

1- CLIENTE: BONIER EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA LTDA

Rua: João Bettge, 2216 Curitiba-PR - Fone: 41 248-3615

E-mail: bonier@xmail.com.br - Fax: 41 3248-3382

2 – DATA: 06 de Março de 2014.

3 - OBJETIVO

Analisar componentes identificados como “chapeletas” construídas em aço inoxidável aplicando as técnicas de espectrometria de emissão óptica, análise metalográfica e ensaios de microdureza.

4- IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

Os materiais, objeto do presente relatório se constituem de dispositivos de ancoramento para prática de alpinismo, removidas dos locais identificados como segue:

S-40788: Chapeleta – Chapa PETZL – 2200 kg

- Removida da face sul da Pedra do Urubu – Data de 30 anos de instalação

S-40789: Chapeleta – Chapa SIMOND – 2200 kg

- Removida da face norte da Pedra do Urubu – Data de 15 a 20 anos de instalação - 3ª chapa FN Urubu

S-40790: Chapeleta – Chapa BONIER – 28 kN

- Removida da face sul do Pão de açúcar – via às de espadas – Data de 6 anos de instalação - 3ª enfiado do “ÀS”



Fotografia 1 – Amostra S-40788 – CHAPELETA PETZL - Como recebida para realização dos ensaios propostos. Em azul local de remoção da amostra para realização da análise metalográfica. Escala em milímetros.



Fotografia 2 – Amostra S-40789 – CHAPELETA SIMOND - Como recebida para realização dos ensaios propostos. Em azul local de remoção da amostra para realização da análise metalográfica. Escala em milímetros.



Fotografia 3 – Amostra S-40790 – CHAPELETA BONIER - Como recebida para realização dos ensaios propostos. Em azul local de remoção da amostra para realização da análise metalográfica. Escala em milímetros.

5- METODOLOGIA ADOTADA/RESULTADOS

5.1- ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA

Elementos específicos (% de peso).

EQUIPAMENTO: ESPECTRÔMETRO DE EMISSÃO ÓPTICA BAIRD.

RASTREABILIDADE EM CERTIFICADOS EMITIDOS POR:

BRAMMER STANDARD CO. PADRÃO BS 84F

S-40788: CHAPELETA PETZL

Fe	C	Si	Mn	P	S
70,14	0,043	0,661	0,99	> 0,036	0,022
Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V
18,50	8,65	0,52	0,353	0,012	0,080

S-40789: CHAPELETA SIMOND

Fe	C	Si	Mn	P	S
70,19	0,038	0,589	0,86	0,033	0,022
Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V
19,02	8,66	0,22	0,266	0,011	0,091

S-40790: CHAPELETA BONIER

Fe	C	Si	Mn	P	S
71,62	0,052	0,479	1,01	0,034	0,021
Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V
18,53	8,08	< 0,03	0,108	0,011	0,060

5.2- ANÁLISE METALOGRÁFICA

As amostras foram removidas por corte mecânico refrigerado, preparadas por lixamento seguido de polimento metalográfico em suspensão de alumina 1µm. Após o ataque com os reagentes Marble e Vilella, foi realizado o exame em microscópio óptico, sendo obtidas as micrografias contidas nos Anexos I a III.

5.3- ENSAIO DE MICRODUREZA

As medições de dureza foram realizadas nas amostras analisadas metalograficamente nos locais indicados nas fotografias 04 a 06.

Os ensaios conduzidos utilizando microdurômetro de bancada na escala Vickers com carga de 1 kgf (HV₁). As legendas nas fotografias apresentam os valores medidos por ponto ensaiado.



Fotografia 4 – Amostra S-40788 – Chapa PETZL - Local da análise metalográfica - Indicação dos pontos de medição de dureza.

Tabela 1 - Valores de dureza obtidos para a amostra S-40788-PETZL.

Local da medição		Distância da superfície (mm)	Dureza
			HV ₁
Lado A	Próximo à superfície	0,05	214
		0,10	217
		0,60	210
	Núcleo		201 – 201 – 205
Lado B	Próximo à superfície	0,05	257
		0,10	257
		0,85	219
		1,40	210
	Núcleo		201 – 205 – 205
Próximo à superfície do furo		0,10	373
		0,20	363



Fotografia 5 – Amostra S-40789 – Chapa Simond - Local da análise metalográfica - Indicação dos pontos de medição de dureza.

Tabela 2 - Valores de dureza obtidos para a amostra S-40789-SIMOND.

Local da medição		Distância da superfície (mm)	Dureza
			HV ₁
Lado A	Próximo à superfície	0,05	330
		0,50	330
	Núcleo		330 – 330 – 330
Lado B	Próximo à superfície	0,05	348
		0,10	348
		0,50	339
	Núcleo		330 – 330 – 330
Próximo à superfície do furo		0,15	426
		0,20	401



Fotografia 6 – Amostra S-40790 – Chapa Bonier - Local da análise metalográfica - Indicação dos pontos de medição de dureza.

Tabela 3 - Valores de dureza obtidos para a amostra S-40790-BONIER

Local da medição		Distância da superfície (mm)	Dureza
			HV ₁
Lado A	Próximo à superfície	0,05	229
		0,10	224
		0,50	214
		1,50	201
Núcleo			195 – 197 – 197
Lado B	Próximo à superfície	0,05	240
		0,10	224
		0,50	214
Próximo à superfície do furo		0,10	358
		0,15	384

5.4- REGISTRO FOTOGRÁFICO

O registro fotográfico que segue tem por objetivo detalhar os aspectos principais da falha ocorrida no componente

5.4.1 - Amostra S-40788: Chapeleta – Chapa PETZL.



Fotografia 7 – Amostra S-40788 – Chapa PETZL - Observa-se produto de corrosão (preto), na região de fixação da chapeleta na rocha pelo uso de parafuso.



Fotografia 8 – Amostra S-40788 – Chapa PETZL – detalhe da fotografia 07 - Observa-se produto de corrosão (preto), sendo este o ponto com corrosão na união entre o parafuso de fixação e a chapeleta.

5.4.2 - Amostra S-40789: Chapeleta – Chapa SIMOND.



Fotografia 9 – Amostra S-40789 – Chapa SIMOND - Observa-se produto de corrosão (vermelho), na região de fixação da chapeleta na rocha pelo uso de parafuso.





Fotografia 10 – Amostra S-40789 – Chapa SIMOND – detalhe da fotografia 09 - Observa-se produto de corrosão (vermelho), sendo este o ponto com corrosão na união entre o parafuso de fixação e a chapeleta.

5.4.3 - Amostra S-40790: Chapeleta – Chapa BONIER.



Fotografia 11 – Amostra S-40790 – Chapa BONIER - Observa-se produto de corrosão (vermelho), na região de fixação da chapeleta na rocha pelo uso de parafuso.



Fotografia 12 – Amostra S-40790 – Chapa BONIER – detalhe da fotografia 11 - Observa-se produto de corrosão (vermelho), sendo este o ponto com corrosão na união entre o parafuso de fixação e a chapeleta.

6- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1- CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

Os materiais analisados **cumprem** requisitos de norma para o aço inoxidável austenítico ASTM A 240 Tipo 304, cuja composição é fornecida pela Tabela 4.

Tabela 4 – Composição especificada para o aço ASTM A 240 Tp 304 (% em peso).

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Referência
0,070 _{máx}	2,00 _{máx.}	0,75 _{máx.}	17,5-19,5	8,0 – 10,5	0,045 _{máx.}	0,030 _{máx}	Tp 304
0,043	0,99	0,661	18,50	8,65	> 0,036	0,022	S-40788 - PETZL
0,038	0,86	0,589	19,02	8,66	0,033	0,022	S-40789 - SIMOND
0,052	1,01	0,479	18,53	8,08	0,034	0,021	S-40790 - BONIER

6.2- METALOGRAFIA

6.2.1 - Amostra S-40788: Chapeleta – Chapa PETZL

A microestrutura característica do metal de base da chapa é composta por uma matriz austenítica com linhas de deformação plástica. Foi constatada a direcionalidade na matriz pelas linhas retas horizontais, que foram atacadas pelo reagente. Este fato mostra que o material se apresenta com encruamento plástico que tem sua origem na fabricação da chapa. Este fato evidencia que a chapa foi aplicada como recebida.

Presença de precipitação de carbeto nos contornos de grãos em toda seção analisada.

A presença de produtos de corrosão na superfície da Chapeleta.

6.2.2 - Amostra S-40789: Chapeleta – Chapa SIMOND.

A microestrutura característica do metal de base da chapa é composta por uma matriz austenítica com linhas de deformação plástica. Foi constatada a direcionalidade na matriz pelas linhas retas horizontais, que foram atacadas pelo reagente. Este fato mostra que o material se apresenta com encruamento plástico que tem sua origem na fabricação da chapa. Este fato evidencia que a chapa foi aplicada como recebida.

A presença de produtos de corrosão na superfície da Chapeleta.

6.2.3 - Amostra S-40790: Chapeleta – Chapa BONIER.

A microestrutura característica do metal de base da chapa é composta por uma matriz austenítica com linhas de deformação plástica. Foi constatada a direcionalidade na matriz pelas linhas retas horizontais, que foram atacadas pelo reagente. Este fato mostra que o material se apresenta com encruamento plástico que tem sua origem na fabricação da chapa. Este fato evidencia que a chapa foi aplicada como recebida.

Presença de precipitação de carbeto nos contornos de grãos em toda seção analisada.

A presença de produtos de corrosão na superfície da Chapeleta.

7- CONCLUSÕES:

A partir dos resultados obtidos é possível concluir;

7.1 – As três amostras apresentam composição que **cumpr**e requisitos de composição para o material ASTM A 240 Tp 304.

7.2 - Valores de dureza elevados para a amostra Simond (330 HV), quando comparados às amostras Bonier (197 HV) e Petzl (201 HV).


Ângela Nardelli Allenstein, MSc.
CREA/PR 85206/D


Cesar Lucio Molitz Allenstein, MSc.
CREA/PR 2276 TD

Superfície com
indicação de
corrosão.

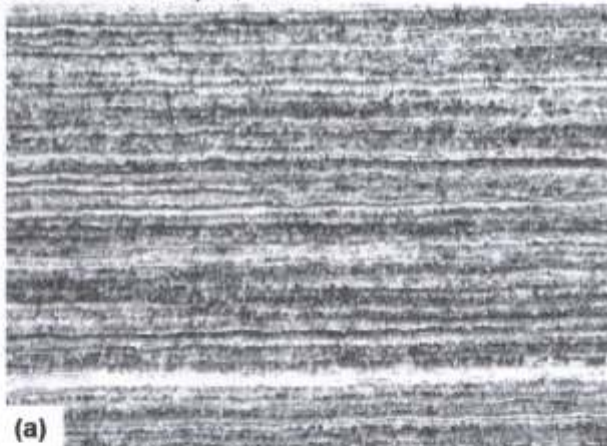


Meia espessura

Fotografia 1 – Amostra S-40788 – Chapa PETZL - Local da análise metalográfica, indicado os locais analisados.



Micrografia 1: S-40788 – Chapa PETZL – Meia espessura - Distribuição de inclusões não-metálicas de óxidos globulares, série fina, tipo D e nível 1, conforme norma NBR NM 88/2000. Amostra sem ataque, 100X.



(a)



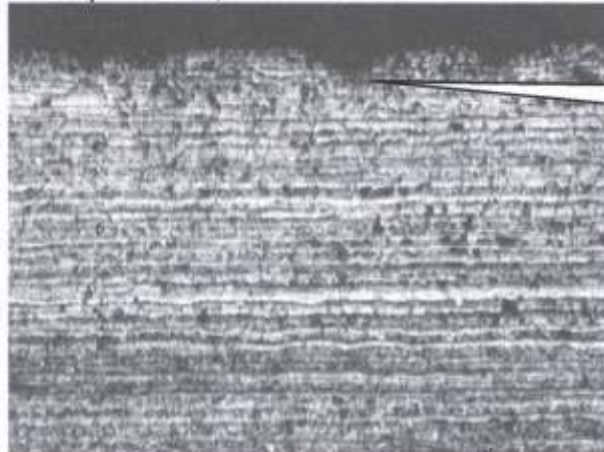
(b)

Micrografia 2: S-40788 – Chapa PETZL - metal de base - (a) Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar reduzida. Aumento 100X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Vilella, aumento 400X.



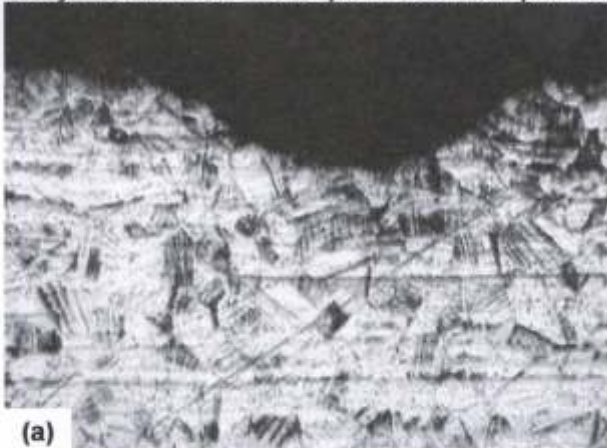


Micrografia 3: S-40788 – Chapa PETZL -metal de base - Detalhe da região vista em 2a. Presença de precipitação de carbeto. Ataque Vilella, aumento 800X



Superfície com indicação de corrosão.

Micrografia 4: S-40788 – Chapa PETZL – Próximo à superfície com corrosão - Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar prejudicada. Presença de corrosão na superfície da chapa. Ataque Vilella. Aumento 100X.

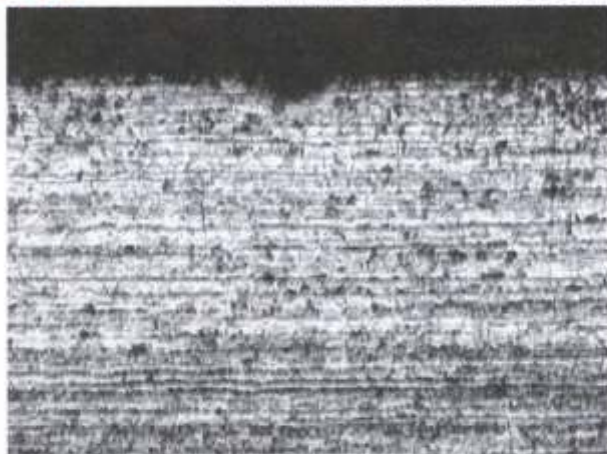


(a)

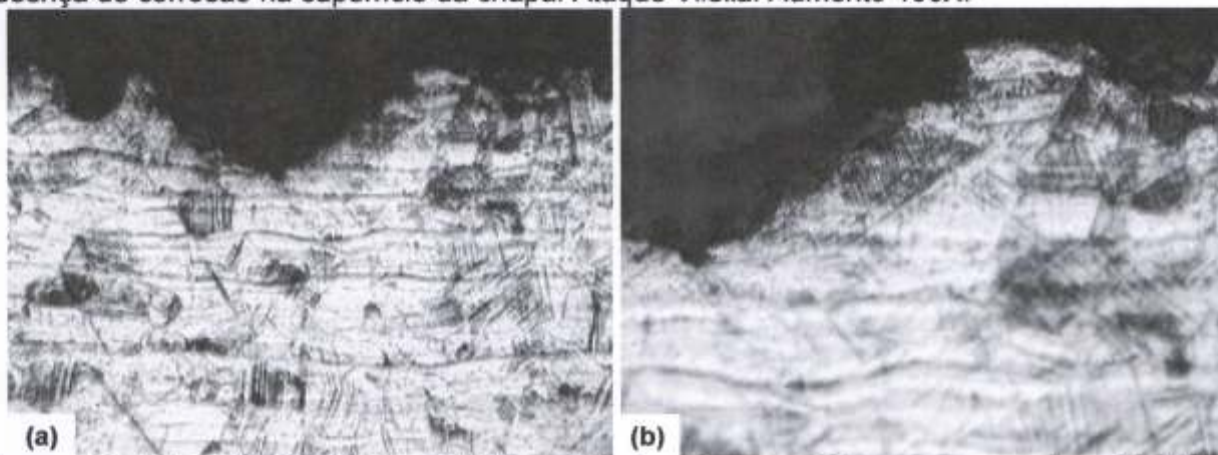


(b)

Micrografia 5: S-40788 – Chapa PETZL - Próximo à superfície com corrosão - Detalhe da micrografia 4 - (a) Material com microestrutura altamente encruada, indicativo de material obtido por deformação a frio. 400X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Vilella, aumento 800X.



Micrografia 6: S-40788 – Chapa PETZL - Próximo à superfície com corrosão - Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar prejudicada. Presença de corrosão na superfície da chapa. Ataque Vilella. Aumento 100X.



Micrografia 7: S-40788 – Chapa PETZL - Próximo à superfície com corrosão - Detalhe da micrografia 6 - (a) Material com microestrutura altamente encruada, indicativo de material obtido por deformação a frio. 400X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Vilella, aumento 800X.


Ângela Nardelli-Allenstein, MSc.
CREA/PR 85206/D


Cesar Lucio Molitz Allenstein, MSc.
CREA/PR 2276 TD

Superfície com
indicação de
corrosão.



Meia espessura

Fotografia 1 – Amostra S-40789 – Chapa Simond - Local da análise metalográfica, indicado os locais analisados.



Micrografia 1: S-40789 – Chapa Simond – Meia espessura - Distribuição de inclusões não-metálicas de óxidos globulares, série fina, tipo D e nível 3, conforme norma NBR NM 88/2000. Amostra sem ataque, 100X.

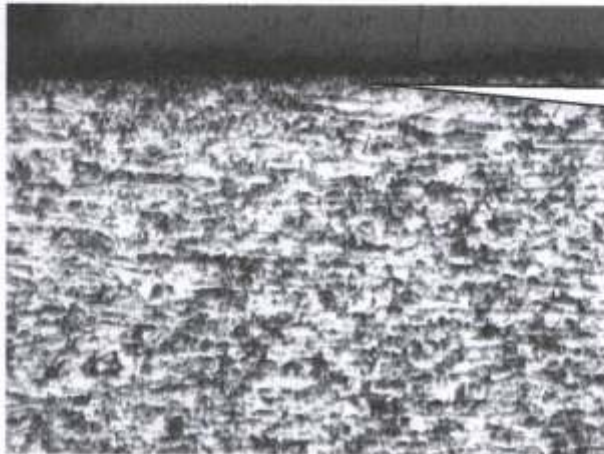


Micrografia 2: S-40789 – Chapa Simond - metal de base - (a) Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar reduzida. Aumento 100X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Marble, aumento 400X.





Micrografia 3: S-40789 – Chapa Simond - metal de base - Detalhe da região vista em 2a. Ataque Marble, aumento 800X



Superfície com indicação de corrosão.

Micrografia 4: S-40789 – Chapa Simond – Próximo à superfície com corrosão - Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar prejudicada. Ataque Marble. Aumento 100X.



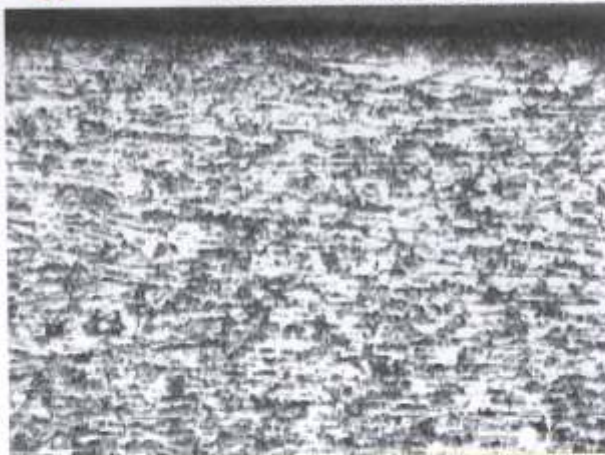
(a)



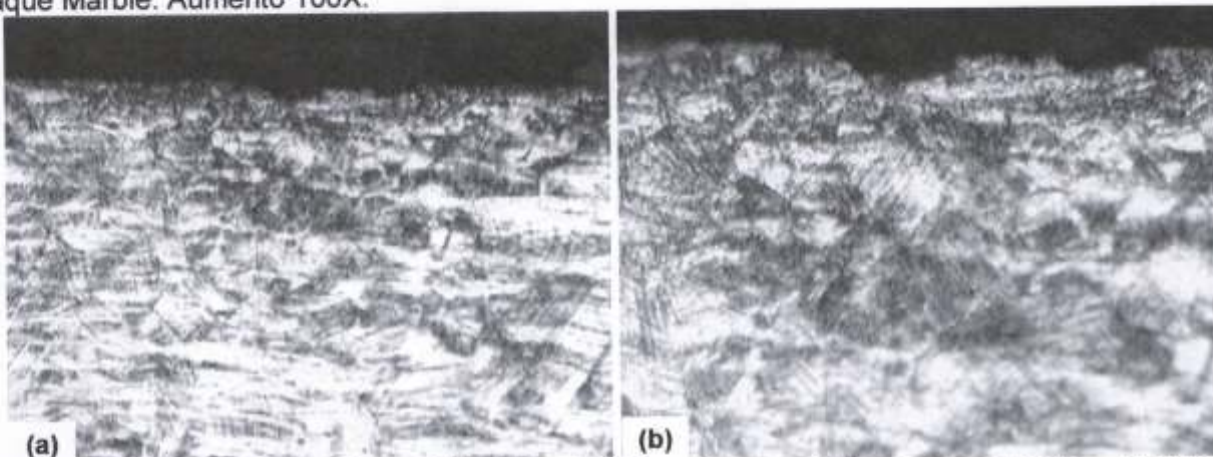
(b)

Micrografia 5: S-40789 – Chapa Simond - Próximo à superfície com corrosão - Detalhe da micrografia 4 - (a) Material com microestrutura encruada, indicativo de material obtido por deformação a frio. 400X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Marble, aumento 800X.







Micrografia 6: S-40789 – Chapa Simond - Próximo à superfície com corrosão - Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar prejudicada. Ataque Marble. Aumento 100X.



Micrografia 7: S-40789 – Chapa Simond - Próximo à superfície com corrosão - Detalhe da micrografia 6 - (a) Material com microestrutura altamente encruada, indicativo de material obtido por deformação a frio. 400X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Marble. Aumento 800X. Presença de corrosão na superfície da chapa.


Ângela Nardelli Allenstein, MSc.
CREA/PR 85206/D

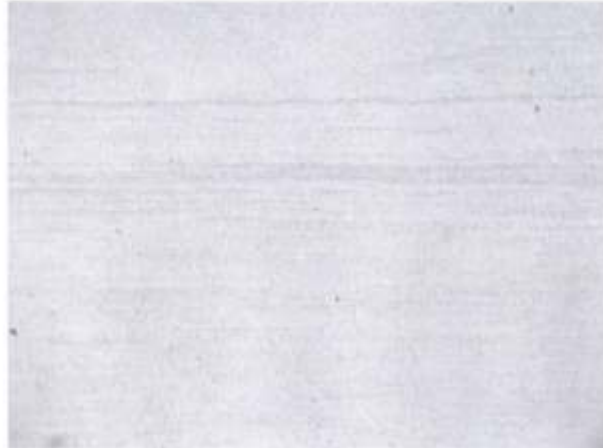

Cesar Lucio Molitz Allenstein, MSc.
CREA/PR 2276 TD

Superfície da chapeleta

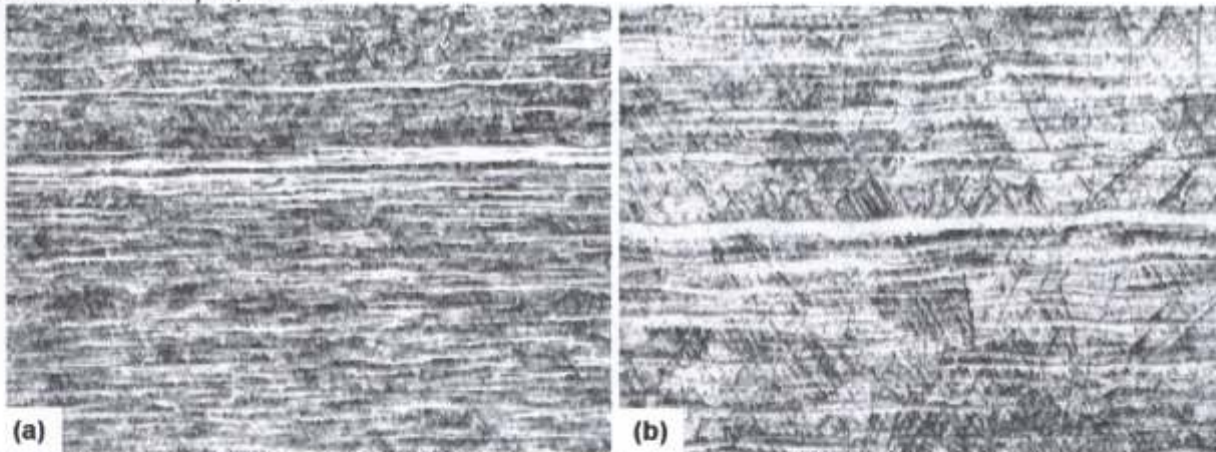


Meia espessura

Fotografia 1 – Amostra S-40790 – Chapa Bonier - Local da análise metalográfica, indicado os locais analisados.



Micrografia 1: S-40790 – Chapa Bonier – Meia espessura - Distribuição de inclusões não-metálicas de óxidos globulares, série fina, tipo D e nível 1, conforme norma NBR NM 88/2000. Amostra sem ataque, 100X.

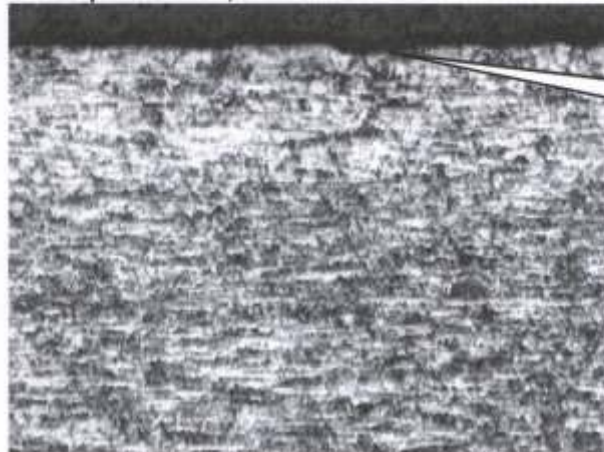


Micrografia 2: S-40790 – Chapa Bonier - metal de base - (a) Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar reduzida. Aumento 100X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Marble, aumento 400X.





Micrografia 3: S-40790 – Chapa Bonier -metal de base - Detalhe da região vista em 2a. Presença de precipitação de carbeto. Ataque Marble, aumento 800X.

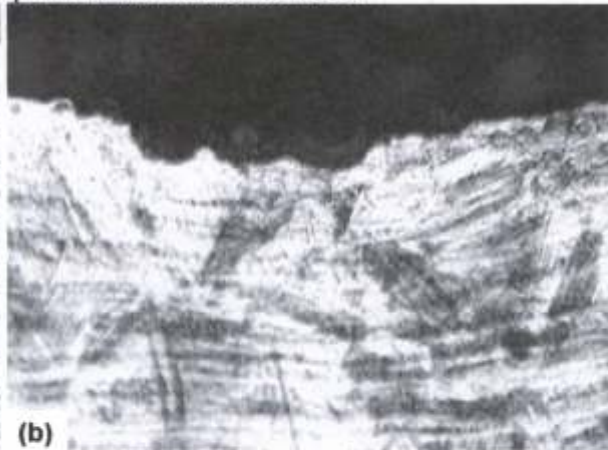


Superfície com indicação de corrosão.

Micrografia 4: S-40790 – Chapa Bonier – Próximo à superfície com corrosão - Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar prejudicada. Presença de corrosão na superfície da chapa. Ataque Marble. Aumento 100X.



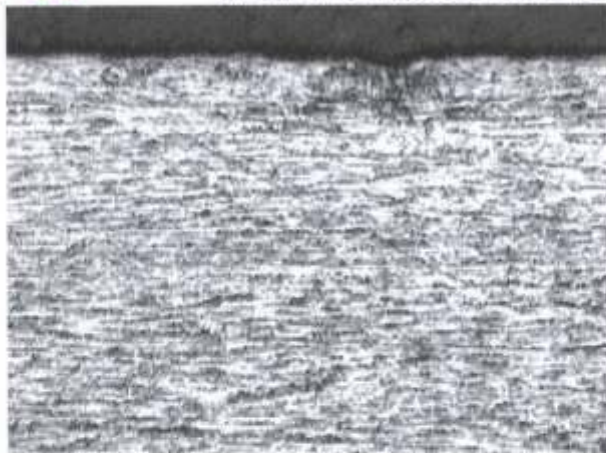
(a)



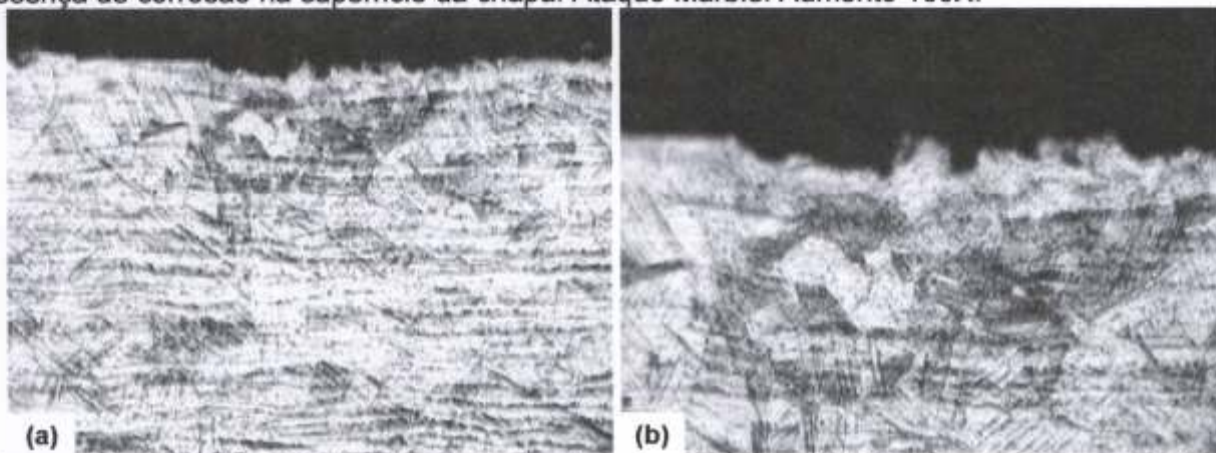
(b)

Micrografia 5: S-40790 – Chapa Bonier - Próximo à superfície com corrosão - Detalhe da micrografia 4 - (a) Material com microestrutura altamente encruada, indicativo de material obtido por deformação a frio. 400X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Marble, aumento 800X. Presença de corrosão na superfície da chapa.






Micrografia 6: S-40790 – Chapa Bonier - Próximo à superfície com corrosão - Microestrutura típica de material trabalhado a frio. A direcionalidade da matriz austenítica é mostrada pelas linhas retas horizontais, atacadas em função da resistência à corrosão do material estar prejudicada. Presença de corrosão na superfície da chapa. Ataque Marble. Aumento 100X.



Micrografia 7: S-40790 – Chapa Bonier - Próximo à superfície com corrosão - Detalhe da micrografia 6 - (a) Material com microestrutura altamente encruada, indicativo de material obtido por deformação a frio. 400X; (b) Detalhe da região vista em (a). Ataque Marble. Aumento 800X. Presença de corrosão na superfície da chapa.


Ângela Nardelli Allenstein, MSc.
CREA/PR 85206/D


Cesar Lucio Molitz Allenstein, MSc.
CREA/PR 2276 TD