



Caracterização microestrutural do aço ASTM-A516-10-60 soldado por GMAW.

Alunos:

Alexandre Dutra Golanda

Guilherme Souza Leite

Paulo Ricardo Soares Azevedo e Silva

LOM 3076 – Soldagem

Prof. Dr. Hugo Ricardo Zschommler Sandim.

2012

Sumário

- ▶ **Introdução;**
 - ▶ Aço ASTM-A516-10-60;
 - ▶ Solda GMAW;
 - ▶ Fenômenos relevantes microestruturais;
- ▶ **Materiais e Métodos;**
- ▶ **Resultados e Discussão;**
 - ▶ Distorção;
 - ▶ Microestruturas;
 - ▶ Microdureza;
- ▶ **Conclusão.**



Aço ASTM-A516-10-60

- ▶ Normalmente, utilizados como chapa de aço para confecção de vasos de pressão;
- ▶ Baixas ou moderadas temperaturas de serviço (-60 até 500 °C);
- ▶ Soldável por diversas técnicas;
- ▶ Grau 60 - Resistência à tração mínima de 60.000 PSI = 420 MPa;
- ▶ Limite de Escoamento de \approx 250 MPa;
- ▶ Energia absorvida em ensaio Charpy de $>$ 20 J em temperaturas criogênicas – Alta tenacidade.

Soldagem GMAW

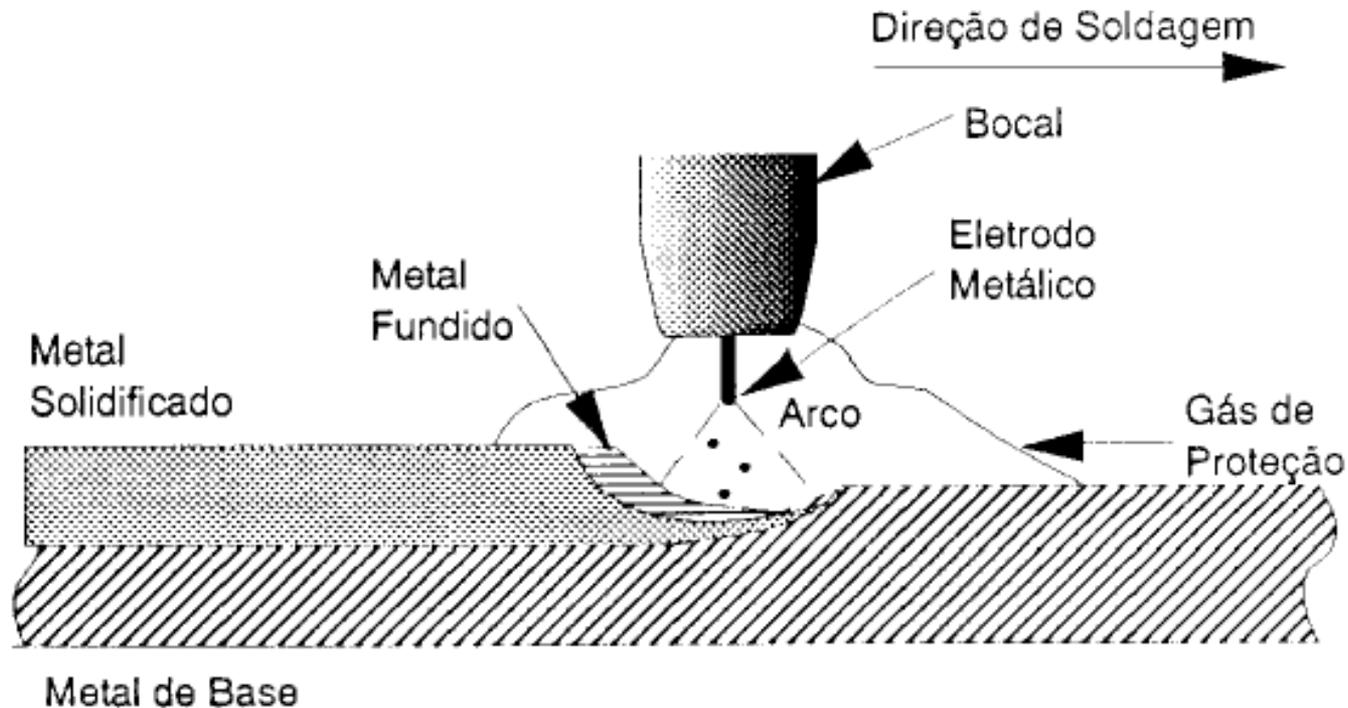


Figura - Representação esquemática do processo GMAW.

Gases de proteção na soldagem GMAW

- ▶ Proteção;
- ▶ Estabilidade do arco;
- ▶ Gases: **argônio**, hélio, **dióxido de carbono**, *oxigênio*, *hidrogênio* e *nitrogênio* (*pequenas proporções*);
- ▶ ‘...a tenacidade do metal de solda aumenta quanto seu conteúdo de oxigênio é reduzido...’ – inclusões;
- ▶ **Porém:**

Gases de proteção na soldagem GMAW

- ▶ O_2 e CO_2 em gás inerte:
 - ▶ estabilidade do arco, por promover a fixação da região catódica (junto ao metal de base);
 - ▶ Melhora a molhabilidade da poça de fusão no substrato, melhorando a fluidez.

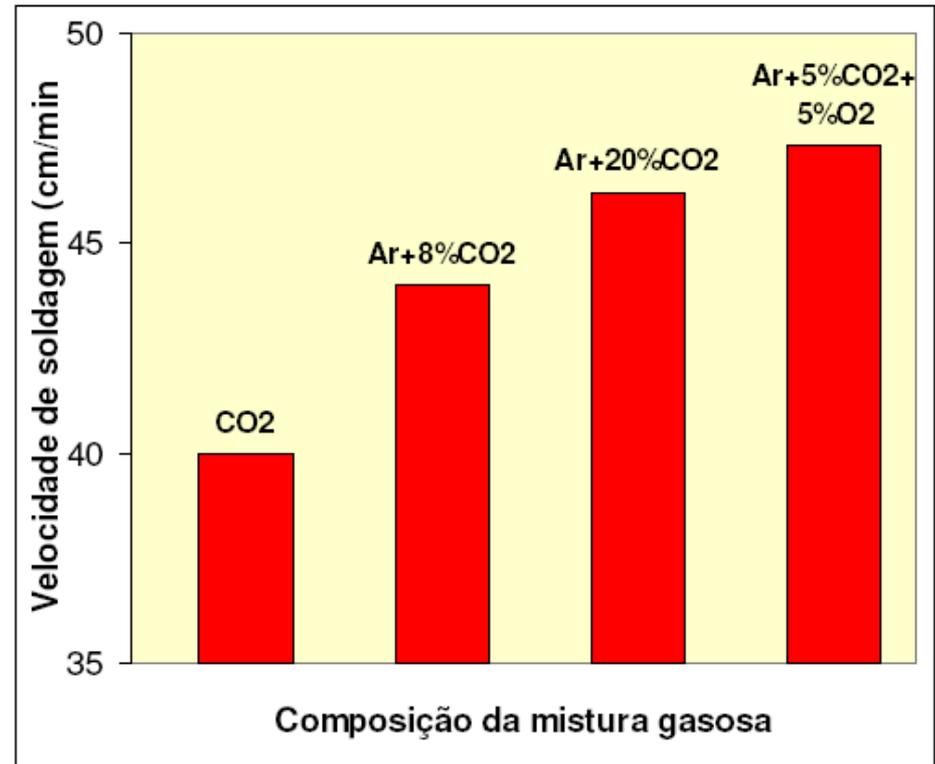
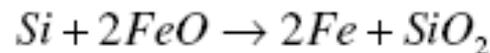


Figura - Velocidades ótimas de soldagem em função da composição do gás de proteção utilizado na soldagem GMAW.

Composição química arame de adição

- ▶ Quanto menor o teor de carbono no arame de solda melhor a soldabilidade ;
- ▶ A composição química dos arames contém grandes quantidades de silício e manganês, o qual atua como desoxidante na poça de fusão:



- ▶ Também inibem a porosidade no material.

Refino de grão – Múltiplos passes

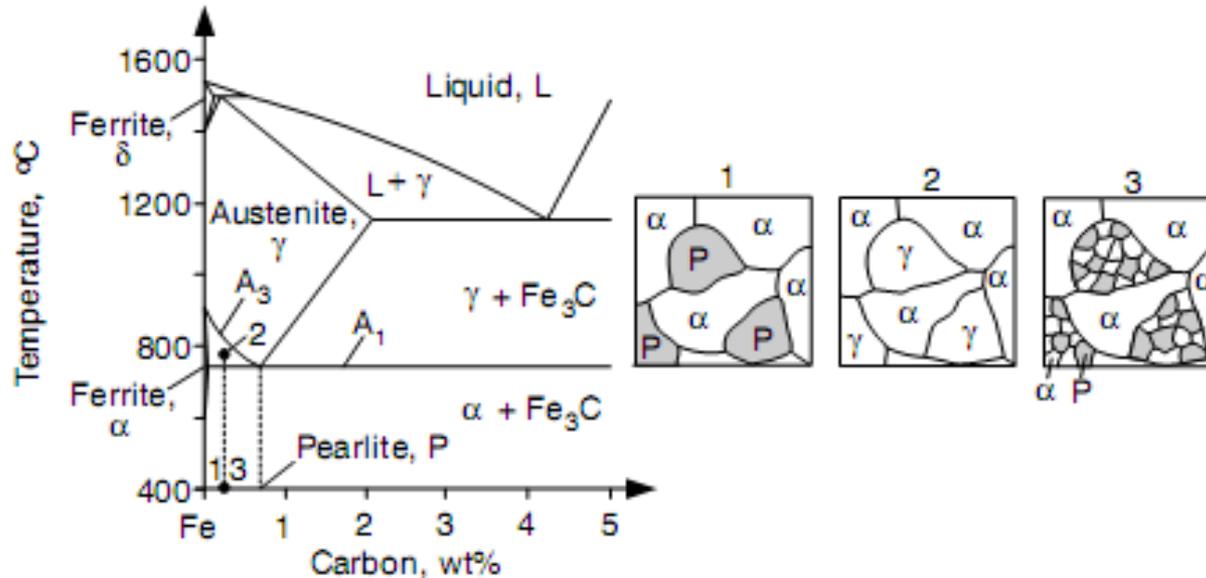


Figure 17.4 Mechanism of partial grain refining in a carbon steel.

- Refino de grão em soldagem de vários passes;
- Os primeiros passes sofrem refino de grão com a aplicação dos passes posteriores;
- A perlita dos primeiros passes são austenitizados, quando acima de A₃ e no resfriamento sofrem a transformação eutetóide (ferrita + perlita) refinando os grãos.

Ferrita

Alotromorfismo da ferrita:

1. Resfriamento mais rápido: formação de ferrita acicular.
2. Resfriamento mais lento: formação de ferrita no contorno de grão.

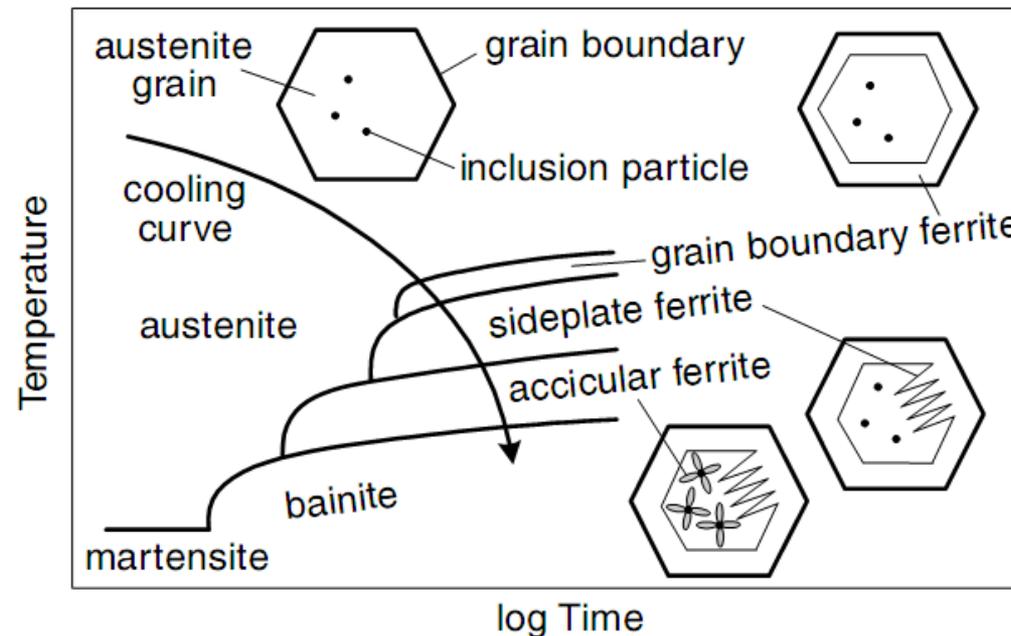
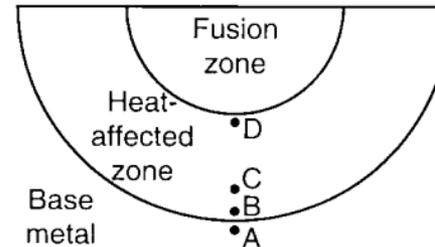
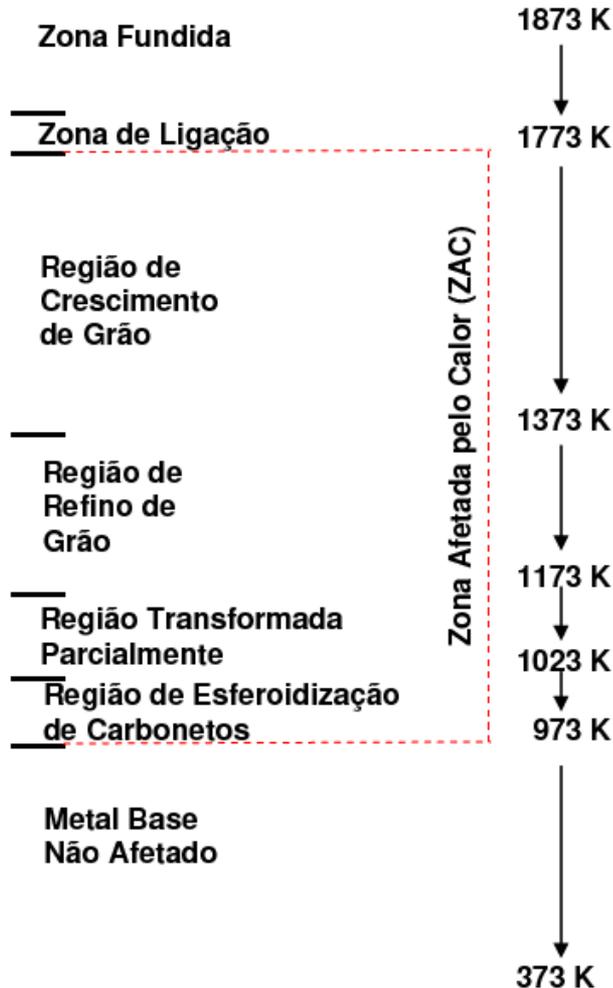
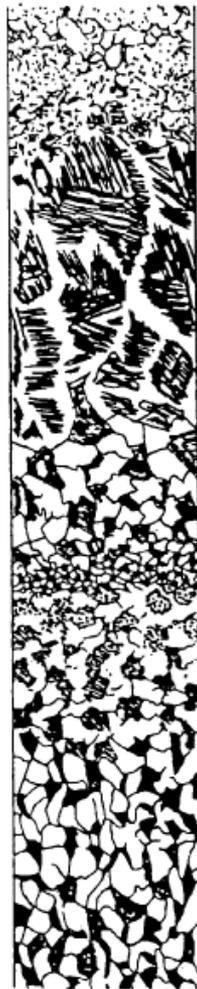
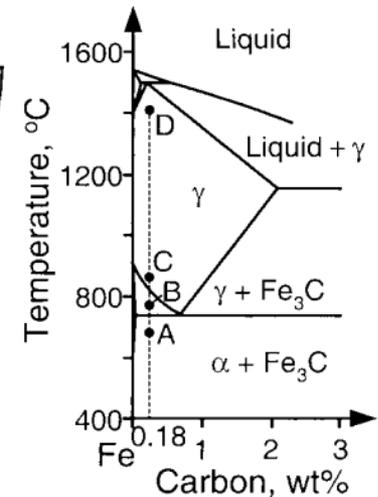


Figure 9.21 Continuous-cooling transformation diagram for weld metal of low-carbon steel.

Microestruturas MB/ZTA/ZF



- A: base metal
- B: partial grain refining
- C: grain refining
- D: grain coarsening



Materiais e métodos

| Elementos | Chapa - Teor (%) | Metal de adição - Teor (%) |
|-----------|------------------|----------------------------|
| C | 0,16 | 0,06 |
| Mn | 0,78 | 1,45 |
| Si | 0,19 | 0,96 |
| P | 0,021 | 0,01 |
| S | 0,008 | 0,013 |
| Al | 0,022 | - |
| Cu | 0,02 | 0,00 |
| Nb | 0,001 | - |
| V | 0,003 | 0,005 |
| Ti | 0,002 | - |
| Cr | 0,02 | 0,02 |
| Ni | 0,01 | 0,00 |
| Mo | 0,00 | 0,00 |

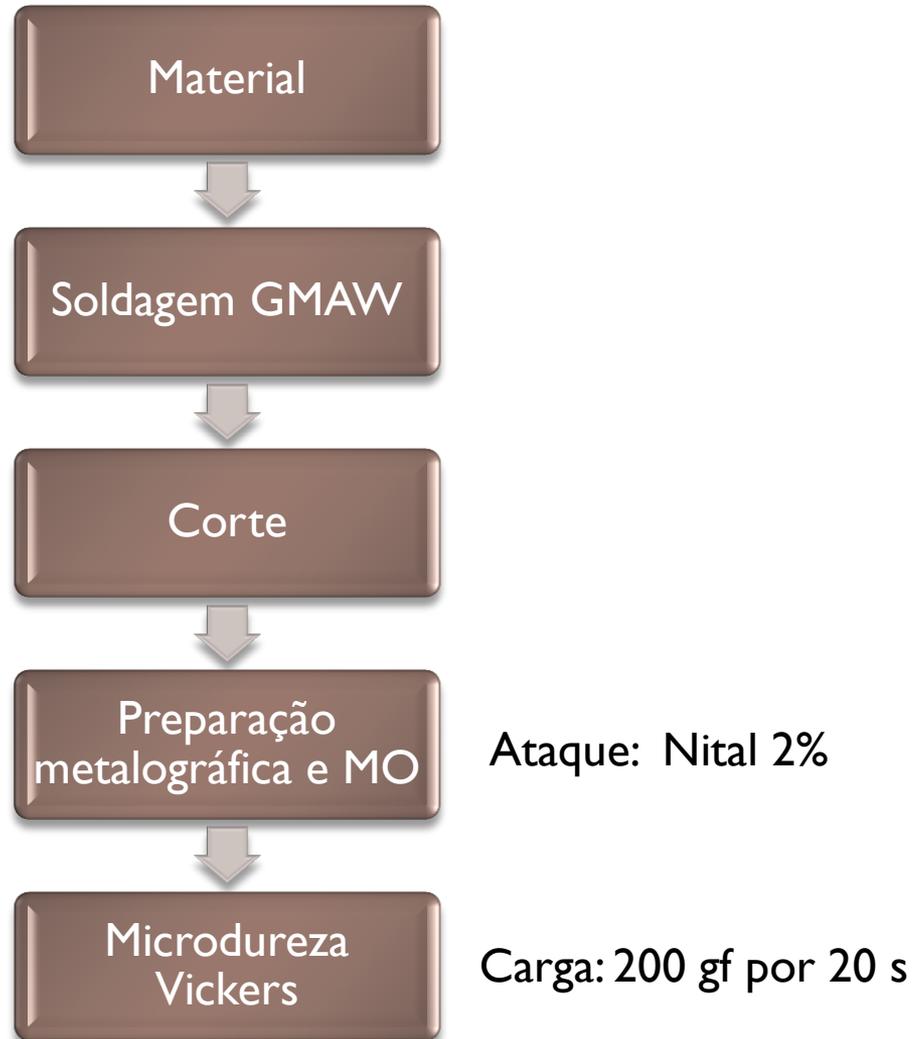
Chapa:
Aço ASTM-A516-10-60
Dimensões: 6,30x2440x6000 mm

Metal de adição:
Arame para solda MIG ER-70S6
(Gerdau)

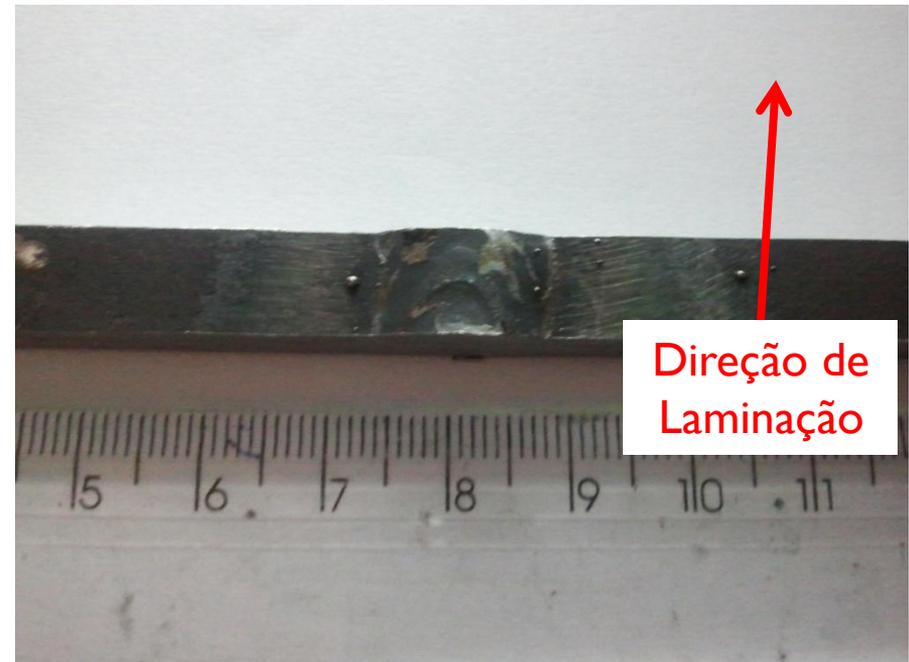
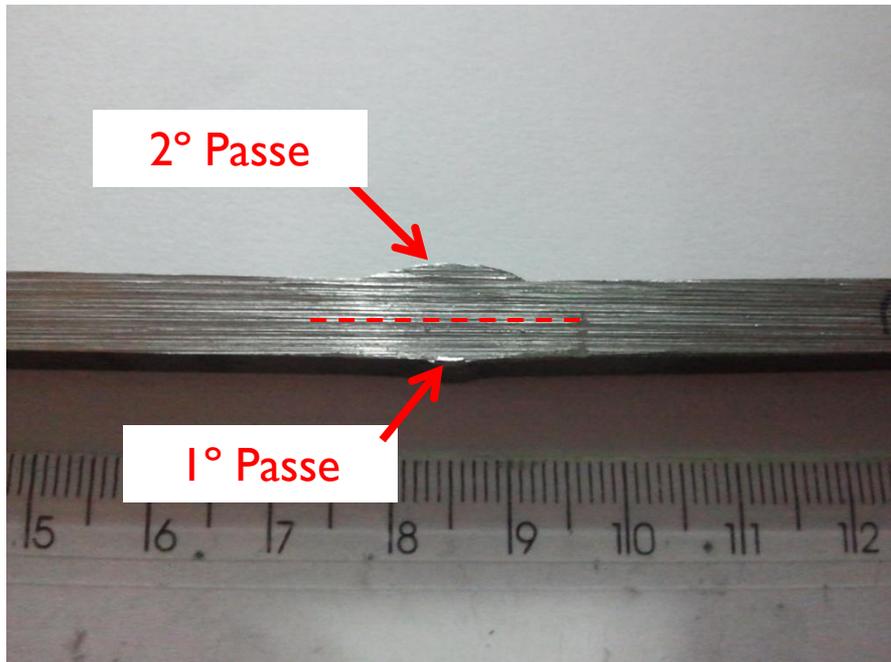
Carbono equivalente:
 $A = C + Mn/6$

Chapa: $C_{eq} = 0,29\%$
Metal de adição: $C_{eq} = 0,30\%$

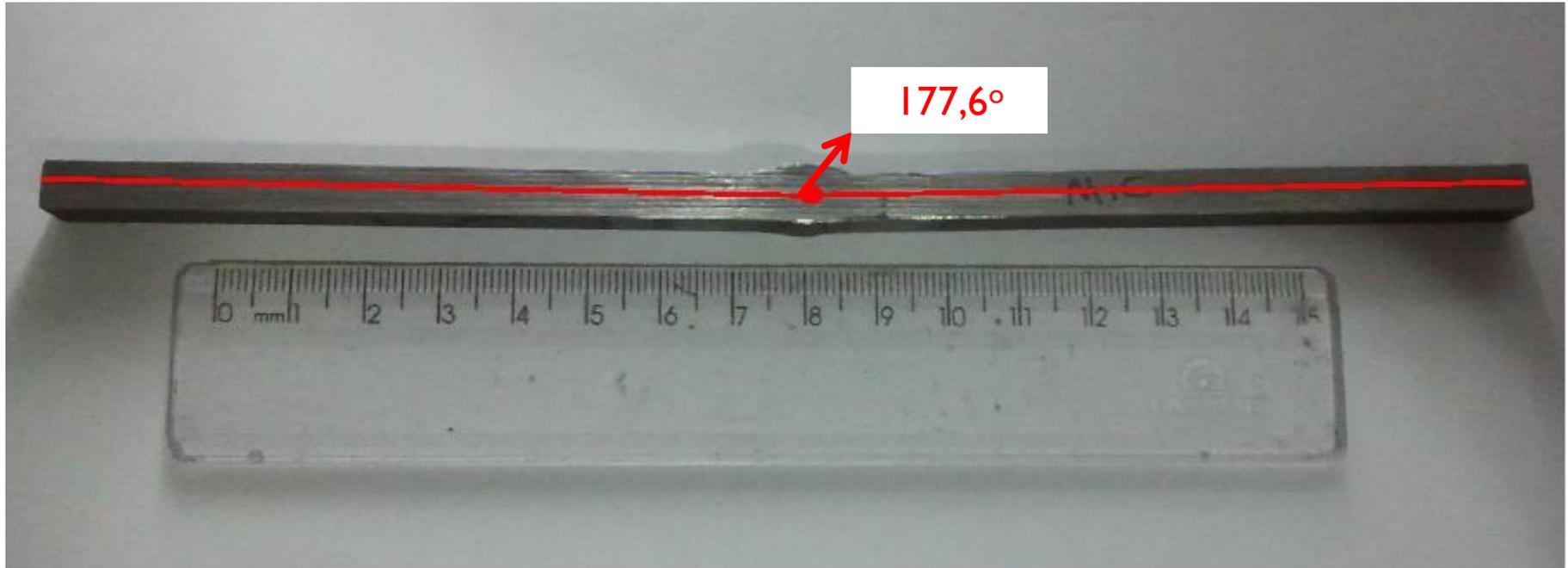
Materiais e métodos



Corpo de prova como recebido

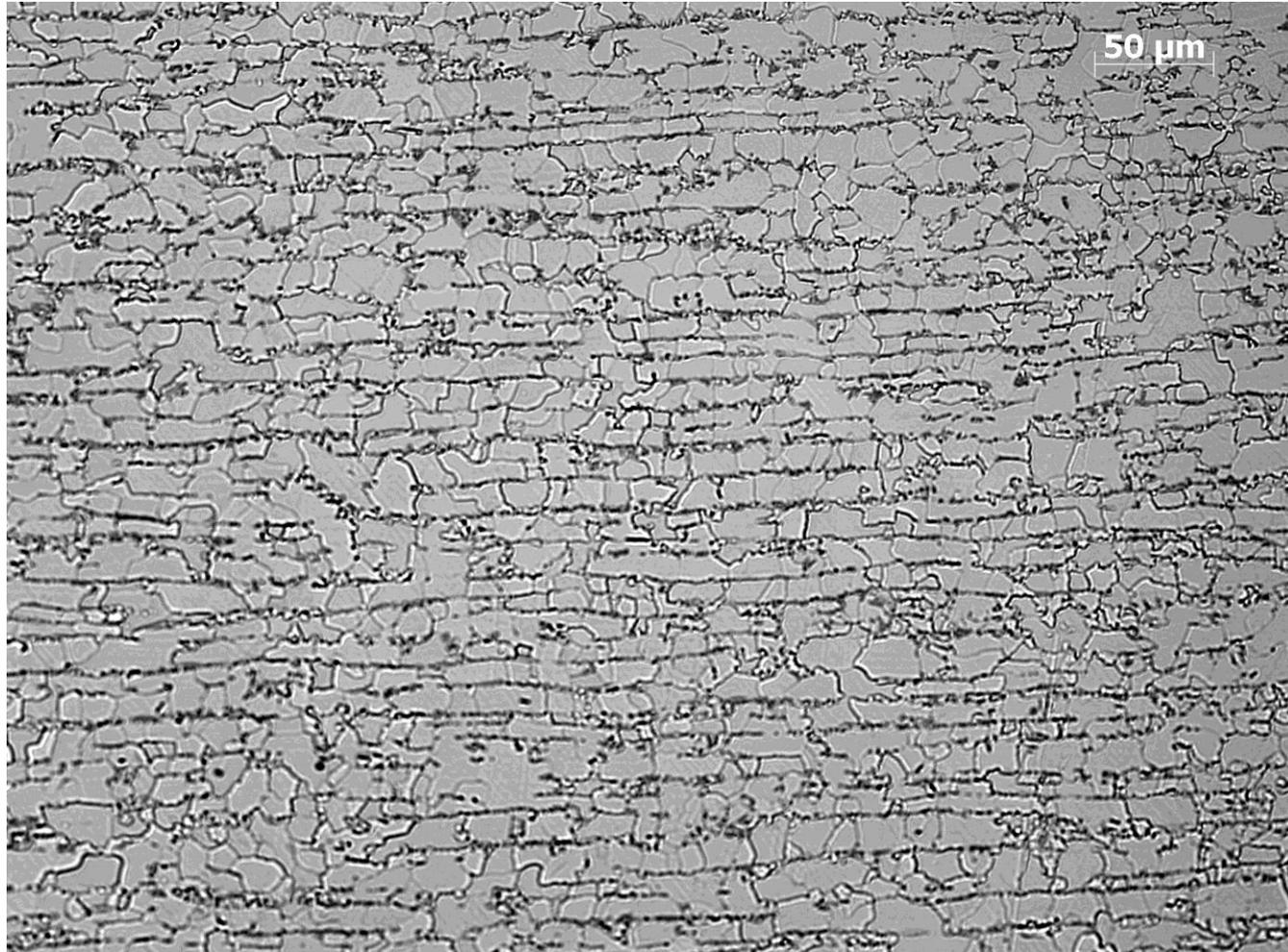


Distorção



- ▶ Aproximadamente $2,4^\circ$ de distorção.

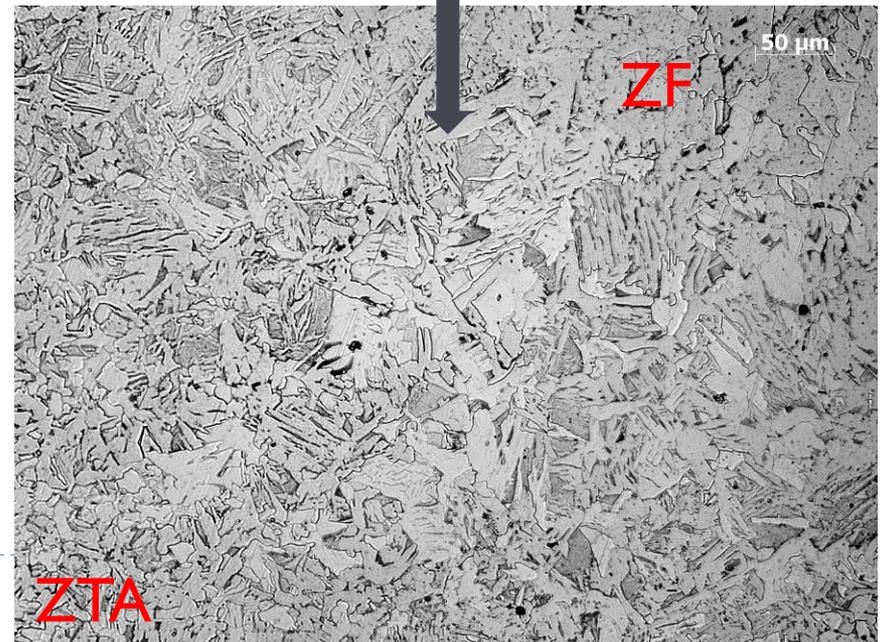
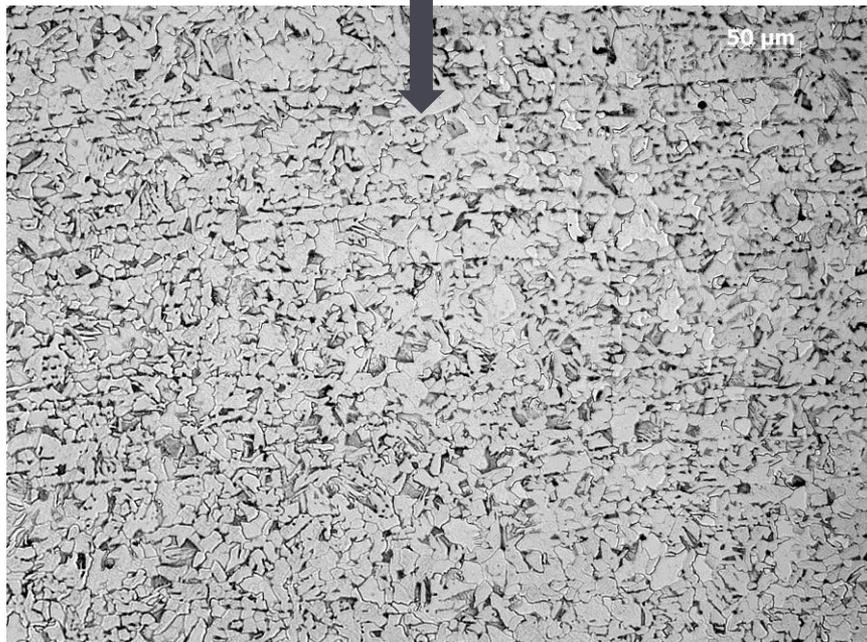
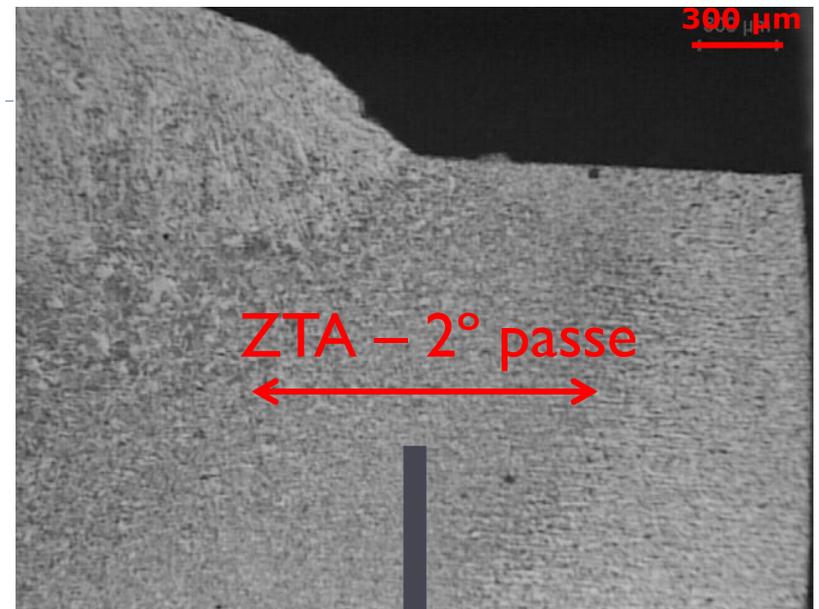
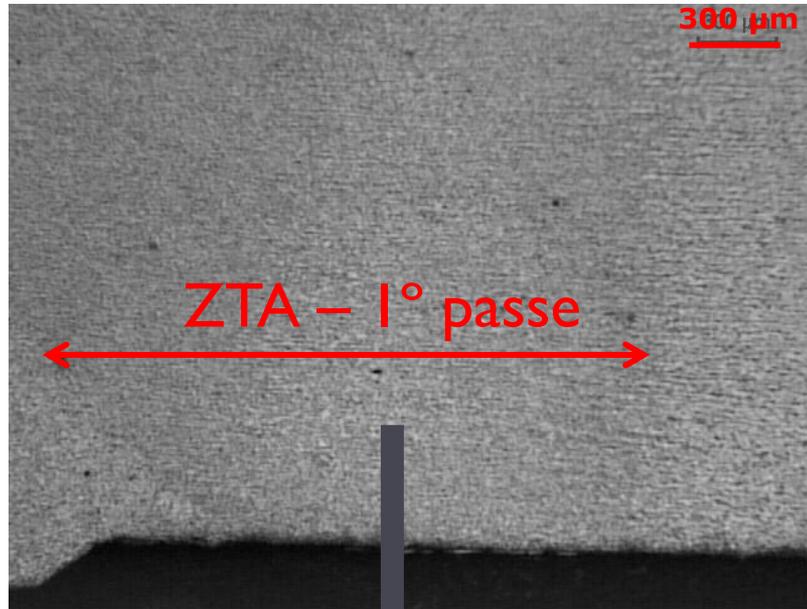
Resultados e discussão

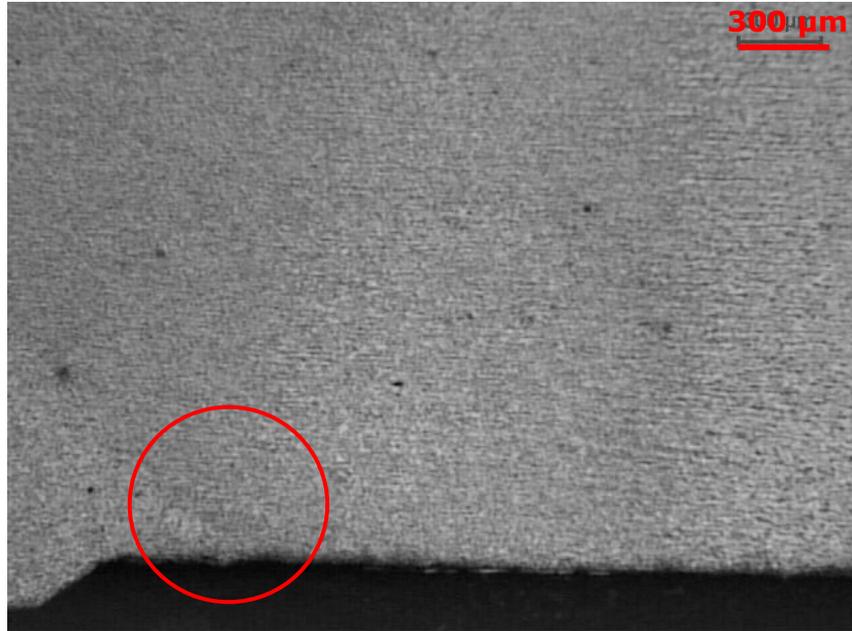


Metal Base



Resultados e discussão

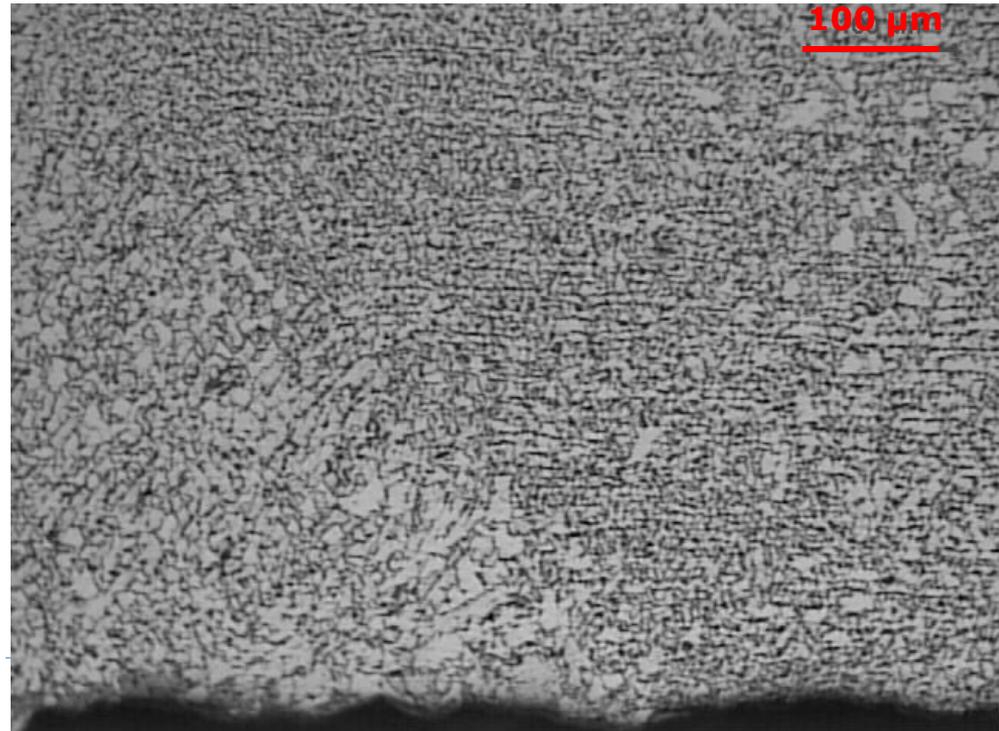
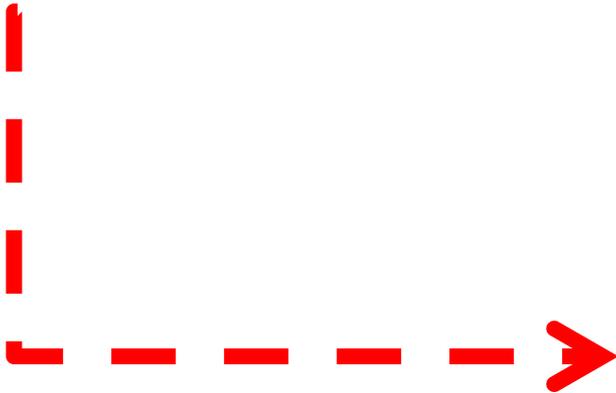




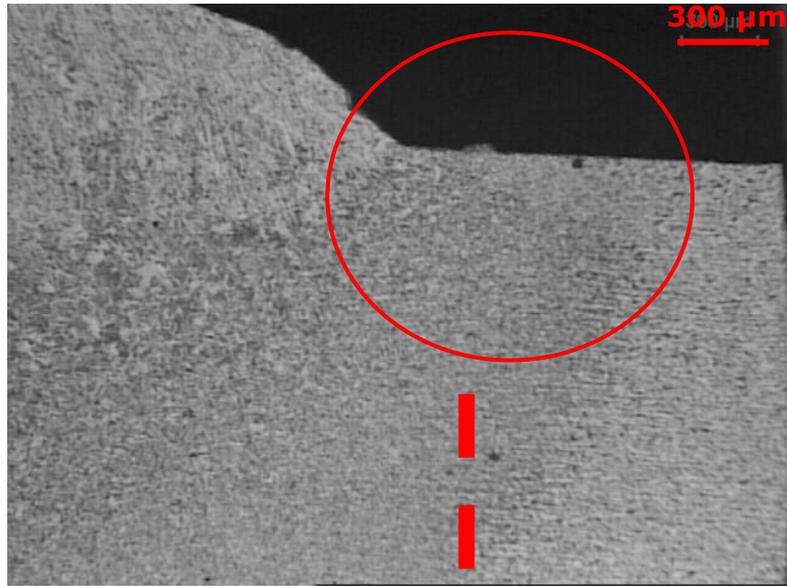
ZF - ZTA - 1° Passe

Tamanho da ZTA ~ 1 mm

Microestrutura mais homogênea em sua extensão.

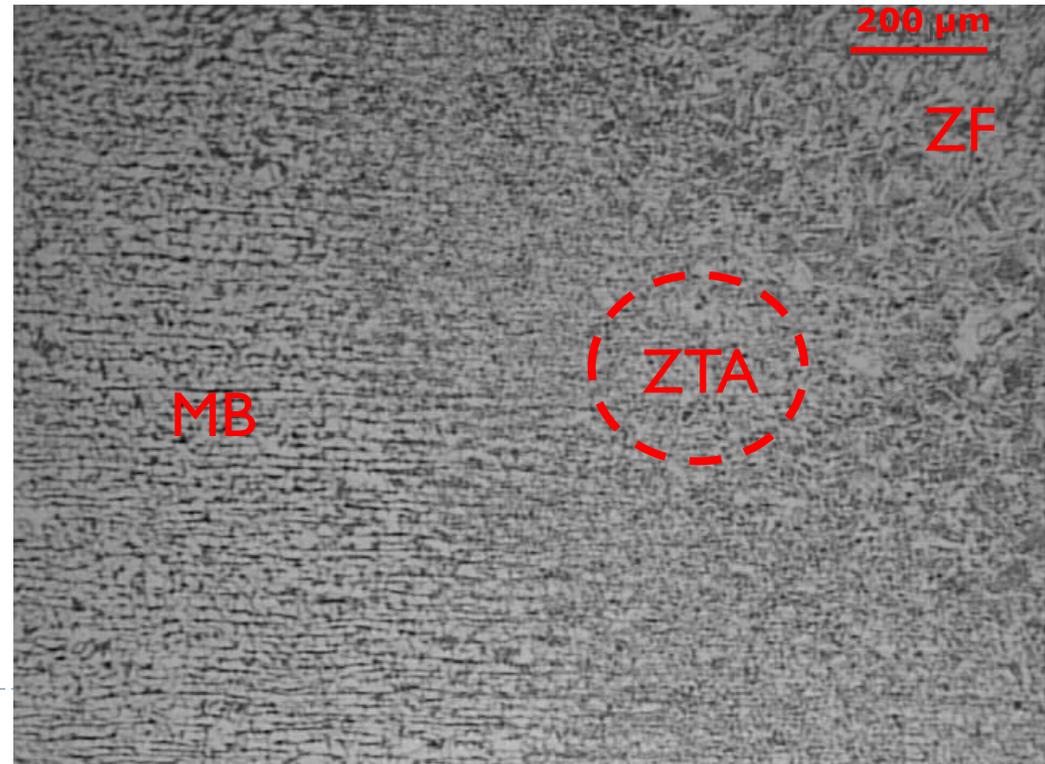


Resultados e discussão

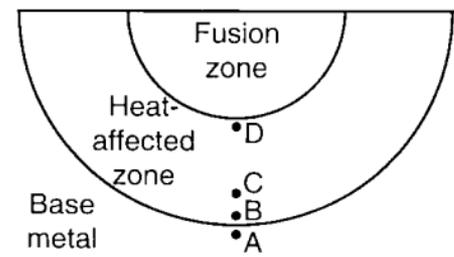
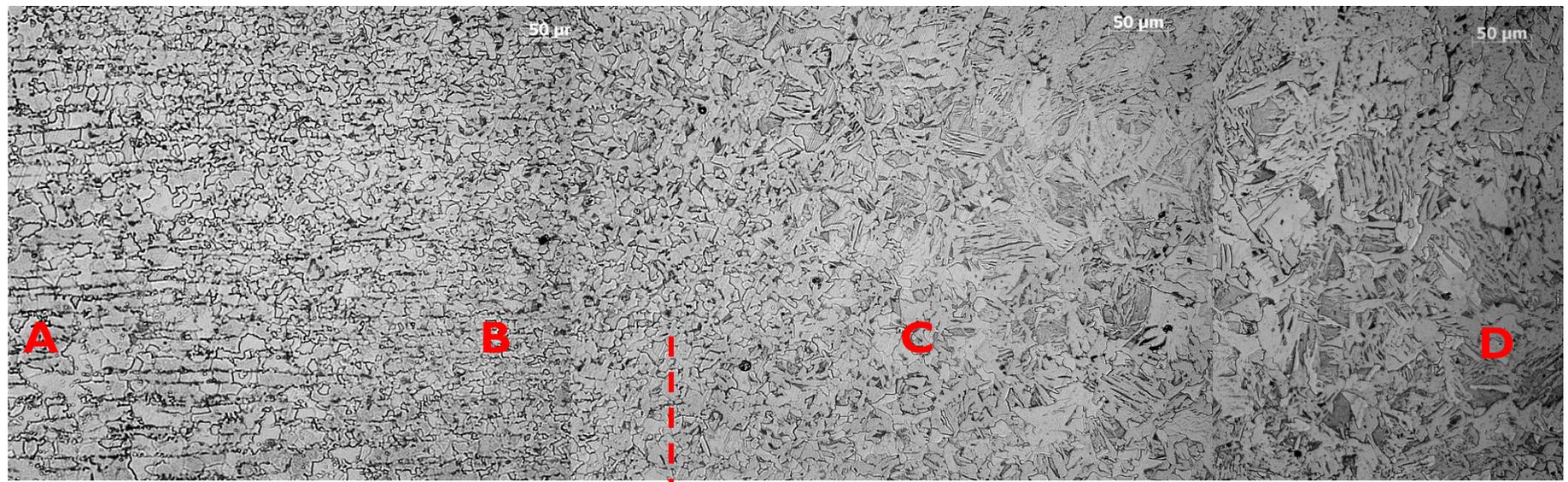


ZF – ZTA – 2° Passe

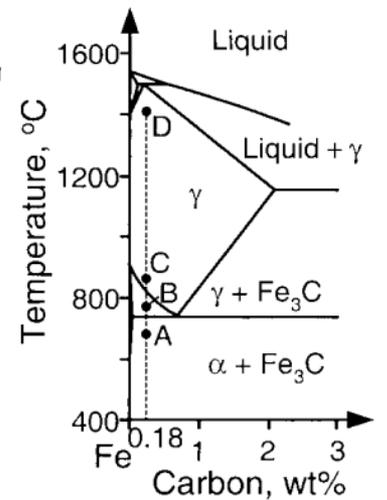
Tamanho da ZTA ~ 600 μm



Regiões da ZTA - 2º passe

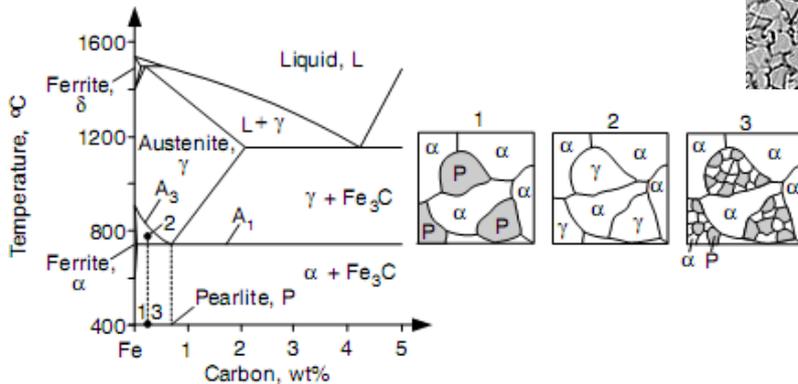
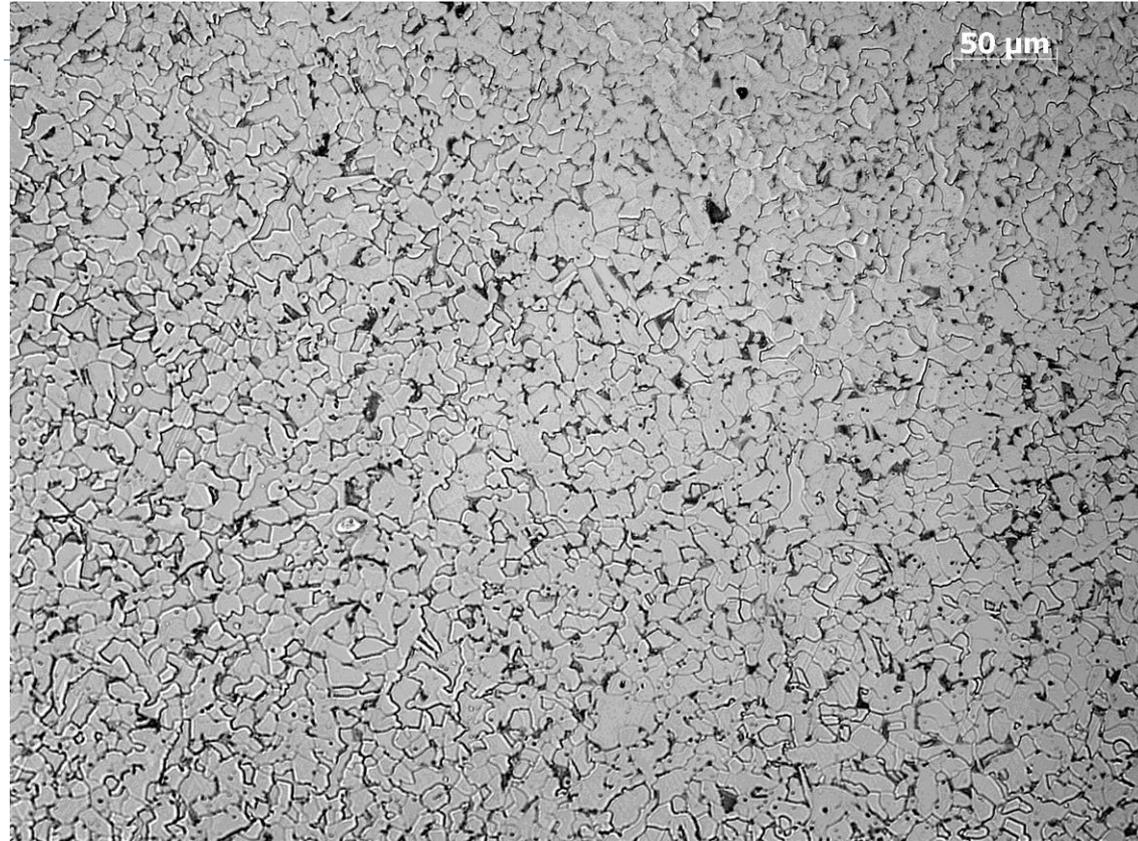


- A: base metal
- B: partial grain refining
- C: grain refining
- D: grain coarsening



Resultados e discussão

**Zona fundida
(ZF)
1º passe**

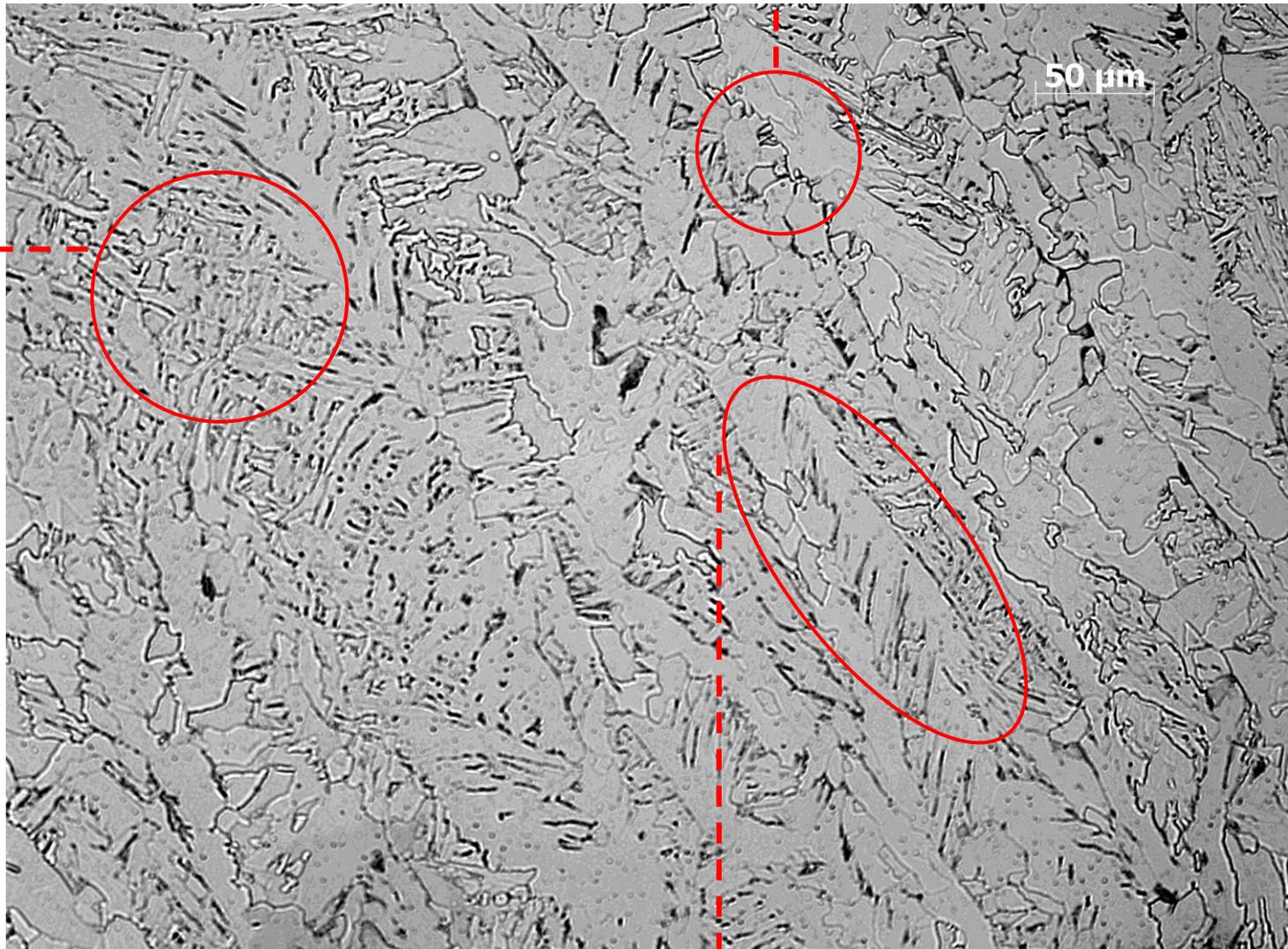


**Refino de grão –
Múltiplos passes**

Figure 17.4 Mechanism of partial grain refining in a carbon steel.

**Ferrita no contorno de grão
(alotriomórfica)**

ZF - 2º passe

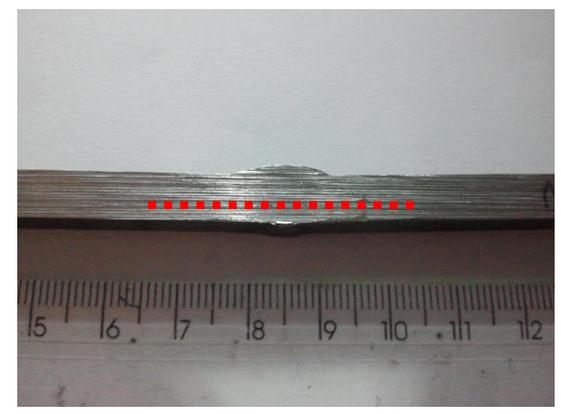
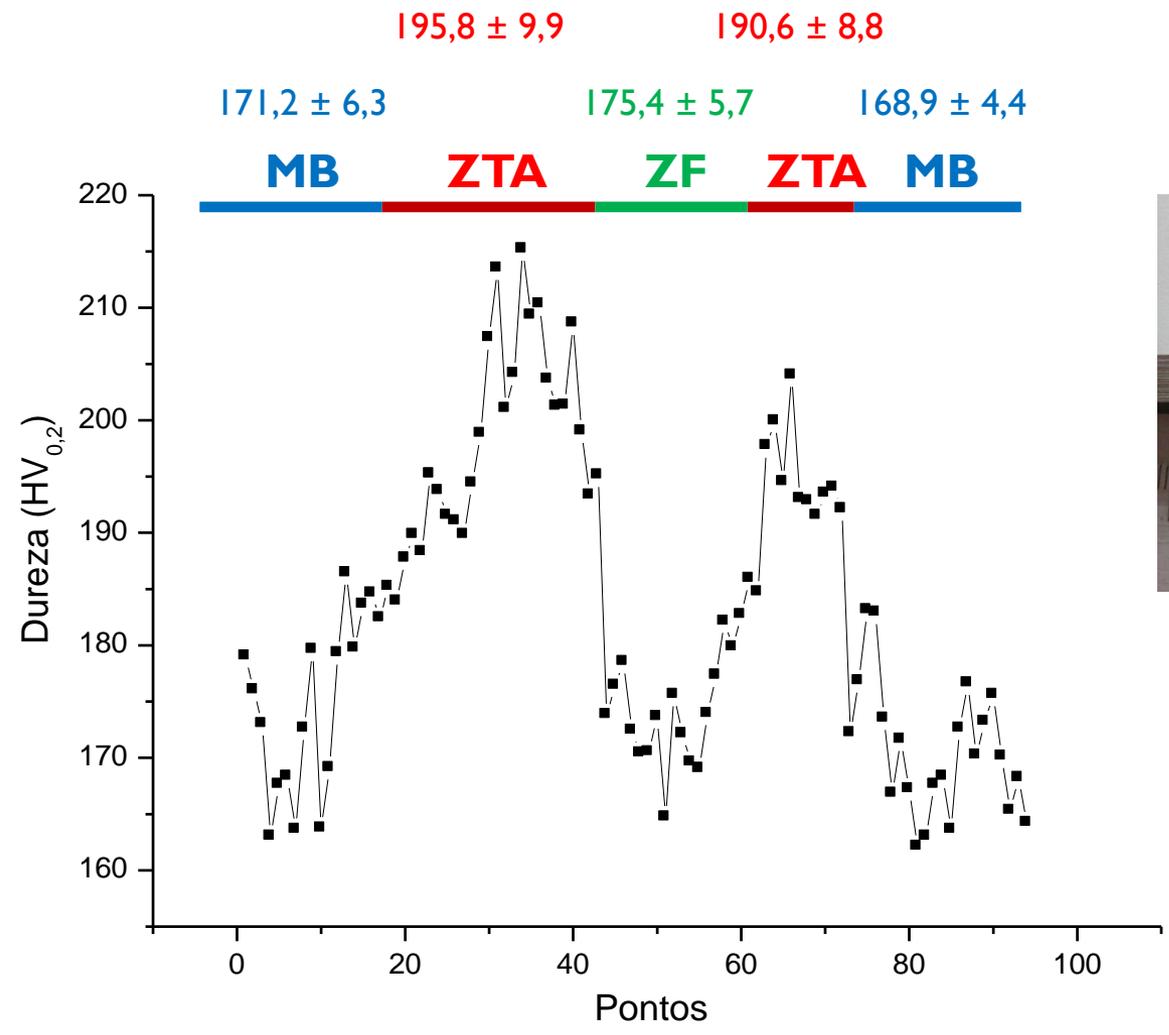


50 μm

**Ferrita
acicular**

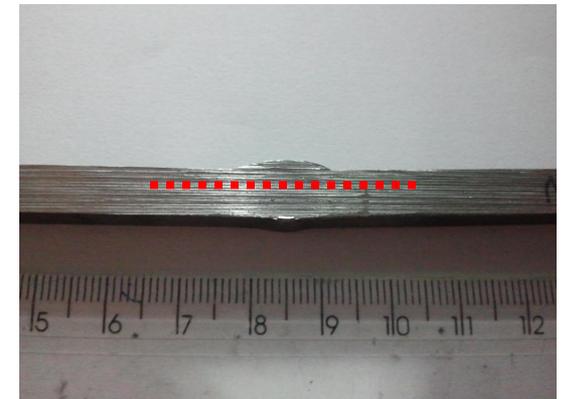
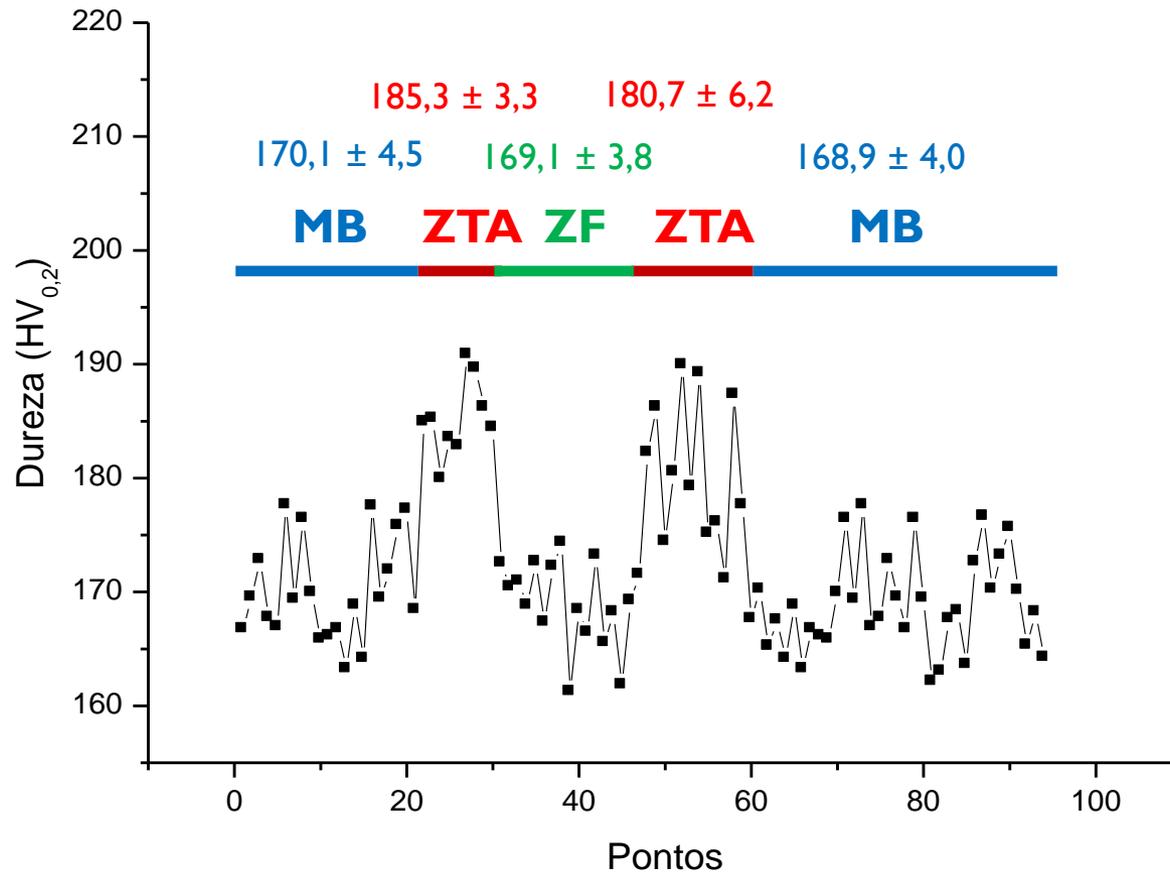
Ferrita de Widmanstätten

Perfil de Dureza – Passe de Raiz (1º passe)



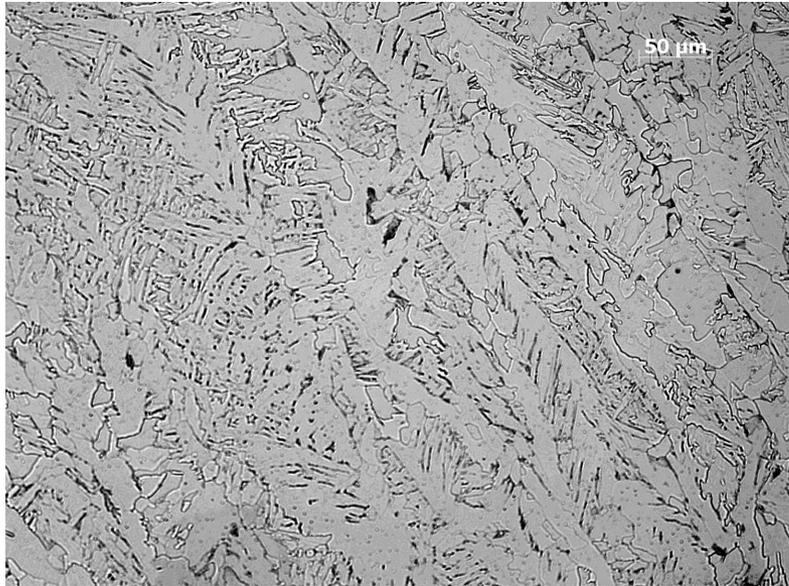
▶ Aproximadamente de 150 – 300 µm entre pontos.

Perfil de Dureza – Passe de Topo (2º passe)

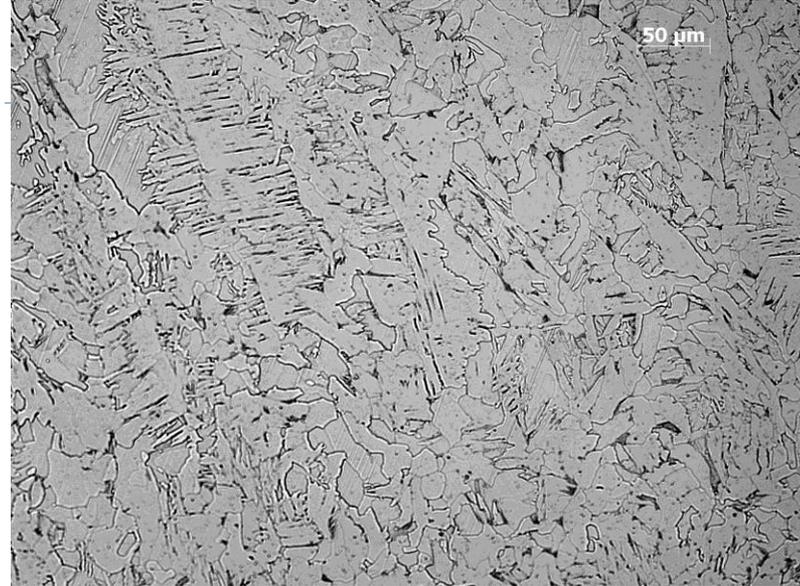


▶ Aproximadamente de 150 – 300 µm entre pontos.

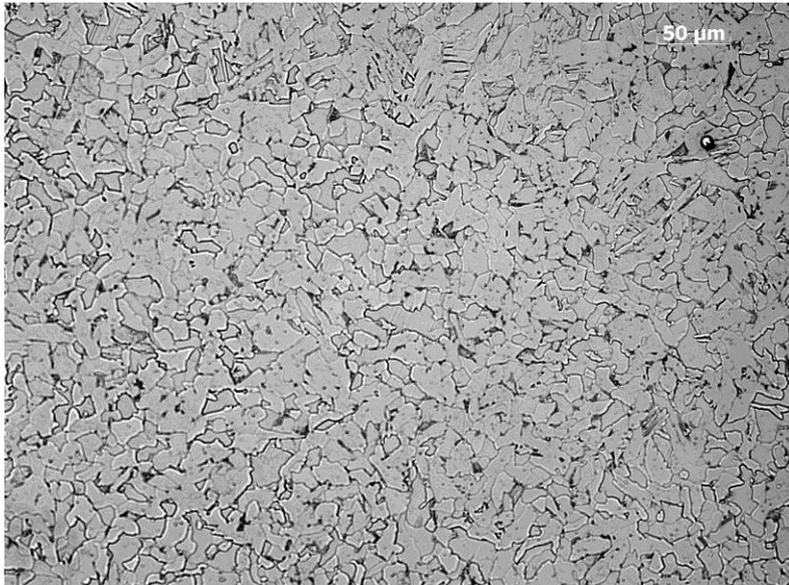
Resultados e discussão



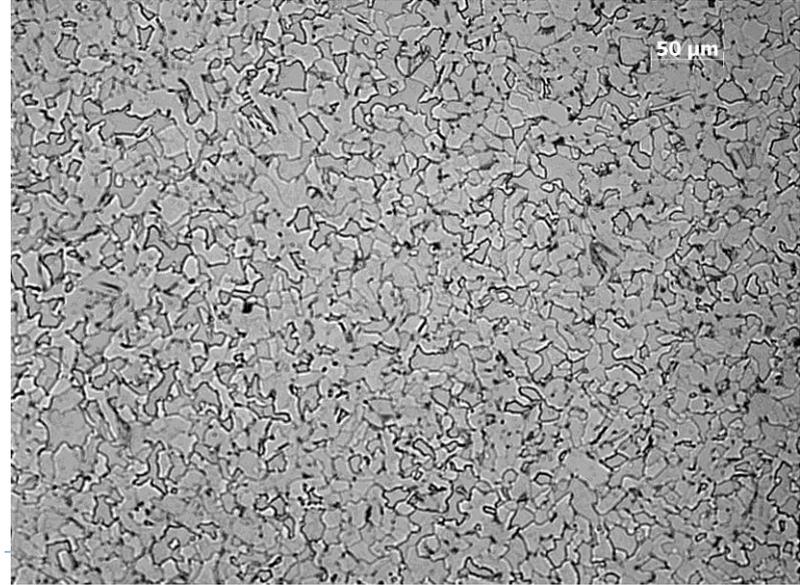
a



b



c

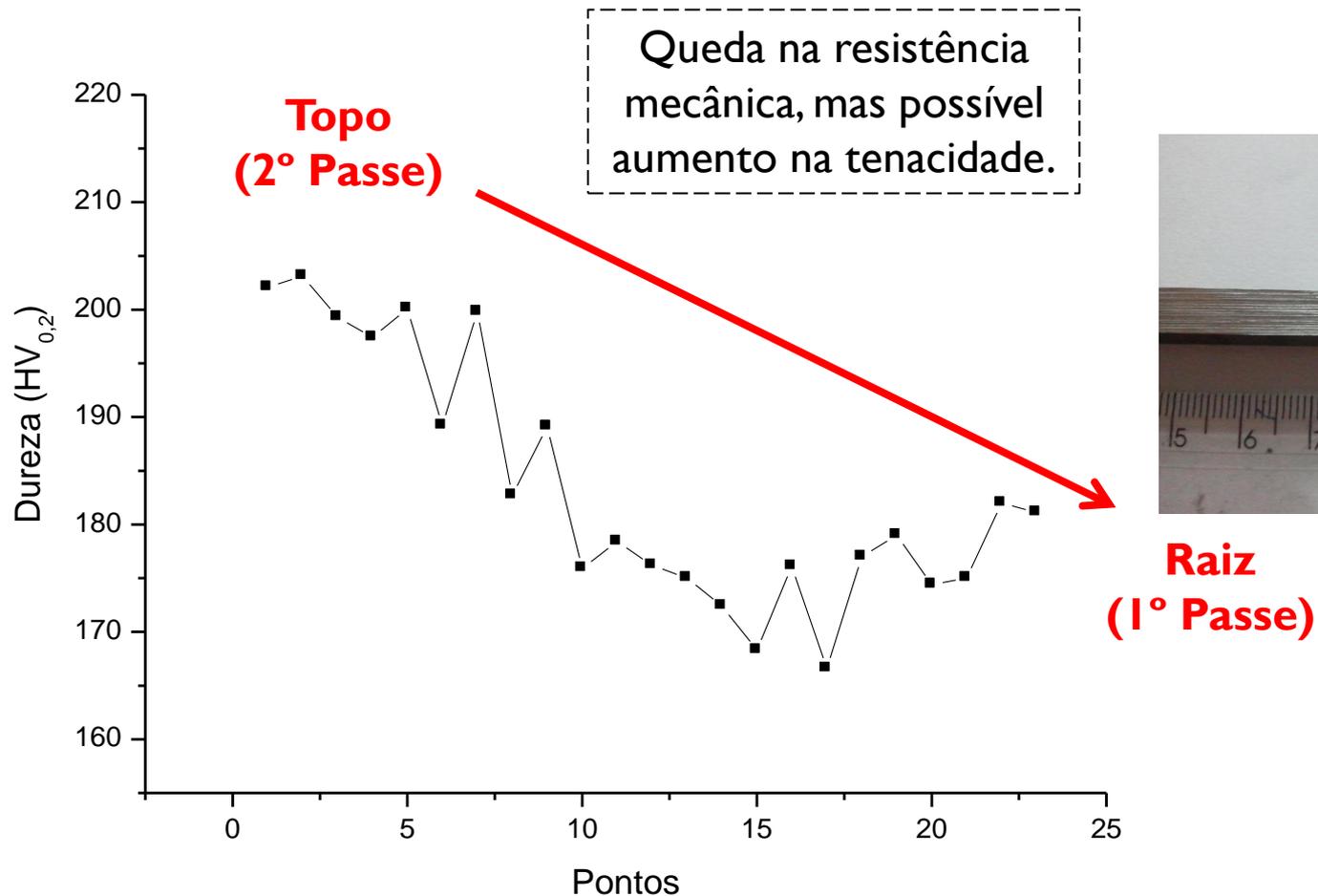


d

ZF



Perfil de Dureza – Zona Fundida



▶ Aproximadamente de 150 – 300 µm entre pontos.

Conclusão

O material soldado com MAG apresentou:

- Baixa distorção;
- Não foram observadas inclusões;
- As regiões MB, ZTA e ZF apresentaram microestruturas distintas;
- A ZTA apresentou microestrutura distinta em sua extensão, como esperado;
- O tamanho da ZTA do 1º passe ficou em torno de 1 mm e do segundo em torno de 600 μm ;
- A dureza da zona fundida é aproximadamente igual à do material base, porém a ZTA apresenta maior dureza devido a presença dos constituintes encontrados.



Agradecimentos

- ▶ A empresa **Pfaudler Equipamentos Industriais Ltda.** pela visita técnica e pelo material cedido para o trabalho.

Obrigado!

