

**Introdução:** Nos processos de estampagem a interação entre a superfície de contato do ferramental e do material que está sendo deformado representa um fator decisivo para a obtenção de uma peça.

**Objetivo:** Avaliação do comportamento de lubrificantes para o processo de estampagem de chapas de alumínio comercialmente puro (Al 1100) através do ensaio de dobramento sob tensão.

## Materiais e Métodos:

O sistema de avaliação do coeficiente de atrito: A máquina usada para medição de atrito, figura 1, foi projetada com objetivo de medir e avaliar o coeficiente de atrito em estampagem e é baseada no ensaio dobramento sob tensão. Para tal, existem dois cilindros hidráulicos que tem a função de fazer uma tira de chapa de alumínio (Al1100) de 1mm de espessura deslizar sobre um pino, figura 2.



Figura 1: Sistema de avaliação do coeficiente de atrito.



Figura 2: Detalhe do contato entre pino e chapa.

Dois tipos de ensaio são possíveis: um onde se deixa o pino pelo qual passa a chapa livre para girar, tendo como objetivo avaliar a força de dobra, e outro com o pino impedido de girar, de onde se retira além da força de dobra a força de atrito.

Para se chegar a um resultado de coeficiente de atrito foram usados 6 modelos que descrevem o atrito, que serão:

Polia	Polia sem força de dobra	Modelo de Wilson	Modelo de Andraesen	Modelo de Sniekers	Polia considerando a influência do raio do pino
$\mu = \frac{2}{\pi} \ln \frac{F_1}{F_2}$	$\mu = \frac{2}{\pi} \ln \frac{(F_1 - F_b)}{F_2}$ $F_b = F_1^* - F_2^*$	$\mu = \frac{\tau}{p} = \frac{2 \cdot (F_1 - F_2 - F_b)}{\theta \cdot (F_1 - F_2)}$	$\mu = \frac{\tau}{p} = \frac{4T}{\pi R (F_1 - F_2)}$	$\mu = \frac{T}{\sqrt{F_p^2 - F_{bp}^2 - \left(\frac{F_o D}{R}\right)^2}}$	$\mu = \frac{2}{\pi} \cdot \left(\frac{r + 0,5 \cdot t}{r}\right) \cdot \ln \left(\frac{F_1 - F_b}{F_2}\right)$

## Resultados:

Os dados obtidos pelos ensaios na máquina de avaliação de coeficiente de atrito foram os deslocamentos, as forças atuantes em cada lado da chapa e o torque no pino, para cada um dos 4 lubrificantes testados. As forças de atuação, gráfico 1, apresentaram uma oscilação muito grande e a diferença entre a média das forças geradas por cada lubrificante não foi significativa.

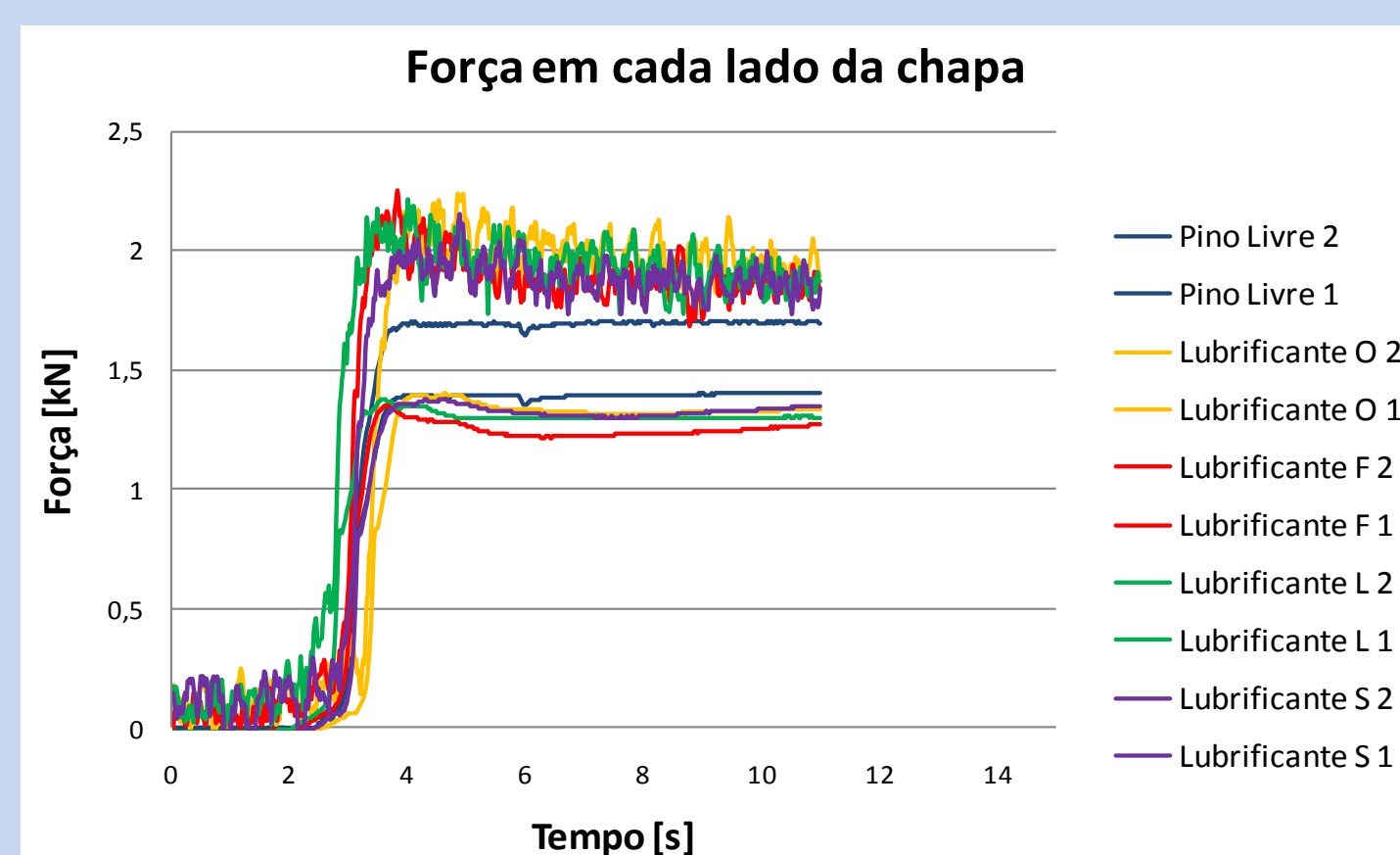


Gráfico 1: 1 para força de atuação e 2 para força de contra tensão.

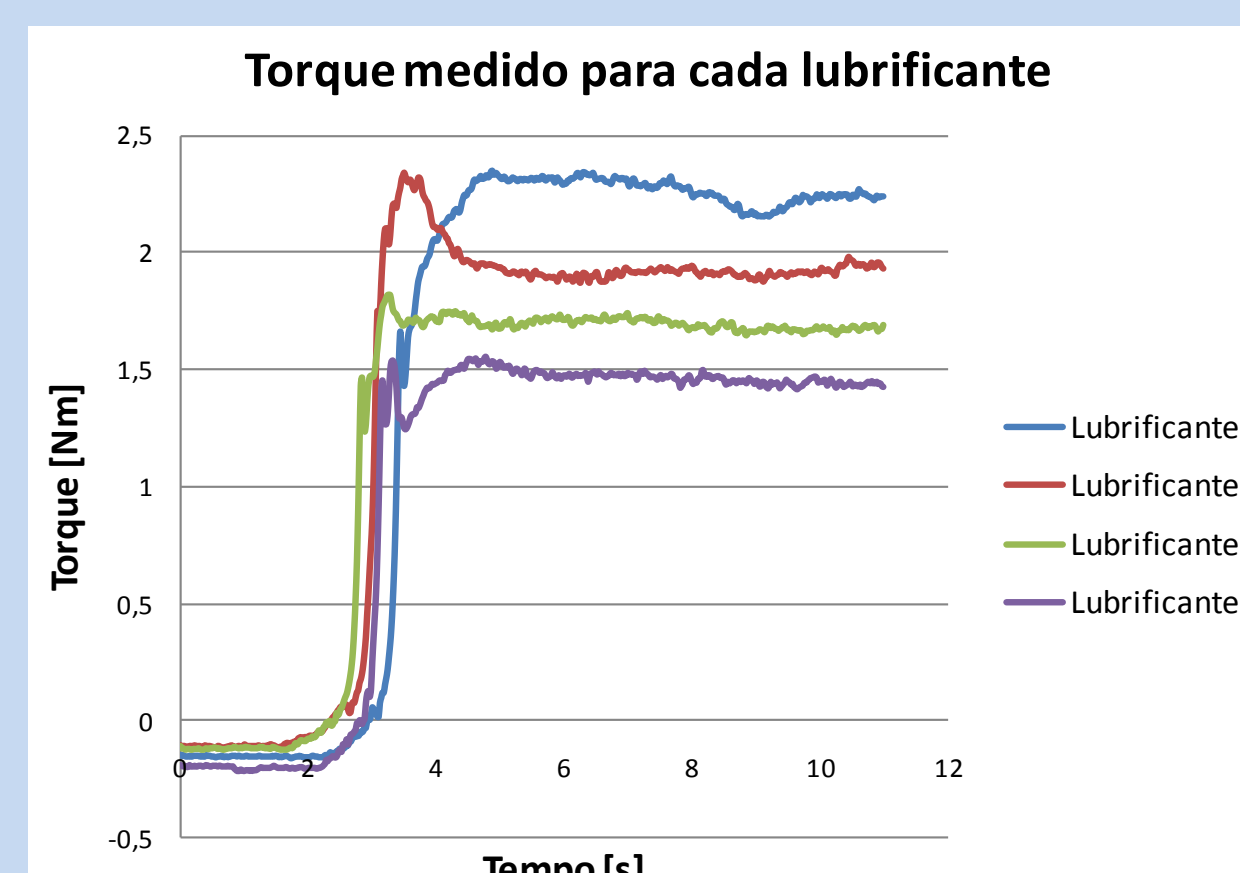
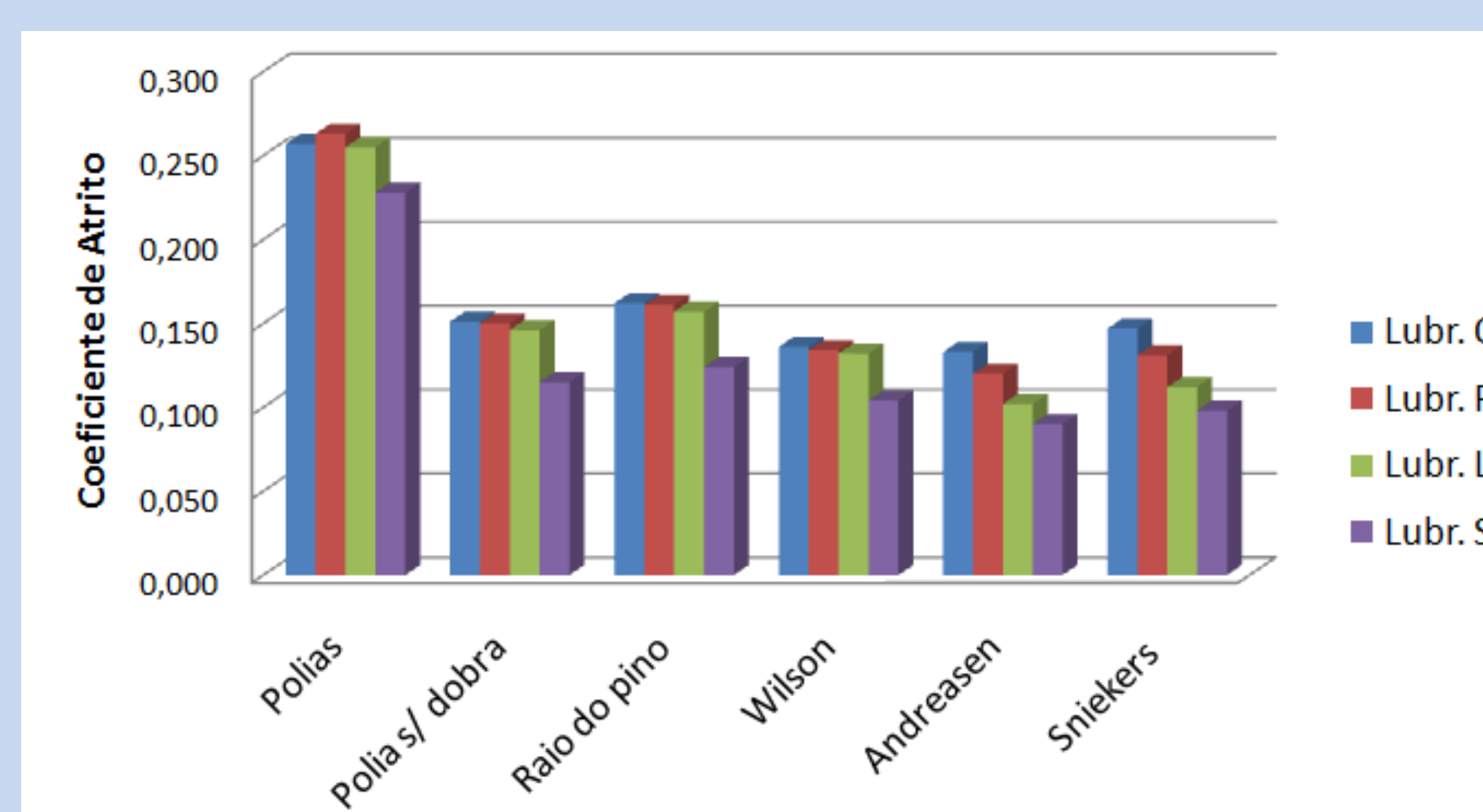


Gráfico 2: Torque medido no pino de contato com a chapa

Já para o torque, gráfico 2, houve uma nítida diferença para cada lubrificante usado e oscilações relativamente pequenas no perfil da curva.

A partir dos resultados acima, foi possível calcular os coeficientes de atrito para cada lubrificante utilizando os modelos de equações propostos. Os resultados são apresentados na tabela ao lado.



## Conclusão:

O sensor de torque juntamente com os modelos de Andraesen e Sniekers tornaram mais visíveis as atuações dos lubrificantes, gerando, por isso, resultados mais coerentes.