



## A INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E ESPESSURA DA CHAPA NA DETERMINAÇÃO DO GRAU DE CONFORMABILIDADE POR MEIO DE ENSAIOS MECÂNICOS

**Ravilson A. Chemin Filho** (Bolsista PIBIC/UFPR)

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica  
[ravilson@demec.ufpr.br](mailto:ravilson@demec.ufpr.br) - Curitiba, PR, Brasil

**Paulo Victor P. Marcondes** (Prof. Adjunto II)

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica  
[marcondes@demec.ufpr.br](mailto:marcondes@demec.ufpr.br) - Curitiba, PR, Brasil

**Resumo.** *Os produtos laminados caracterizam-se atualmente como um dos principais insumos de fabricação utilizados pelas indústrias do estado do Paraná, principalmente no setor automotivo. Desta maneira, o conhecimento relativo às características de estampabilidade destes materiais torna-se extremamente importante, uma vez que um conhecimento mais aprofundado dos fatores que influenciam a deformação do material pode auxiliar no aprimoramento e desenvolvimento dos processos de fabricação. No presente trabalho analisou-se a influência da espessura da chapa e rugosidade superficial no modo de deformação do material durante o ensaio de estampabilidade Erichsen (ensaio que tem a finalidade de avaliar a conformabilidade de materiais destinados a operação de conformação). A partir dos resultados obtidos, efetuou-se uma análise comparativa com os resultados dos testes de tração obtidos com os mesmos materiais, onde se buscou caracterizar possíveis equivalências de resultados entre os ensaios de estampabilidade Erichsen e os valores do coeficiente de encruamento ( $n$ ) e anisotropia ( $R$ ).*

**Palavras-chave:** Chapas de Aço, Estampabilidade Erichsen, Ensaio de Tração

### 1. INTRODUÇÃO

As indústrias metalúrgicas do Paraná, em especial as que utilizam o processo de estampagem, procuram cada vez mais otimizar sua produção, visto que ocorrem inúmeras perdas ocasionadas por um conhecimento pouco aprofundado de fatores que influenciam a deformação do material e, conseqüentemente, afetam o resultado final do processo de conformação.

De acordo com as características do material destinado à estampagem poderá ser definida, de maneira objetiva, a melhor forma de fabricação do componente a partir do conhecimento de como o material se comporta diante de situações distintas de deformação.

Os resultados obtidos nos testes de tração e de estampabilidade Erichsen, mais comuns de serem realizados e referenciados pelas normas que determinam a fabricação dos materiais pelas usinas, nos servem de referência em relação ao comportamento dos materiais frente aos fenômenos que ocorrem na estampagem. O ensaio de tração para determinação do coeficiente de anisotropia ( $R$ ) e coeficiente de encruamento ( $n$ ) apresenta como desvantagem o estado de tensão uniaxial durante o ensaio. Este fato é evitado pelo ensaio de Erichsen, onde se tem estiramento biaxial do material. Neste

caso se trabalha com uma matriz circular e um punção em forma de uma esfera. A grande desvantagem desse método é a clássica dependência dos resultados com a espessura do material analisado. Os testes buscaram analisar uma possível correlação entre o fator de anisotropia e coeficiente de encruamento, oriundos do ensaio de tração, com o índice de embutimento resultante do ensaio Erichsen.

Buscou-se, ainda, através de ensaios de embutimento (Erichsen) avaliar a influência da utilização ou não de lubrificante no grau de conformabilidade de material. Para isso foram utilizadas chapas laminadas a frio, classe EM, com espessuras de 0.6, 1.06 e 1.55 mm, chapas EEP-PC e chapas relaminadas a frio classe G4 com espessuras de 0.58 e 1.50 mm.

## 2. ENSAIOS PROPOSTOS

O ensaio de embutimento em chapas pelo método Erichsen consiste em deformar, com um penetrador provido de um extremo esférico, um corpo de prova, com características conforme norma NBR 5902, preso entre uma matriz e um anel de fixação, até ocorrer o início da ruptura e neste momento determinar a profundidade da calota produzida.

Os valores do índice de embutimento (IE), que corresponde à profundidade do corpo estampado no material, é o parâmetro utilizado para caracterizar cada aço ensaiado quanto ao estiramento sofrido durante a deformação, bem como classificá-lo como EM (estampabilidade média), EP (estampabilidade profunda) e EEP (estampabilidade extra-profunda), em função da espessura do material (NBR 5915). Segundo vários autores (Borsoi et al 2000) o fenômeno do estiramento corresponde a uma redução localizada da espessura da chapa durante o processo de estampagem.

Outro ensaio mecânico (ASTM E 8M; NBR 6673) capaz de nos fornecer informações referentes às características de estampabilidade do material é o teste de tração. Este ensaio consiste em deformar (esticar) um corpo de prova normalizado, preso por garras em suas extremidades, até um determinado percentual de deformação (18%). O ensaio é realizado para corpos de prova retirados formando ângulos de 0°, 45° e 90° em relação à direção de laminação do material, sendo realizado três ensaios para cada direção, tomando-se então a média dos valores obtidos.

Deste ensaio resultarão os valores do fator de anisotropia (R) e do coeficiente de encruamento (n) do material (ASTM E 517; ASTM E 646-78; NBR 8164). O primeiro caracteriza o material de acordo com sua característica de deformação para cada direção, sendo que, quanto maior o valor de R obtido, melhor sua embutibilidade, e o segundo corresponde à relação tensão versus deformação do material, o que caracteriza o estiramento do mesmo (Schaeffer, 1999).

O tipo de laminação utilizada na fabricação do material, tem influência direta nos resultados de R e n, sendo que, para aços laminados a frio e relaminados, a principal característica apresentada nos resultados é a obtenção de valores diferentes do fator R para as direções 0°, 45° e 90° dos corpos de prova. Isto se deve ao fato de que o material laminado a frio apresenta um alongamento dos grãos na direção de laminação do material, apresentando características de estampabilidade diferentes para cada direção ensaiada.

O coeficiente de encruamento do material, para laminados a frio e relaminados, apresenta-se com valores relativamente superiores a materiais laminados a quente. Isto se deve ao fato de que em aços laminados a frio ocorre um achatamento dos grãos durante a laminação sem posterior recristalização. Desta forma o material apresenta maior resistência mecânica e, conseqüentemente, será maior o coeficiente angular da reta tangente obtida do gráfico tensão versus deformação, que caracteriza o coeficiente de encruamento do material (Schaeffer, 1999).

A partir destes ensaios buscou-se estabelecer uma possível correlação dos valores de IE obtidos pelo método Erichsen com os valores de R e n resultantes dos testes de tração, uma vez que estes são os métodos de ensaio mais utilizados para caracterização das propriedades mecânicas e características de estampabilidade em chapas aço. Avaliou-se, ainda, desta forma o grau de precisão para cada teste que,

por se tratarem de métodos diferentes de ensaio, variam os fatores que influenciam os valores obtidos em cada caso.

O principal fator de influência concentra-se no fato de que no teste Erichsen o material tem um contato direto com o punção que causa a deformação, ocasionando o aparecimento de atrito entre o material ensaiado e o punção. Outro fator é a influência do formato da ferramenta para caracterização do tipo de deformação ocorrida. No caso específico do ensaio de embutibilidade Erichsen, o punção tem o formato esférico, o que favorece a ocorrência do fenômeno de estiramento, que corresponde a uma redução de espessura de forma mais homogênea ao longo da peça, porém não elimina por completo o efeito do fenômeno de embutimento profundo (Borsoi et al 2000). No caso do ensaio de tração, a deformação do material na região útil do corpo de prova ocorre homogênea e totalmente livre de contato com qualquer tipo de ferramenta ou dispositivo de ensaio, o que determina a existência de deformação pura durante o ensaio.

A questão referente ao atrito existente entre o material e o punção no teste Erichsen, foi alvo de estudo para avaliação da influência da utilização ou não de um agente de lubrificação durante a estampagem, onde se visou caracterizar a variação do IE para as duas condições de ensaio. Para isso, levou-se em consideração a espessura de cada material utilizado, uma vez que para um mesmo material, quanto maior a espessura da chapa, maior será a altura do copo produzido até o momento em que ocorre a ruptura. Outro fator considerado foi a rugosidade do material utilizado, sendo esta de extrema importância devido ao fato do material deslizar sob o punção durante o processo de estampagem.

### **3. MATERIAIS UTILIZADOS**

#### **3.1. Descrição dos Equipamentos**

Os ensaios de estampabilidade Erichsen foram realizados numa prensa da marca ROELL + KORTHAUS KG PRÜFMASCHINEN, com capacidade de 40 kgf/cm<sup>2</sup> e acionamento manual. O punção acoplado ao equipamento possui formato esférico, com diâmetro de 20 mm, sendo que a máxima espessura de chapa possível de ser ensaiada neste equipamento é de 2 mm.

Para realização dos ensaios de tração foi utilizada uma máquina da marca EMIC, com capacidade para 10 toneladas. Foram utilizados ainda, ligados a máquina de tração, uma célula de carga com capacidade para 2000 kgf, além de um extensômetro (EMIC) com abertura máxima de 25 mm. Através da célula de carga foi obtida força durante cada ensaio, enquanto que o extensômetro preso ao corpo de prova media a deformação sofrida pelo material. Todo o sistema de aquisição de dados estava ligado a um microcomputador, o qual continha o programa Tesc versão 1.06, com método desenvolvido pela própria EMIC para realização de toda operação de cálculo e apresentação dos resultados numérico bem como os gráficos dos ensaios de anisotropia e encruamento.

#### **3.2. Chapas**

Os ensaios de estampabilidade Erichsen foram realizados utilizando-se os seguintes materiais:

- Laminado a frio classe de estampagem média (EM), com espessuras de 0.6, 1.06 e 1.54 mm.
- Relaminado a frio classe G4, com espessuras de 0.58 e 1.56 mm.
- Relaminado a frio classe G2, com espessura de 0.82 mm.
- Laminado para estampagem profunda – peça crítica (EEP-PC), com espessura de 0.57 mm.

Para todos os materiais citados foram realizados um mínimo de 30 ensaios de embutimento Erichsen, de acordo com o número de chapas disponíveis. Estes ensaios foram divididos de forma que a

metade dos testes foi realizada sem a presença de qualquer meio de lubrificação, e o restante utilizando-se vaselina em pasta como agente lubrificante.

Os ensaios de tração foram realizados para todos os aços listados, com a exceção do laminado a frio EM, com espessura de 1.06 mm e para o relaminado a frio com espessura de 1.56 mm, pela indisponibilidade de material suficiente para a realização. Os ensaios de tração foram realizados utilizando-se três corpos de prova para cada direção de laminação (0, 45 e 90°), deformados até o limite de 18% e outros três (um para cada direção) deformados até atingirem o limite de ruptura, totalizando 12 corpos de prova para cada material ensaiado.

#### **4. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL**

Os testes realizados visaram estabelecer a influência da utilização ou não de lubrificante no índice de embutimento atingido no ensaio Erichsen, para uma análise comparativa entre os laminados a frio EM e relaminados a frio classe G4, de acordo com a rugosidade e espessura destes materiais. Para os demais aços, os ensaios de embutimento ficaram restritos a uma análise individual, ou seja, para uma única espessura de chapa.

De maneira geral, todos os materiais submetidos aos ensaios de estampabilidade Erichsen e tração serviram de base para a análise da possível relação a ser estabelecida entre os parâmetros IE, R e n resultantes destes testes.

#### **5. RESULTADOS**

Os gráficos a seguir, Fig.(1) e Fig.(2), apresentam os resultados da análise da utilização de lubrificante nos testes de estampabilidade Erichsen, para a chapa laminada a frio classe EM e para a relaminada a frio classe G4. São mostradas duas curvas em cada gráfico, representando a variação do índice de embutimento atingido, para cada espessura de chapa ensaiada, onde uma das curvas mostra os resultados obtidos sem a utilização de lubrificante e a outra utilizando vaselina em pasta durante os ensaios.

O gráfico mostrado na Fig.(1), para o aço EM com rugosidade  $R_z = 6.5 \mu\text{m}$ , apresentou para a chapa de 0.60 mm de espessura, um índice de embutimento 0.70 mm maior quando o ensaio realizou-se na presença de lubrificante, variação esta significativa em termos de estampabilidade. Para a chapa de 1.06 mm de espessura essa variação no índice de embutimento reduziu-se para 0.4 mm, valor ainda considerável do ponto de vista técnico, ao passo que para a chapa de 1.54 mm a utilização de lubrificante influenciou em menor escala os resultados, aumentando em apenas 0.06 mm o índice de embutimento, ou seja, mantiveram-se valores muito próximos os ensaios realizados com e sem lubrificação. Assim, o aço laminado a frio, com características de estampabilidade média e rugosidade ( $R_z$ ) em torno de  $6.5 \mu\text{m}$ , apresenta melhores condições de estampabilidade na presença de lubrificante para espessuras inferiores a 1.5 mm, sendo que, quanto menor a espessura do material, melhor a estampabilidade do material utilizando-se lubrificante.

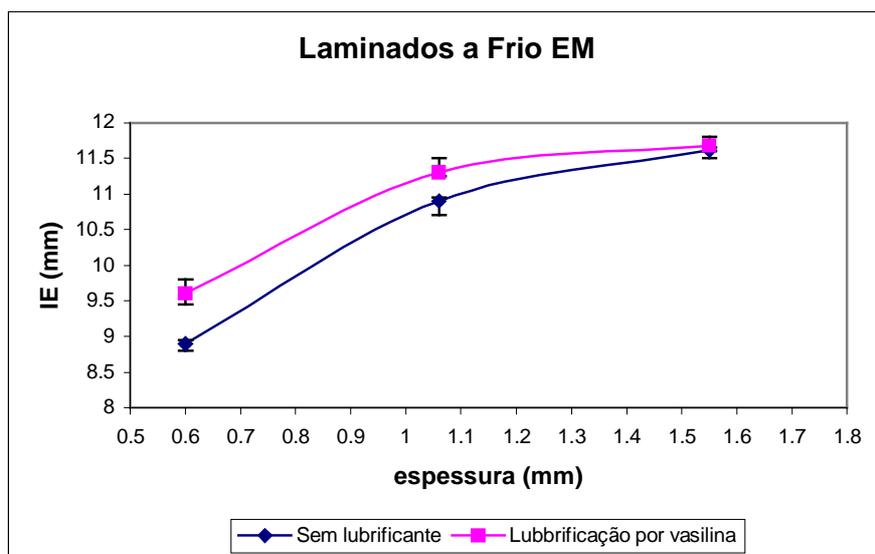


Figura 1. Influência de lubrificante na estampabilidade do aço laminado a frio EM.

O gráfico mostrado na Fig.(2), para a chapa G4 com rugosidade (Rz) de 1.0  $\mu\text{m}$ , os valores do índice de embutimento obtidos, com e sem lubrificante, apresentaram uma variação mínima, entre 0.06 e 0.03 mm, para as espessuras ensaiadas de 0.58 e 1.56 mm, respectivamente. Neste caso, o lubrificante não influenciou de forma significativa a estampabilidade do material independente da espessura da chapa. Aqui podemos considerar que o material relaminado a frio apresenta a mesma estampabilidade com ou sem lubrificante. Isto se deve por se tratar de um material de excelente acabamento superficial, baixa rugosidade, minimizando o efeito do atrito entre o material e o punção durante a realização dos ensaios na ausência de lubrificação.

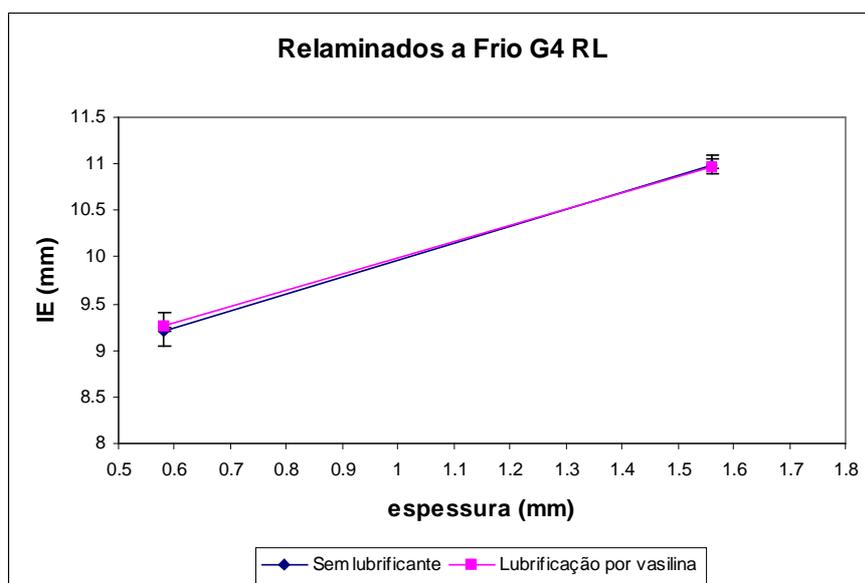


Figura 2. Influência de lubrificante na estampabilidade do aço relaminado a frio G4.

A Tabela (1) mostra, além dos resultados dos ensaios de estampabilidade Erichsen, os valores do fator de anisotropia (R) e coeficiente de encruamento (n) resultantes dos ensaios de tração. Os valores apresentados para as direções 0, 45 e 90° (R0, R45 e R90 para anisotropia e n0, n45 e n90 para o coeficiente de encruamento) correspondem a uma média para três ensaios realizados em cada direção. Os valores da média ponderada para anisotropia (Eq.(1)), média ponderada para o encruamento (Eq.(2)) e da tendência ao orelhamento (Eq.(3)) são calculados por expressões matemáticas baseadas nestes valores médios.

$$R_m = \frac{R_0 + 2.R_{45} + R_{90}}{4} \quad (1)$$

$$n_m = \frac{n_0 + 2.n_{45} + n_{90}}{4} \quad (2)$$

$$\Delta R = \frac{R_0 + R_{90} - 2.R_{45}}{2} \quad (3)$$

O aço G2, que corresponde a um material relaminado a frio, apresentou uma rugosidade (Rz) de 1.0 µm e similar ao relaminado classe G4. Deste modo não houve melhora significativa no índice de embutimento (IE) para os ensaios com lubrificante, que apresentaram apenas 0.05 mm superior aos resultados dos testes sem lubrificação.

Para o material EEP-PC, revestido de uma camada de aproximadamente 10.0 µm de zinco eletrodepositado, os resultados não apresentaram melhora no índice de embutimento quando se passou a utilizar lubrificante, apesar da rugosidade (Rz) do material ser de 4.5 µm. Neste caso o índice de embutimento médio dos testes sem lubrificante foi 0.07 mm superior ao valor médio dos testes com lubrificante. Isto se deve, provavelmente, a influência do revestimento na estampabilidade do material, porém estudos mais detalhados são necessários para a correta avaliação do efeito da camada de zinco eletrodepositada nos ensaios mecânicos.

Com relação às características de estampabilidade dos materiais submetidos ao teste de tração, fica evidente, pelo valor de 1.820 para Rm (média ponderada da anisotropia), que o material com melhor embutibilidade é o aço EEP-PC, o que confirma a característica de altíssima capacidade de deformação desse material. Ainda segundo este critério, o material G4 de 0.58 mm, apresenta boas características de embutibilidade (Rm = 1.6931), ou seja, melhor características de deformação se comparado ao aço EM (estampabilidade média) que apresentou Rm = 1.5057. Ainda, quando se analisa os aços EEP-PC com espessura de 0.57 mm e G4 com espessura de 0.58 mm, materiais estes com espessuras quase idênticas, nota-se certa coerência quando comparamos o grau de estampabilidade analisado pelo índice de embutimento (IE) e pelo fator de anisotropia ( Rm ), uma vez que a classificação dos materiais pela estampabilidade permanece a mesma em ambos os testes, ou seja, o aço EEP-PC apresenta IE = 10.75 mm superior ao aço G4 com IE = 9.2 mm, para condições sem lubrificação. Porém, o aço EM também com espessura na faixa de 0.6 mm mostra que pelo IE apresentado para a condição ensaiada com lubrificação o mesmo pode até ser classificado como um material de estampabilidade profunda (EP), segundo a norma NBR 5915. Já o valor de Rm de 1.5057 mostra claramente a qualidade inferior desse aço. Isto se deve, provavelmente, aos diferentes fatores que influenciam cada ensaio onde, além da espessura o efeito da rugosidade superficial, ou seja, o efeito do atrito existente no ensaio Erichsen realmente afeta a precisão dos resultados tornando não adequada a comparação entre IE e Rm para todos os casos.

Em contrapartida, se compararmos o índice de embutimento (IE) de cada material com os valores obtidos para o coeficiente de encruamento (nm), pelo ensaio de tração, encontra-se uma melhor equivalência de resultados. O material EM de 0.6 mm de espessura analisado apresenta um elevado coeficiente de encruamento, n de aproximadamente 0.24, mostrando excelente características de

estiramento. Esse valor indica coerência com o valor mais alto para o IE obtido na condição com lubrificação. Isto se deve ao fato que o ensaio de Erichsen simula um estiramento puro do material e serve para a comparação com o valor do coeficiente de encruamento obtido do ensaio de tração. Já o coeficiente de anisotropia, cerca de 1.5057, evidencia que o material não apresenta boas características de embutimento o que está de acordo com as características de sua classe que é a de estampabilidade média. Os materiais G4 de 0.58 e EEP-PC de 0.57 mm de espessura apresentam boa concordância entre os valores de IE, nm e Rm obtidos durante os ensaios e as respectivas classes as quais os materiais pertencem.

Tabela 1. Valores do fator de anisotropia, coeficiente de encruamento e índice de embutimento das chapas ensaiadas.

Material	R		n		IE (mm)	
	R <sub>0</sub>		n <sub>0</sub>		IE sem lub	
Laminado a frio EM e=0.6 mm Rz=6.5 μm	R <sub>0</sub>	1.6451	n <sub>0</sub>	0.2497	IE sem lub	8.90
	R <sub>45</sub>	1.1339	n <sub>45</sub>	0.2370	IE com lub	9.60
	R <sub>90</sub>	1.9298	n <sub>90</sub>	0.2296		
	R <sub>m</sub>	1.4606	n <sub>m</sub>	0.2383		
	ΔR	0.6535				
Laminado a frio EM e=1.06 mm Rz=4.5 μm	R <sub>0</sub>	X	n <sub>0</sub>	X	IE sem lub	10.9
	R <sub>45</sub>	X	n <sub>45</sub>	X	IE com lub	11.3
	R <sub>90</sub>	X	n <sub>90</sub>	X		
	R <sub>m</sub>	X	n <sub>m</sub>	X		
	ΔR	X				
Laminado a frio EM e=1.54 mm Rz=6.5 μm	R <sub>0</sub>	1.7593	n <sub>0</sub>	0.2317	IE sem lub	11.62
	R <sub>45</sub>	1.1224	n <sub>45</sub>	0.2388	IE com lub	11.68
	R <sub>90</sub>	2.0188	n <sub>90</sub>	0.24		
	R <sub>m</sub>	1.5057	n <sub>m</sub>	0.2373		
	ΔR	0.7666				
Relaminado a frio G4 e=0.58 mm Rz=1.0 μm	R <sub>0</sub>	2.1267	n <sub>0</sub>	0.1759	IE sem lub	9.2
	R <sub>45</sub>	1.3451	n <sub>45</sub>	0.1743	IE com lub	9.26
	R <sub>90</sub>	1.9553	n <sub>90</sub>	0.1922		
	R <sub>m</sub>	1.6931	n <sub>m</sub>	0.1792		
	ΔR	0.6959				
Relaminado a frio G4 e=1.56 mm Rz=0.98 μm	R <sub>0</sub>	X	n <sub>0</sub>	X	IE sem lub	10.99
	R <sub>45</sub>	X	n <sub>45</sub>	X	IE com lub	10.96
	R <sub>90</sub>	X	n <sub>90</sub>	X		
	R <sub>m</sub>	X	n <sub>m</sub>	X		
	ΔR	X				
Relaminado a frio G2 e=0.82 mm Rz=1.2 μm	R <sub>0</sub>	1.6171	n <sub>0</sub>	0.1746	IE sem lub	9.75
	R <sub>45</sub>	1.083	n <sub>45</sub>	0.166	IE com lub	9.8
	R <sub>90</sub>	1.7615	n <sub>90</sub>	0.1764		
	R <sub>m</sub>	1.3861	n <sub>m</sub>	0.1708		
	ΔR	0.6063				
Laminado EEP PC e=0.57 mm Rz=4.5 μm	R <sub>0</sub>	1.581	n <sub>0</sub>	0.237	IE sem lub	10.75
	R <sub>45</sub>	1.724	n <sub>45</sub>	0.235	IE com lub	10.68
	R <sub>90</sub>	2.252	n <sub>90</sub>	0.235		
	R <sub>m</sub>	1.820	n <sub>m</sub>	0.2355		
	ΔR	0.1925				

## 6. CONCLUSÃO

Conclui-se ao final deste trabalho que a rugosidade superficial dos aços laminados a frio EM ( $R_z = 6,5 \mu\text{m}$ ) tem influência direta na estampabilidade do material para espessuras inferiores a 1.5 mm, onde se nota uma maior profundidade de embutimento atingido nos ensaios com lubrificante. Já para o aço relaminado G4 que apresentou uma rugosidade de  $1,0 \mu\text{m}$  o lubrificante não apresentou efeito considerável para a melhora da estampabilidade do material. Desta forma pode-se dizer que, conforme o acabamento superficial do material (maior ou menor rugosidade), a lubrificação tem uma maior influência na estampabilidade quanto menor for sua espessura.

Espera-se ainda realizar outros ensaios, com uma variedade maior de espessuras de chapas para os materiais EM e G4, além da realização de testes em aços laminados a quente, visando precisar melhor os resultados.

Na avaliação comparativa dos testes de Erichsen e de tração, concluímos que uma possível equivalência de resultados entre o índice de embutimento e o fator de anisotropia dos materiais não é segura. Acredita-se que o principal fator de imprecisão concentra-se nos ensaios Erichsen, onde a utilização de agentes lubrificantes que minimizam o efeito do atrito entre o punção e o material afetam os resultados, de forma que materiais como os aços EM (estampabilidade média) podem ser classificados como EP (estampabilidade profunda), ou seja, num grau de estampabilidade superior ao de sua especificação obtida pelo coeficiente de anisotropia ( $R_m$ ).

Uma melhor equivalência de resultados foi observada comparando-se o índice de embutimento e o coeficiente de encruamento dos aços, onde a minimização (por lubrificação) do atrito influencia os testes Erichsen aumentando o IE, o que favorece a correlação com os resultados do coeficiente de encruamento, que apontam melhores características de estiramento para o material.

## 7. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e Universidade Federal do Paraná pela bolsa PIBIC. Às empresas Magius, Styner Bienz e Brasmetal pelo fornecimento gratuito das chapas metálicas. Ao Laboratório de Materiais do DEMEC/UFPR pela utilização das facilidades laboratoriais.

## 8. REFERÊNCIAS

- Altan, T., Oh, S., Gegel, H. L., 1999, “Conformação de Metais: Fundamentos e Aplicações”, Publicação EESC-USP, São Carlos, SP, Brasil.
- ASTM E 517, “Standard Test Method for Plastic Strain Ratio  $r$  for Sheet Metal”.
- ASTM E 646 – 78, 1984, “Standard Test Method for Tensile Strain-Hardening Exponents ( $n$ -Values) of Metallic Sheet Metals”.
- ASTM E 8M, “Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials”.
- Borsoi, C. A., Hennig, R., Schaeffer, L., 2000, “Novo Teste Tecnológico no LdTM para a Melhor Determinação da Conformabilidade de Chapas Metálicas”, III Conferência Nacional de Conformação de Chapas, IV Conferência Internacional de Forjamento / Porto Alegre/RS, Brasil, pp.50-59.
- Lorentz, R., Gilapa, G. M., 1998, “Avaliação da Conformabilidade de Chapas de Aço Plano”, I Conferência Nacional de Conformação de Chapas / Porto Alegre/RS, Brasil, pp.141-150.
- NBR 5902, 1980, “Determinação do Índice de Embutimento em Chapas de Aço pelo Método Erichsen Modificado”.
- NBR 5915, 1984, “Chapas Finas a Frio de Aço Carbono para Estampagem”.
- NBR 6673, 1981, “Produtos Planos de Aço - Determinação das Propriedades Mecânicas ‘a Tração’”.

NBR 8164, 1983, “Folhas e Chapas de Aço de Baixo Carbono – Determinação da Anisotropia Plástica e do Expoente de Encruamento”.

Schaeffer, L., 1999, “Conformação Mecânica”, Ed. Imprensa Livre, Porto Alegre, RS, Brasil, 167 p.

Schuler, 1998, “Metal Forming Handbook”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

## **THE SURFACE CONDITION AND THICKNESS INFLUENCE OF THE SHEET METAL TO DETERMINATION OF FORMING RATE BY MECHANICAL TESTS**

**Abstract.** *For the Paraná State Automotive Industries the sheet metal are the principal raw material. This companies are seeking to know more about this materials forming characteristics in order to improve their quality production. In the present work, the thickness and surface condition influence of the sheet metals during the Erichsen test was studied. This test indicates the drawing ratio of each steel analyzed. The results of this tests was compared with the anisotropy factor ( $R$ ) and with the strain hardness coefficient ( $n$ ), obtained during the tensile tests, trying to find relations among this properties.*

**Keywords.** *Sheet Metals, Erichsen Test, Tensile Tests.*