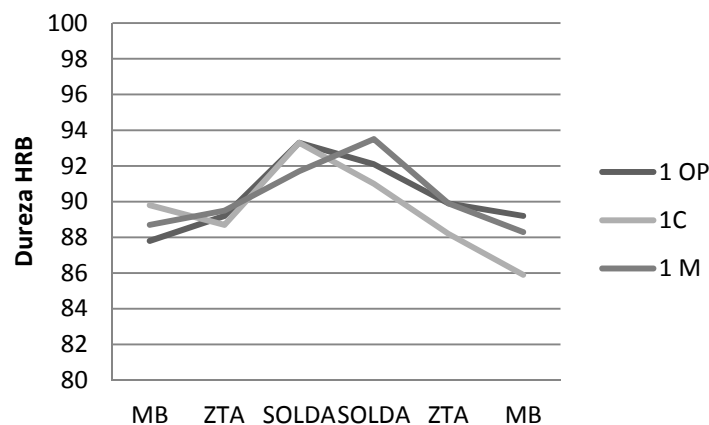
Os corpos de prova de todos os três lados ensaiados por dobramento, apresentaram fissuras profundas na linha de fusão antes mesmo da conclusão do ensaio, conforme pode ser observado na Figura 1. O término da aplicação do esforço do ensaio levaria à total separação das partes soldadas. O resultado sugere que a solda obtida não suporta grandes esforços, ou solicitações mecânicas, sem que se rompa. Junto às fissuras presentes na solda, foi visualizada uma porção de tonalidades marrom, indicando a presença de óxidos aderidos à linha de fusão.



**Figura 1-** Detalhe de fissuras em corpos de prova de dobramento - Aço 5045. Da esquerda para direita: lados operador, centro e motor.

### 3.1.4 Perfil de dureza

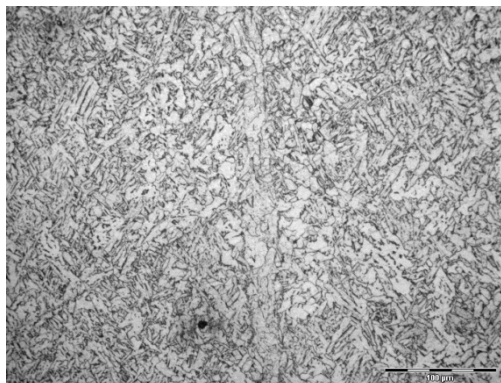
O perfil de dureza obtido (Figura 2), mostra que os maiores valores de dureza se referem à solda e que esse valor decresce à medida que se afasta da mesma, desde a ZTA até o metal base. Essa diferença entre os valores de dureza encontrados apontam para uma diferença existente quanto aos microconstituintes de cada região. Os resultados de dureza não apresentaram diferenças apreciáveis para um mesmo corpo de prova desde os dois lados da solda, como também entre os distintos corpos de prova referentes aos lados motor, centro e operador.



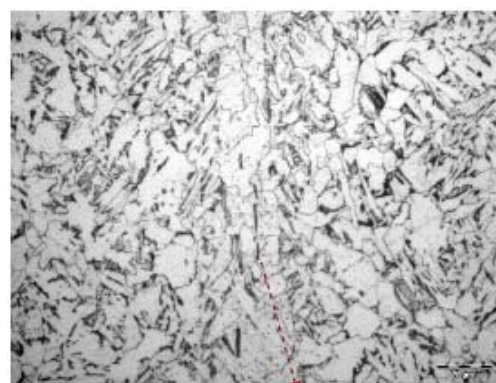
**Figura 2 –** Perfil de dureza – Aço 5045.

### 3.1.5 Metalografia

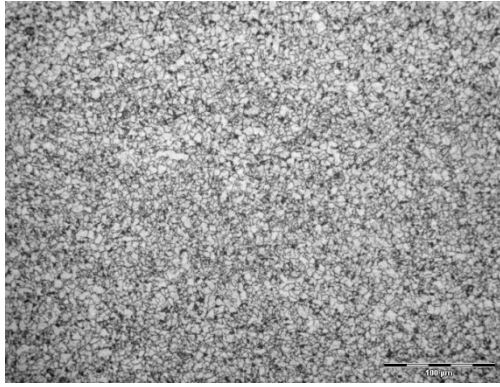
Todas as amostras de solda levadas à metalografia foram atacadas com o reagente Nital 3%, para revelação de sua microestrutura. As figuras a seguir, trazem os resultados da metalografia para as distintas zonas da solda.



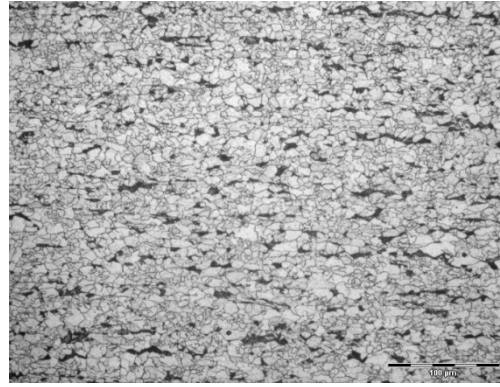
**Figura 3-** Linha de Fusão – Aço 5045 (200X).



**Figura 4-** Detalhe de óxidos na linha de fusão – Aço 5045 (500X).



**Figura 5-** Zona Termicamente Afetada – Aço 5045 (200X).



**Figura 6-** Metal Base – Aço 5045 (200X).

Nas Figuras 3 e 4, a linha de fusão se encontra nitidamente marcada no centro das fotos, através de uma banda de blocos de ferrita, que foram nucleados e cresceram a partir de inclusões de óxidos ali presentes. Nota-se também na mesma região a presença de carbonetos. A existência de óxidos na linha de fusão da solda tem grande influência na falha da mesma quando em serviço, uma vez que os óxidos são concentradores de tensão e, assim, facilitadores do processo de nucleação, crescimento e propagação de trincas até a total ruptura da junta soldada. A região próxima à linha de fusão, por sua vez, é constituída por ferrita acicular.

A estrutura da ZTA (Figura 5), é composta por grãos equiaxiais de ferrita e escassa perlita, com tamanho de grão TG ASTM 13. Por essa região sofrer influência do calor de soldagem, nota-se que seus grãos são menores que os do metal base (Figura 6), mas sem diferenças quanto aos seus microconstituintes. O metal base é constituído por grãos de ferrita equiaxiais e escassa perlita, com tamanho de grão TG ASTM 12.

Os resultados da micrografia que levaram à constatação da presença de óxidos ao longo de toda linha de fusão corroboram com os resultados obtidos para os ensaios de tração e dobramento, nos quais, respectivamente, os corpos de prova apresentaram pequeno alongamento antes da ruptura e fissuras profundas na linha de fusão. Sendo assim, é possível concluir que a solda obtida para o aço 5045 não é de boa qualidade, no que se refere às suas propriedades testadas.

## 3.2 AÇO 7010

### 3.2.1 Descrição

Trata-se de um aço baixo carbono ao manganês, cuja amostra analisada possui espessura de 1,8 mm, estando compreendida na faixa de materiais processados considerados finos. As bobinas decapadas desse tipo de aço são destinadas à laminação a frio.

### 3.2.2 Ensaios de tração

Os resultados obtidos para o ensaio de tração encontram-se na Tabela 3.

**Tabela 3-** Resultados ensaio de tração – Aço 7010

Siderar	(mm)		Tração			Rompeu na solda?
	Espessura	Largura	E (Mpa)	R (Mpa)	A (%)	
LM	1,841	25,022	309	411	29	Não
Centro	1,862	25,132	325	411	26	Não
LO	1,831	25,086	310	411	30	Não

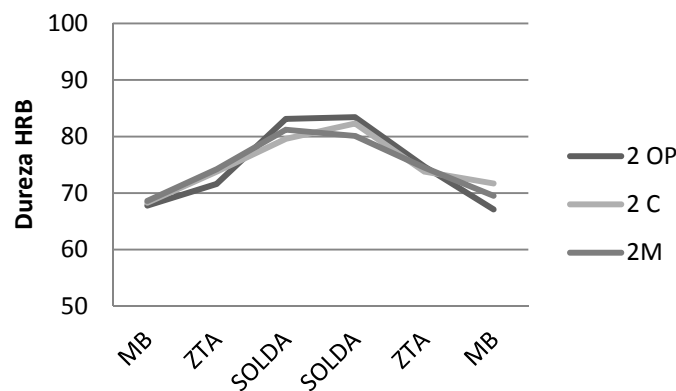
De acordo com a tabela acima, nota-se que todos os corpos de prova ensaiados por tração apresentaram um grande alongamento e que os corpos de prova de todos os três lados apresentaram valores de alongamento próximos entre si. Nenhum dos corpos de prova rompeu na solda e sim na região correspondente ao metal base, indicando que a região da solda apresenta propriedades desejáveis e até mesmo superiores às do metal base.

### 3.2.3 Ensaio de dobramento

Neste ensaio as soldas de todos os corpos de prova tiveram boa resposta ao esforço aplicado, mantendo-se íntegras até o fim da execução do ensaio. Resultado estes que avaliado conjuntamente aos resultados de tração indica que a solda obtida é de boa qualidade.

### 3.2.4 Perfil de dureza

O perfil de dureza obtido, conforme representado na Figura 7, traz a mesma tendência do perfil de dureza mostrado na Figura 2, ou seja, mostra que os maiores valores de dureza correspondem à solda e que esse valor decresce na direção da ZTA até o metal base. As curvas apresentam-se apenas mais suaves, a mudança de dureza não foi brusca entre as regiões, indicando uma maior uniformidade da estrutura que constitui cada região.

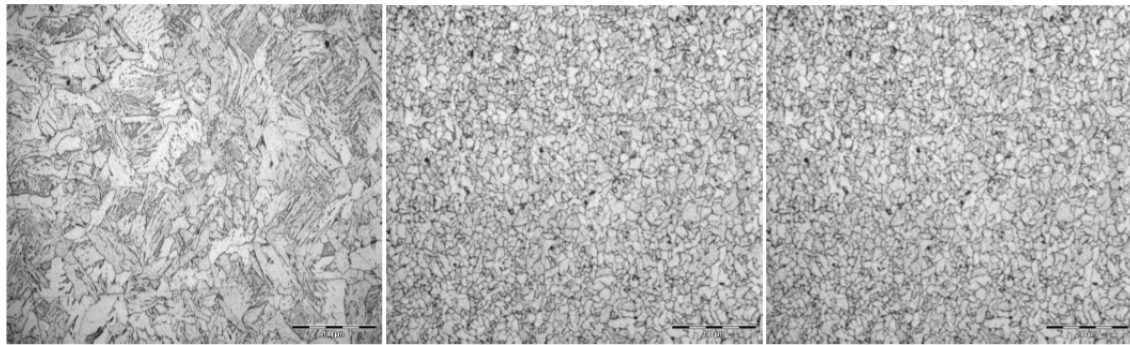


**Figura 7** – Perfil de dureza – Aço 701.

### 3.2.5 Metalografia

As figuras a seguir, mostram os resultados da metalografia para as distintas zonas da solda.





**Figura 8** – Linha de Fusão – **Figura 9** – Zona Termicamente Afetada – Aço 7010 (200X). **Figura 10** – Metal Base – Aço 7010 (200X).

Como se observa na Figura 8, não se pode distinguir a linha de fusão propriamente dita em meio a todo o metal de solda. O fato da linha de fusão se apresentar difusa indica que a união entre as partes a soldar foi obtida com êxito, uma vez que não foi evidenciada a presença de nenhuma descontinuidade sobre a mesma. O constituinte majoritário da região é a ferrita acicular com a presença de carbonetos. Na Figura 9, a ZAT é composta por grãos equiaxiais de ferrita e muito escassa perlita, com tamanho de grão TG ASTM 12. O metal de base possui os mesmos constituintes da ZAT, no entanto com tamanho de grão TG ASTM 10 maior, uma vez que esta região não é afetada pelo calor do processo de soldagem.

A partir dos resultados obtidos dos ensaios de tração e dobramento, nos quais todos os corpos de prova ensaiados tiveram bom desempenho, além do fato de a metalografia não ter evidenciado a presença de óxidos ou inclusões, pode-se dizer que a solda obtida para o aço 7010 tem boa qualidade relativamente às propriedades testadas.

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para todas as amostras analisadas e de acordo com os mesmos, a classificação quanto à qualidade da solda obtida.

**Tabela 4- Resumo dos resultados obtidos para todos os tipos de aço**

Amostra	Tipo de aço	Material	%C	%Mn	Nº de corpos de prova com solda defeituosa em tração	Nº de corpos de prova com solda defeituosa em dobramento	Óxidos	Qualidade
1	5045	G	0,070	1,150	2	3	S	M
2	7010	F	0,055	0,350	0	0	N	B
3	7631	G	0,150	0,570	1	ensaio desconsiderado	S	R
4	7026	G	0,060	0,190	0	1	*	R/B
5	7910	G	0,050	0,480	1	2	*	M
6	7001	F	0,040	0,160	0	1	N	B
7	7115	F	0,040	0,160	0	0	N	B
8	7004	F	0,030	0,160	0	0	N	B
9	7011	F	0,050	0,240	0	0	S	R/B

**Legenda:** Material: (G) grosso; (F) fino. Óxidos: (S) metalografia revela a presença de óxidos na linha de fusão; (N) metalografia e ensaios mecânicos corroboram que não existe óxido na linha de fusão; (\*) metalografia não revela a presença de óxidos na linha de fusão, mas os ensaios mecânicos não apresentaram resultados satisfatórios para todos os corpos de prova, indicando a existência de descontinuidades na linha de fusão. Qualidade da solda: (M) má; (R) regular; (B) boa; (R/B) regular a boa.

## 4 CONCLUSÕES

A análise dos resultados nos levou a concluir que os distintos teores de carbono que possuem as amostras não foi um fator que afetou a qualidade das soldas obtidas, uma vez que todos os aços se encontram classificados como baixo carbono, sendo, portanto, facilmente soldáveis segundo este critério. Já as porcentagens de manganês influenciaram na qualidade das soldas obtidas, pois as amostras 1,3 e 5, que apresentam maiores teores de manganês, obtiveram as menores classificações quanto à qualidade da solda. Nesse sentido há que se destacar que a soldadora Taylor-Winfield, de acordo com o fabricante, é capaz de produzir soldas com qualidade de aços com conteúdo de manganês até 0,50%. O que nos leva a concluir que a máquina está sendo utilizada para produzir soldas as quais não foi projetada para produzir.

No que se refere à espessura do material soldado, grosso ou fino, pode-se concluir que as soldas obtidas a partir de materiais classificados como grossos apresentaram qualidade inferior às de materiais finos. A solda destes materiais apresentou óxidos ou indicativo da existência dos mesmos na linha de fusão.

A respeito da qualidade da solda obtida para aços microligados, amostras 1 e 5, conclui-se que as mesmas não são de boa qualidade, sendo a amostra 1 a que apresentou pior desempenho dentre todas as amostras analisadas. Há que se considerar que tal amostra agrega todos os fatores discutidos anteriormente que contribuíram para obtenção de uma solda de qualidade inferior: aço microligado; material grosso com alto conteúdo de manganês e óxidos presentes na linha de fusão.

Foi possível observar que existe um comportamento distinto no que se refere aos corpos de prova dos lados motor, centro e operador, ensaiados por tração e dobramento, o que sugere que há uma diferença no desenvolvimento do processo de soldagem ao longo da solda.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Ternium Siderar, unidade de San Nicolás, Argentina, na pessoa do seu Gerente Geral da Laminação, Sr. Jorge Von Bergen, pela disponibilização de suas instalações e equipamentos e pela concessão e tutoria do estágio à Graduanda Maíra Lois Rodrigues de Oliveira, encarregada da coleta de dados que deu origem a esta contribuição. Esta tutoria foi conduzida pelos Eng. Pablo Dalmau e Martín Izquierdo. Agradecem, também, ao Departamento de Pesquisa e Educação Continuada da Fundação Gorceix, Ouro Preto, MG, Brasil, por possibilitar a efetiva orientação da Graduanda, realizada pelos demais autores deste trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 BARBOSA, R.P. *Tecnología Mecánica, Metalurgia de la Soldadura y Soldabilidad de los Materiales* – Centro Universitario del Leste -UNILESTEMG, Marzo de 2007.
- 2 BRACARENSE, A. Q. *Proceso de soldadura por resistencia*. Mayo de 2000.
- 3 CÂNDIDO, L. C. *Nota de clase, MET140 Metalurgia de la soldadura – Soldadura de aceros transformables al carbono*. UFOP, 2010.
- 4 DOS SANTOS BUENO, R. *Análisis microestructural de junta soldada de aceros baja aleación*. Noviembre de 2010.
- 5 MACHADO, I. G. *Soldadura y técnicas conexas: procesos*. Mayo de 2000.



- 6 PALMA, J.A.: TIMERMAN, R. *Ciencia y tecnica de la soldadura – Tomo I*. CONARCO alambres y soldaduras, 1983.
- 7 TERNIUM SIDERAR. *Manual de mantenimiento laminación en frio - Equipamiento Soldadora Taylor Winfield*.
- 8 TERNIUM SIDERAR. *Manual operativo soldadora Taylor Winfield*.
- 9 TERNIUM SIDERAR. *Procesos y Productos – Introducción a los procesos y productos de Ternium*.