

ANÁLISE DA RELAÇÃO DE MICROESTRUTURA E TEXTURA DE CHAPAS DE LATÃO 70/30 BRUTAS DE FUSÃO COM POSTERIOR LAMINAÇÃO A FRIO¹

Mauro Roberto de Souza²

Resumo

Durante a estampagem profunda (embutimento) de copos da liga de cobre conhecida como latão cartucho 70/30 (liga UNS C-26000), é possível observar ondulações em sua borda. Estas ondulações (orelhamento) estão relacionadas com o índice de anisotropia planar do material, devido ao histórico de fabricação da chapa laminada. Neste trabalho realizaram-se ensaios para verificar as propriedades mecânicas e químicas de algumas amostras, e as suas relações com o defeito apresentado. Comparando-se as estruturas das amostras coletadas, observou-se também, que é possível fabricar material bruto de fusão e posteriormente laminado a frio, com características semelhantes à de chapas fundidas e posteriormente laminadas a quente, que apresentam baixo índice de anisotropia e por isso são comumente utilizadas para este tipo de aplicação.

Palavras-chave: Latão UNS C-26000; Laminação; Anisotropia; Embutimento.

ANALYSIS OF THE RELATION OF MICROSTRUCTURE AND TEXTURE OF CAST BRASS 70/30 STRIPS COLD ROLLED

Abstract

During the deep drawing cup test of a copper alloy known as brass cartridge 70/30 (alloy UNS C-26000), you can see earrings on its edge. These earrings are related to the level of planar anisotropy of the material due to the history of manufacture of rolled strip. In this work there were tests to check the mechanical and chemical properties of some samples, and its relations with the defects. Comparing the structures of the samples, it is possible to produce a material from melting and then cold-rolled, with features similar from melting and then cast hot-rolled, which have low anisotropy and therefore are commonly used for this type of application.

Key words: Brass UNS C-26000; Rolling; Anisotropy; Deep drawing cup.

¹ *Contribuição técnica ao 11º Seminário de Metais Não Ferrosos, 1 a 3 de setembro de 2009, São Paulo, SP.*

² *Engenheiro de Produção Mecânica; Setor de Engenharia de Processos da Termomecânica São Paulo SA; São Bernardo do Campo, SP.*

1 INTRODUÇÃO

A liga de Cobre UNS C-26000, conhecida como latão 70/30 ou latão para cartucho, é amplamente utilizada na indústria para fabricação de cartuchos para revólver, casquilhos para lâmpada (soquete), além de outras aplicações comerciais através do processo de embutimento ou estampagem profunda, por apresentar uma boa combinação de características, incluindo a maleabilidade, a resistência mecânica, a boa condutividade elétrica e térmica, boa resistência ao choque e boa resistência a corrosão.⁽¹⁾ Em alguns casquilhos estampados (copos), é possível observar ondulações (orelhamento) em sua borda, sendo que estas ondulações ocorrem devido ao índice de anisotropia planar da matéria prima, como resultado do histórico de fabricação do material (etapas envolvidas no processo de fabricação).

Procurou-se comparar as estruturas de amostras fabricadas pelo processo de laminação a quente (mais comum por apresentar menor índice de anisotropia) e também algumas amostras fabricadas por laminação a frio, sendo estes oriundos de placas ou chapas fundidas.

Através da análise das propriedades mecânicas encontradas no ensaio de tração, é possível calcular o índice de anisotropia planar do material (" r " e " Δr "). Com a análise metalográfica, é possível verificar e comparar as condições estruturais das amostras estudadas.



Figura 1 – Copos de latão com e sem “orelhamento”.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste estudo foram utilizadas amostras de latão UNS C-26000 de 0,25 mm e 3,10 mm de espessura, sendo tratadas com as seguintes nomenclaturas:

- LF 1 – laminada a frio com reduções e recozimentos controlados;
- LF 2 – laminada a frio reduções e recozimentos controlados e controle de composição química (alto teor de Cu e baixa impureza);
- LF convencional – laminada a frio com altas reduções e menor número de recozimentos;
- LQ 1 – laminada a quente; e
- LQ 2 – laminada a quente com alto teor de Cu.

Entre elas, existem diferenças na composição química, as quais serão apresentadas no resultado da análise química.

2.1 Análise da Composição Química

As amostras foram analisadas por via úmida para determinação da composição química, sendo que a porcentagem (%) de cobre foi obtida através de iodometria (método de volumetria) e a dos demais componentes por espectrometria de plasma.

Para este ensaio foi utilizado o equipamento Varian Vista MPX ICP-OES, conforme Figura 2.



Figura 2 – Equipamento de espectrometria por plasma.

2.2 Ensaio de Tração

Foram realizados ensaios de tração em amostras a 0° , 45° e 90° do sentido de laminação para posterior cálculo do índice de anisotropia planar do material.^(1,2) Com este ensaio também se obteve os valores de escoamento e alongamento das amostras. Para este ensaio foi utilizado o equipamento Instron 4482 de coluna dupla, conforme Figura 3.



Figura 3 – Equipamento utilizado para ensaio de tração.

2.3 Ensaio Metalográfico

Para realização do ensaio metalográfico foram seguidos os seguintes passos:

- corte da amostra;
- embutimento térmico em baquelite;
- lixamento da amostra em sequência com lixas com granas 60, 220, 400, 600 e 1.200;

- polimento da amostra com óxido de cromo e posteriormente com óxido de alumínio;
- limpeza da amostra com álcool;
- aplicação do reagente a base de ácido clorídrico (HCl) e cloreto férrico (FeCl_3); e
- análise do TG (determinação conforme norma ASTM E-112).

Para análise do tamanho de grão foi utilizado o Microscópio Óptico Leica DMLM, conforme Figura 4.



Figura 4 – Microscópio óptico Leica DMLM.

2.4 Ensaio de Textura

Para o ensaio de textura foram preparadas amostras com 20 x 10 mm (20 mm no sentido de laminação) polidos a meia espessura.⁽³⁾ Estas amostras foram enviadas ao IPEN/SP onde foi realizado este ensaio.

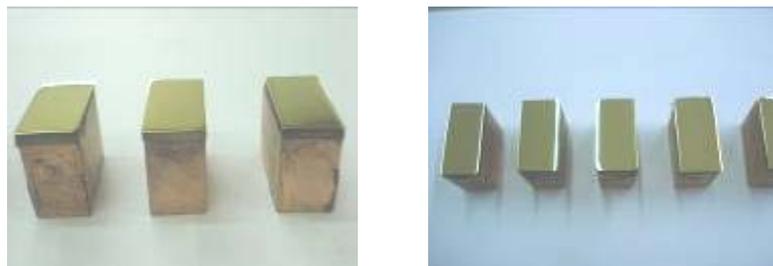


Figura 5 – Amostras enviadas para análise de textura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição Química

Após análise química, foram obtidos os seguintes valores para as amostras analisadas:

Tabela 1 – Composição química para amostras com 0,25mm de espessura

ELEMENTOS	LQ 1	LQ 2	LF 1	LF 2	LF CONV.
Cu (%)	68,89	69,49	69,36	70,57	69,86
Sn (%)	0,007	0,003	0,002	---x---	0,003
Pb (%)	0,002	---x---	---x---	0,001	0,016
Fe (%)	0,008	0,006	0,005	0,001	0,005
Zn (%)	restante	restante	restante	restante	restante

Tabela 2 – Composição química para amostras com 3,10mm de espessura

ELEMENTOS	LQ 1	LQ 2	LF 1	LF 2	LF CONV.
Cu (%)	69,08	71,16	70,17	70,25	70,31
Sn (%)	0,021	---x---	---x---	---x---	0,002
Pb (%)	0,001	---x---	0,007	0,001	0,007
Fe (%)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
Zn (%)	restante	restante	restante	restante	restante

Verifica-se que apesar da pequena variação na composição dos elementos químicos da liga, todos estão de acordo com os valores normativos para esta liga de latão (ASTM B-19).

3.2 Propriedades Mecânicas

Com a realização destes ensaios, levantou-se a seguinte tabela de dados:

Tabela 3 – Resultados do ensaio de tração

Espessura (mm)	Identificação	Sentido Laminação	Dureza (HV)	Resist. Tração (MPa)	Escoamento (MPa)	Along. (%)
0,25	LQ 1	0°	66,5	346	121	40
		45°	67,4	339	123	47
		90°	66	341	125	47
	LQ 2	0°	78	361	150	43
		45°	78	353	143	46
		90°	78	354	139	41
	LF 1	0°	71,8	363	146	40
		45°	75,2	348	124	40
		90°	73,5	359	140	42
	LF 2	0°	59,1	323	104	45
		45°	61,2	320	107	46
		90°	57,9	322	110	42
3,1	LQ 1	0°	79,5	356	162	55
		45°	78,5	354	162	54
		90°	79,5	345	160	40
	LQ 2	0°	92,4	379	129	50
		45°	85,2	369	180	49
		90°	86,5	359	156	55
	LF 1	0°	87,6	373	188	50
		45°	92,7	368	195	48
		90°	89,2	370	189	40
	LF 2	0°	78,8	344	153	58
		45°	73,8	338	138	60
		90°	73,7	340	152	54

Com as medições das variações de medida na largura e na espessura, realizadas no corpo de prova antes e após o ensaio, levantou-se a Tabela 4. Para isso foram utilizados os cálculos de “r” e “Δr” representados abaixo:⁽⁴⁾

$$r = \frac{\varepsilon_l}{\varepsilon_e} = \frac{\ln(l_f / l_0)}{\ln(e_f / e_0)}$$

Onde:

- ε_l = deformação verdadeira na largura.
- ε_e = deformação verdadeira na espessura.

E com o valor de “Δr” definido através de:

$$\Delta r = \frac{r_{0^\circ} + r_{90^\circ}}{2} - r_{45^\circ}$$

Tabela 4 – Valores encontrados para “r” e “Δr”

	Ângulo	Lo (mm)	Lf (mm)	Eo (mm)	Ef (mm)	Comp.o (mm)	Comp. F (mm)	r	Δr
LQ 2	0	27,53	22,58	0,252	0,209	50	70,5	1,05942	
	45	27,91	Cancelado	0,25	Cancelado	50	Cancelado		
	90	27,87	23,21	0,251	0,202	50	70	0,84245	
	0	27,92	22,72	0,254	0,206	50	70,5	0,98396	-0,15224
	45	28,05	22,85	0,254	0,208	50	71,5	1,02623	
	90	27,6	24,04	0,254	0,212	50	67,5	0,76403	
LQ 1	0	28,08	22,24	0,26	0,208	50	71	1,04491	-0,0595705
	45	27,98	22,07	0,257	0,203	50	72,5	1,00594	
	90	28,28	23,31	0,26	0,207	50	70,5	0,84782	
	0	28,24	22,91	0,256	0,204	50	71	0,9212	0,0273395
	45	27,94	22,81	0,256	0,205	50	72	0,9131	
	90	28,54	23,06	0,256	0,205	50	71	0,95967	
LF 1	0	27,76	23,68	0,244	0,211	50	71	1,09397	
	45	28,32	Cancelado	0,24	Cancelado	50	Cancelado		
	90	28,17	Cancelado	0,24	Cancelado	50	Cancelado		
LF 2	0	27,76	22,2	0,255	0,215	50	71	1,30991	0,011031
	45	28,15	22,17	0,255	0,208	50	72	1,1722	
	90	27,91	22,32	0,257	0,208	50	70,5	1,05656	

Sabendo-se que se $\Delta r > 0$, o orelhamento ocorre próximo a 45° . Se $\Delta r < 0$ o orelhamento ocorre próximo a 0° e 90° .

Conforme os resultados mostrados na tabela anterior, verificou-se que as deformações se apresentaram uniformes (r), e que o valor de Δr apresentou valores próximos a 0, indicando baixa tendência a formação de orelhas.

Como observado também na tabela, não foi possível realizar o cálculo de anisotropia para a amostra LF 1, devido ao local de quebra do corpo de prova (CP), inviabilizando a medição para obtenção de tal resultado.

3.3 Medições dos Copos

Foi realizada a medição da borda dos copos com o auxílio de um paquímetro digital com capacidade 150 mm. A seguir seguem os valores encontrados e um gráfico demonstrativo.

Tabela 5 – Valores da medição da borda dos copos

Ângulo de Medição	Amostra				
	LQ 1	LQ 2	LF 1	LF 2	LF conv.
0°	20,80	20,39	20,59	20,68	20,25
45°	20,67	20,25	20,75	21,04	20,96
90°	20,51	20,37	20,79	20,90	20,66
135°	20,80	20,45	20,62	20,91	20,95
180°	20,72	20,64	20,56	20,77	20,30
225°	20,94	20,61	20,73	20,81	20,63
270°	20,86	20,89	20,91	20,68	20,16
315°	20,95	20,40	20,87	20,88	20,76

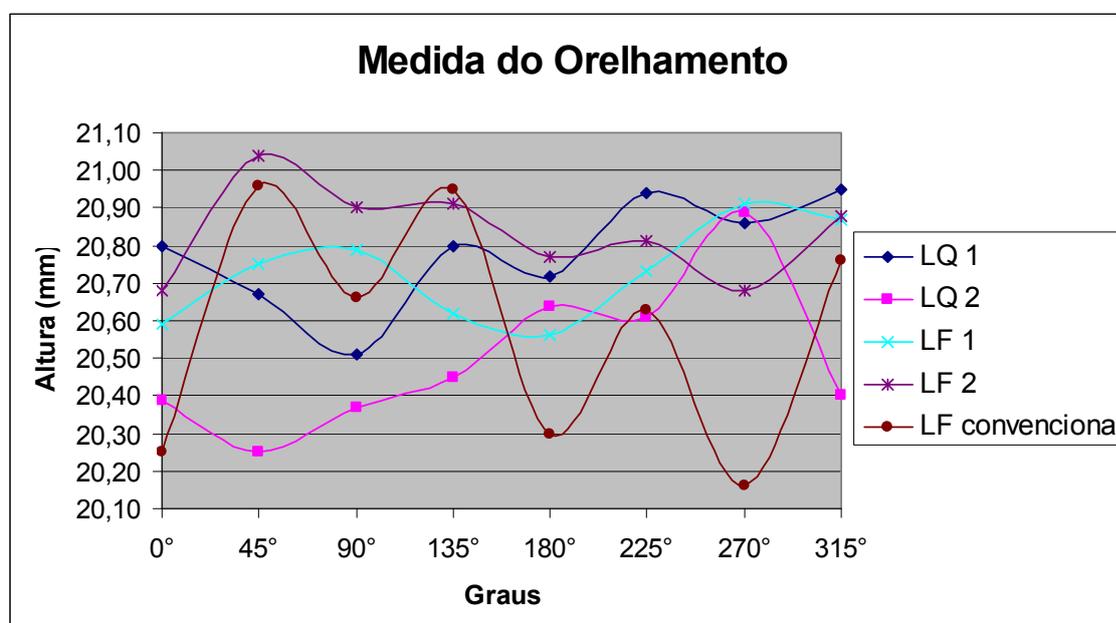


Figura 6 – Gráfico da medição da borda dos copos.

Observou-se a maior variação nas amostras LF convencional, e que a amostra LQ 2, que apresenta o maior valor de “ Δr ” apresenta alguns “vales” nas posições próximas a 45°. ⁽⁵⁾ As demais amostras apresentaram valores próximos a zero, indicando baixo índice de anisotropia, mas como os valores tendem a ser positivos, os vales estão localizados próximo as posições de 0° e 90°.

3.4 Análise Estrutural

Através dos ensaios metalográficos, obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 6 – Resultados da metalografia para amostras de 0,25 mm

Espessura (mm)	Identificação	T.G. (mm)		Heterogeneidade (mm)	Estrutura
		Mínimo	Máximo		
0,25	LQ 1	0,015	0,025	0,01	Homogênea
	LQ 2	0,010	0,010	0	Homogênea
	LF 1	0,015	0,015	0	Homogênea
	LF 2	0,025	0,035	0,01	Homogênea
	LF convencional	0,010	0,050	0,04	Heterogênea

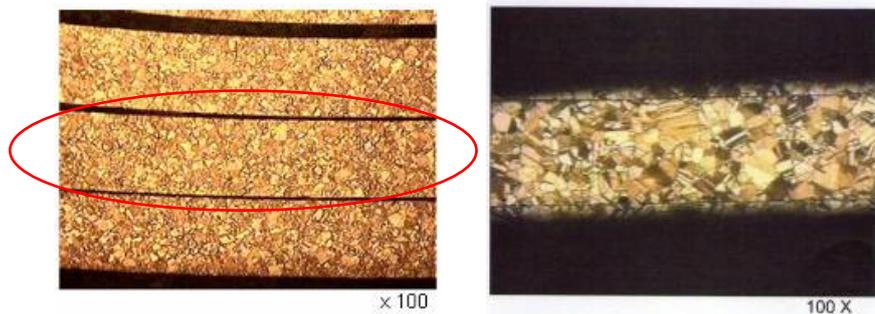


Figura 7 – Amostras LF 1 e LF 2.

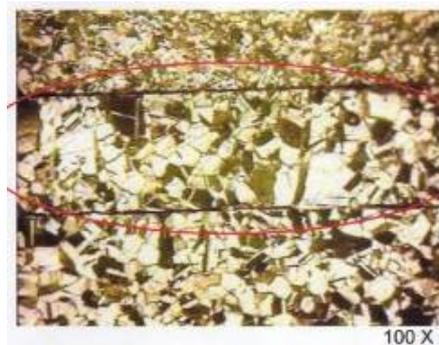


Figura 8 – Amostra LF convencional.

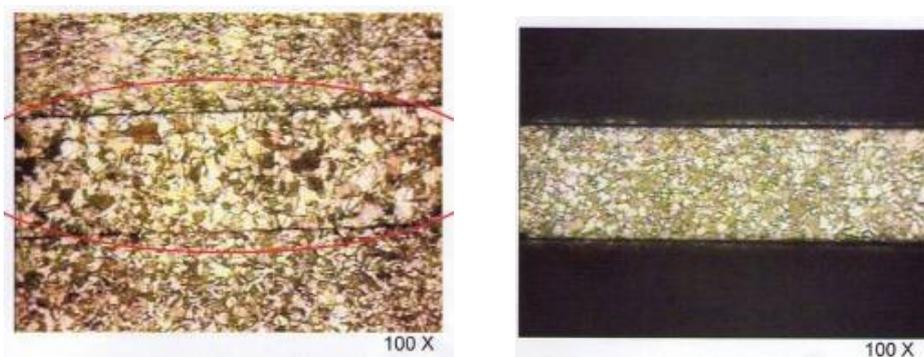


Figura 9 – Amostras LQ 1 e LQ 2.

Tabela 7 – Resultados da metalografia para amostras de 3,10 mm

Espessura (mm)	Identificação	T.G. (mm)		Heterogeneidade (mm)	Estrutura
		Mínimo	Máximo		
3,1	LQ 1	0,015	0,020	0,005	Homogênea
	LQ 2	0,015	0,015	0	Homogênea
	LF 1	0,010	0,010	0	Homogênea
	LF 2	0,025	0,035	0,01	Homogênea
	LF convencional	0,035	0,090	0,055	Heterogênea

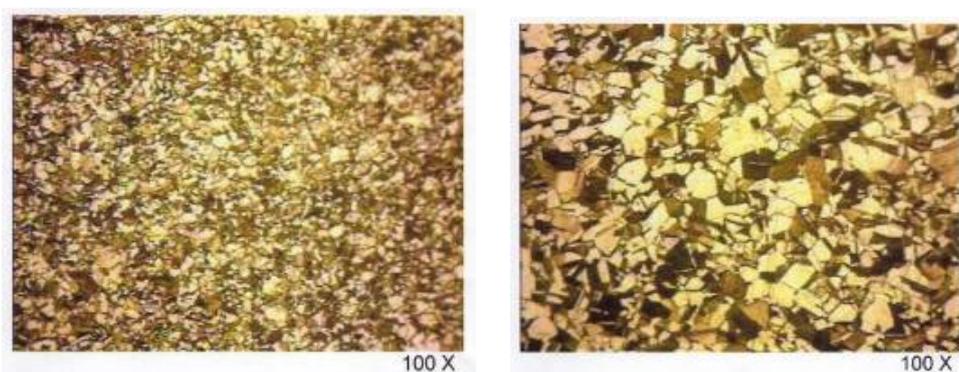


Figura 10 – Amostras LF 1 e LF 2.

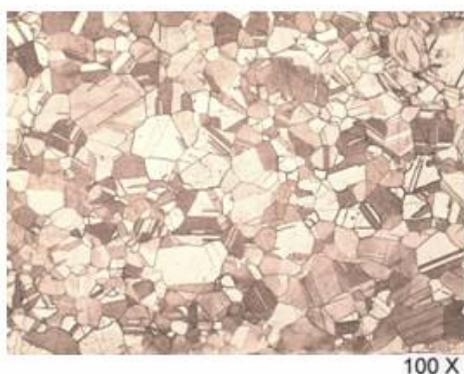


Figura 11 – Amostra LF convencional.

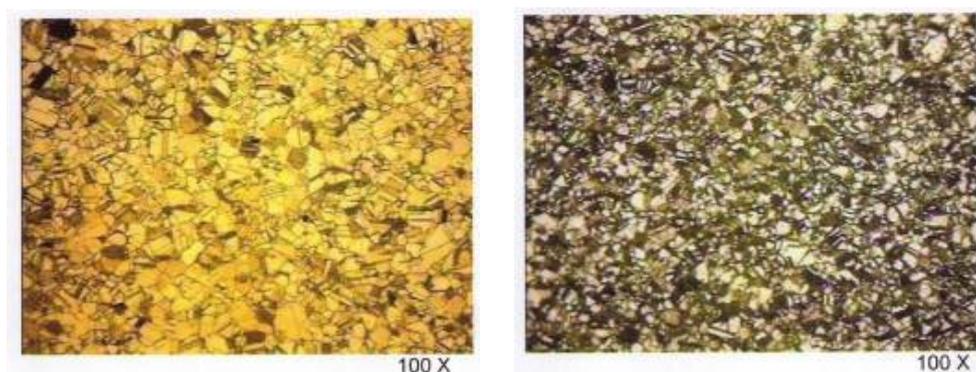


Figura 12 – Amostras LQ 1 e LQ 2.

Com estes resultados foi possível observar que as amostras LF 2 com 0,25mm e 3,10mm de espessura, apresentam um TG maior que as demais amostras, mas com uma estrutura considera homogênea. Já os materiais LF convencional apresentam a maior heterogeneidade na estrutura e TG maiores que

as demais amostras. Os materiais LQ 1 e 2 e os materiais LF 1 e 2 apresentaram estruturas homogêneas, diferenciadas das estruturas LF convencionais.

3.5 Análise das Texturas

Foram realizadas análises de textura, gerando as seguintes FDO's (Função Distribuição de Orientação) para fibras (011) <211>:

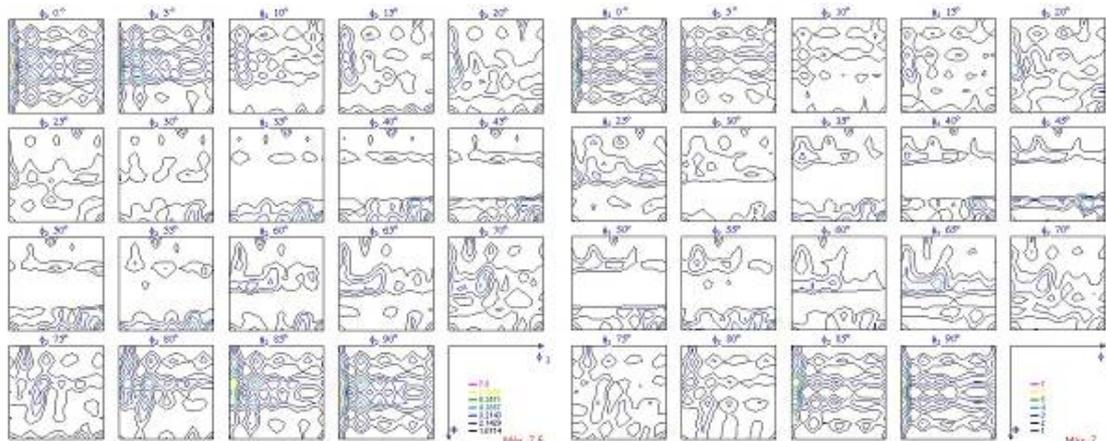


Figura 13 – FDO's das amostras LF 1 e LF 2.

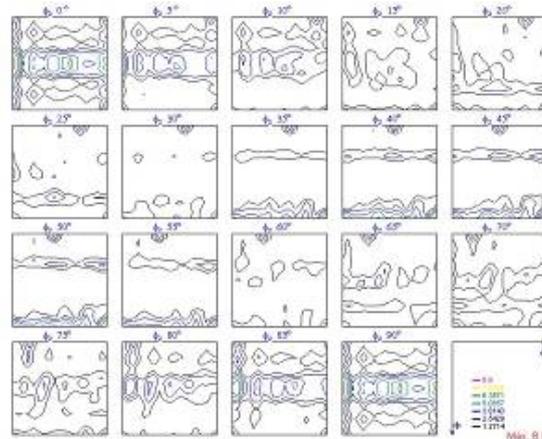


Figura 14 – FDO da amostra LF convencional.

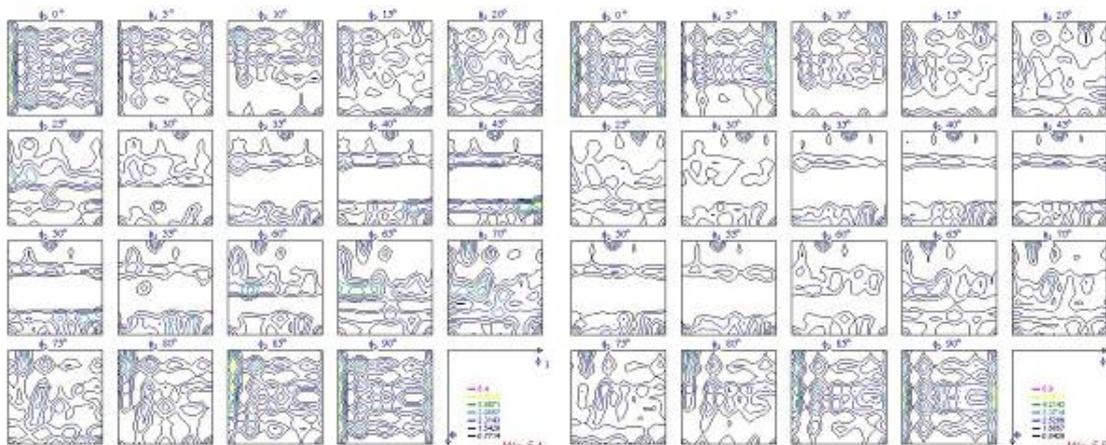


Figura 15 – FDO's das amostras LQ 1 e LQ 2.

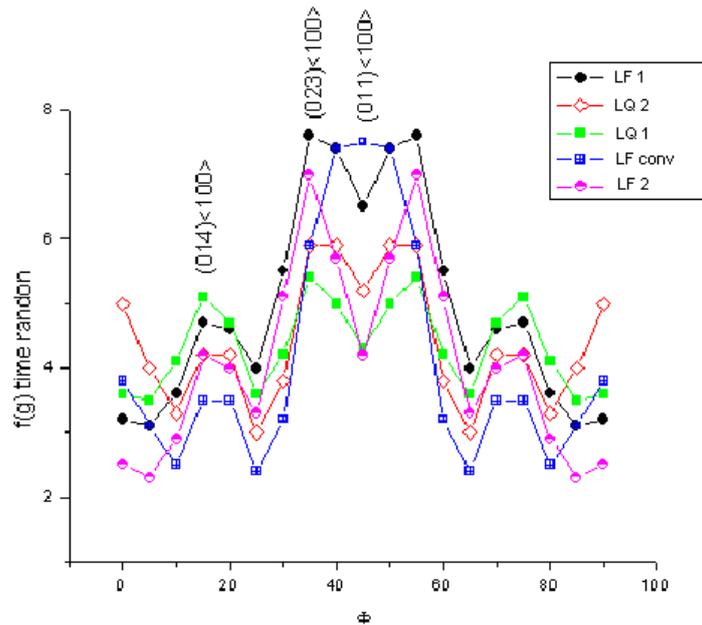


Figura 16 – Figura de Fibra <100>.

Verificou-se que todas as FDO's apresentaram as mesmas componentes de textura com pequenas variações nas intensidades, também ilustrado no gráfico acima.

Este gráfico é obtido da função de distribuição de orientações no espaço de Euler, fixando-se os ângulos $\varphi_1 = 0$ e $\varphi_2 = 0$ e variando $0 \leq \Phi \leq 90^\circ$.

4 CONCLUSÃO

A alteração da composição química não foi representativa nos resultados estruturais e práticos obtidos, pois em ambos os processos (LF1 e LF2) os resultados foram satisfatórios. Um fator relevante é o tamanho de grão e a estrutura dos materiais, pois as amostras provenientes do processo convencional apresentaram heterogeneidade de até 0,055mm, enquanto as amostras dos processos propostos e dos materiais laminados a quente apresentaram estrutura homogênea com variação máxima de 0,020mm. Na textura, a fibra <100> descreve o comportamento da orientação dos planos que estão paralelos à superfície da amostra, mas com a direção <100> (paralela à direção de laminação) constante e apesar de a textura ser de extrema importância para o comportamento de chapas embutidas, neste caso, uma vez que o comportamento das curvas apresentadas é muito semelhante, as diferenças no comportamento do orelhamento entre as amostras serão pequenas.

As amostras laminadas a quente apresentam comportamento mais anisotrópico, o que favorece o não aparecimento de orelhas, mas por outro lado desfavorece a profundidade do embutimento. Além disto a orientação usual para embutimento profundo em latão, (011) <211> (obtida da ODF em $\Phi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 35^\circ$ e $\varphi_2 = 0$) apresentou-se de baixa intensidade em todas as amostras indicando baixos valores de "r".

REFERÊNCIAS

- 1 BISI, J. R, **Cobre e ligas trabalháveis de cobre**: Processos e instruções práticas. São Paulo: [s.n.], 2003. 425 p.
- 2 CHEMIN FILHO, R. A, **Avaliação das deformações de chapas finas e curvas CLC para diferentes geometrias de punções**, 2004. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- 3 PADILHA, A. F. ; SICILIANO JR, Fulvio . **Encruamento, recristalização, crescimento de grão e textura**. 3. ed. São Paulo: ABM, 2005. p 181-191.
- 4 ASM handbook: Forming and Forging. 9th ed. Ohio:[s.n], 1988. 14v. p 809 – 824.
- 5 FERRARINI, J. L., **Caracterização de materiais para o processo de estampagem**, 2004. 116 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.