Processos de Preparação de Corpos de Prova para Ensaios de Tração em Chapas Finas de Aço



Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR

ISSN: 2316-2317

Fernando Henrique Carneiro[1]; Renan Andrade Moreira[1]; Roger Alan da Paixão[1]

[1] *Faculdade Educacional Araucária*

RESUMO

A constante evolução dos processos industrias resultou no surgimento de novos processos de usinagem que adotam novas tecnologias para o corte do aço, como é o caso dos sistemas por corte à plasma, laser ou jato d'água. Tendo em vista o extensivo uso de chapas de aço de baixa espessura pela indústria e a crescente exigência de eficiência e confiabilidade dos materiais empregados na confecção de bens, os ensaios de caracterização das propriedades mecânicas dos materiais são o meio mais prático de se avaliar e garantir estas exigências. O presente estudo teve como objetivo avaliar a adoção destes processos de usinagem para a obtenção de corpos de prova de chapas de aço de baixa espessura, confrontando seus resultados com os obtidos através do processo convencional de usinagem. Em geral os processos de preparação de corpos de prova por usinagem convencional são laboriosos e induzem sobre o material processado efeitos indesejados, acarretando significativa interferência nos resultados dos ensaios de tração, ou até mesmo no desempenho de bens produzidos a partir de tais processos. Diante de tais prerrogativas, comparações entre as principais propriedades à tração do aço foram confrontadas, e demonstra-se pelos resultados obtidos, a viabilidade técnica de adoção dos processos de corte à laser e Jato d'água para a confecção de corpos de prova de chapas de aço de baixa espessura.

Palavras chave: Ensaio de tração, preparação de corpos de prova, usinagem.

ABSTRACT

The constantly evolution in the industrial processes has resulted the rising of new machining processes that add new technologies to steel machining, as plasma cutting, laser cutting and waterjet cutting. Taking as base the highly usage of thin steel sheets to produce goods in the industry and the needs of efficiency and liability gains in the materials used in goods production, testing materials are the most common and practical way to check and guarantee these needs through the measuring of their mechanical properties. This study had as subject evaluate the adoption of these machining processes in the thin steel sheet specimens preparation, collating results from tensile tests in specimens prepared by conventional machining. In general conventional machining processes are laborious and conduct undesirable effects over the processed material, resulting significant interference in testing results to measure its mechanical properties, or even in the performance of components produced throughout these processes. Facing such prerogatives comparison among the mainly tensile properties of steel were confronted and demonstrated through the results the feasibility to adopt laser and waterjet cutting processes as possible ways to thin steel sheet specimen preparation.

Key Words: Tensile Test, Specimen preparation, machining.

1. INTRODUÇÃO

A grande competitividade do mercado e a desenfreada busca de menores custos produtivos sem perdas de qualidade eleva a necessidade de melhor aproveitamento dos recursos utilizados na indústria. Uma maneira das empresas se enquadrarem dentro deste aspecto competitivo é controlar a qualidade e características dos materiais através dos quais são produzidos seus produtos. Os ensaios de tração são usualmente aplicados para determinar estas características mecânicas na grande maioria dos materiais empregados na indústria.

Tendo em vista o extenso uso do aço na indústria em suas mais diversas áreas, em especial o uso de chapas de aço, o presente trabalho tem o intuito de estabelecer uma comparação da influência dos processos de confecção de corpos de prova de chapas de aço de baixa espessura através de ensaios de resistência à tração, a fim de identificar dentre os métodos disponíveis de corte de chapas de aço, quais são os atuais processos tecnicamente viáveis para confecção de corpos de prova, tendo em conta a reprodutibilidade dos valores de resistência mecânica obtidos através dos ensaios de tração.

Para os ensaios de tração em chapas de aço o ponto de partida é a confecção de corpos de prova padronizados que permitem a comparação das propriedades mecânicas do material com as propriedades consideradas em projeto, ou ainda o controle da qualidade dos produtos da linha de produção. Usualmente os corpos de prova são obtidos por processos de usinagem convencional (torneamento, fresamento), e isto ocorre por diversos fatores, dentre os quais destaca-se a grande disponibilidade de maquinário do tipo na indústria, o que em geral possibilita a preparação das amostras na própria empresa que pretende-se testar os materiais, e também o fato de que boa parte dos materiais testados adotam corpos de prova de formato cilíndrico que podem ser facilmente e precisamente obtidos em um torno mecânico, porém para determinados materiais em especial as chapas metálicas de baixa espessura, a usinagem convencional pode acarretar alterações indesejadas sobre o material, levando então a proposição e adoção de outros processos mais modernos e mais adequados ao corte das chapas metálicas de baixa espessura e que ao mesmo tempo tragam resultados satisfatórios, os quais podem conduzir a menores tempos de preparação.

Assim sendo propõe-se a avaliação dos processos de corte a laser e jato d'água para a obtenção de corpos de prova de aço de baixa espessura. Avaliando tais processos através da comparação de valores de propriedades mecânicas obtidas com corpos de prova preparados pelos processos de usinagem convencional.

2. DESENVOLVIMENTO

Dentre os ensaios destrutivos o ensaio de tração é o mais aplicado e importante dos ensaios, por ser ele um ensaio de fácil e rápida execução com ótima reprodutibilidade de resultados. Por ensaios destrutivos entenda-se ensaios que inutilizam a amostra após a finalização do teste, ou que de alguma forma alteram as propriedades físicas deste material durante o ensaio, exemplos: tração, compressão, flexão, fadiga, cisalhamento, torção, etc... Os resultados dos ensaios de tração representam as características mecânicas do material testado, as quais tem grande importância para projetos, especificações e para a manufatura de bens. (GARCIA, SPIM, SANTOS, 2010 p.5-7)

Os ensaios destrutivos em sua grande maioria utilizam-se de corpos de prova, retirados da peça ou matéria-prima que pretende-se caracterizar, sendo os corpos de prova a maneira mais adequada para determinação das propriedades mecânicas à tração nos metais. As dimensões e formato destes corpos de prova são padronizados pelas normas de ensaio, a fim de que seja possível a comparação e reprodução de seus resultados. (SOUZA, 1982 p. 6-12)

O ensaio de tração convencional consiste em tensionar um corpo de prova, normalmente até a sua ruptura/fratura, para que de tal forma possam ser determinadas uma ou mais propriedades mecânicas do material. Dentre as propriedades mecânicas obtidas através dos ensaios de tração, pode-se citar os valores de tensão no limite de resistência à tração e de tensão no limite de escoamento como duas das mais importantes características analisadas nos metais, que serão utilizadas como base comparativa no presente estudo. (NBR 6892, 2013 p.8)

O valor de Tensão σ corresponde a relação da carga F por área ou seção transversal inicial S_0, aplicada sobre corpo de prova durante o ensaio, em qualquer momento deste, relação demonstrada através da EQUAÇÃO 1. O valor de área adotado para o cálculo de tensão corresponde ao valor da seção transversal original S_0 do corpo de prova em sua região normalizada, isto ocorre pois há uma dificuldade de se medir a redução de área durante o ensaio. O ensaio que se utiliza deste método para cálculo de tensão, chama-se ensaio de tração convencional e fora o modelo adotado para as análises relativas a valores de tensão. (NBR 6892, 2013 p.5)

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \qquad (1)$$

Em consulta a normativa NBR 6892, (2013 p.5), para as propriedades acima citadas, encontra-se as denominações **Resistência à tração**, que faz referência ao valor de Tensão no máximo esforço suportado pelo corpo de prova até sua ruptura e **Resistência ao Escoamento** que se refere ao valor de Tensão na transição de regime elástico para plástico, estes serão os termos adotados na apresentação do estudo.

O resultado do ensaio de tração consiste na caracterização de uma curva, denominada **Diagrama Tensão – Deformação** (FIGURA 2), sua obtenção é dada durante a aplicação do esforço de tração sobre o corpo de prova no ensaio, através do registro de pares ordenados referentes aos valores de Tensão e Deformação, estes valores são registrados e plotados em uma escala gráfica, respectivamente aos eixos das ordenadas e abcissas. Através da análise desta curva é que os valores de resistência à tração e tensão de escoamento serão determinados. (HIBBELER, 2010 p.58)

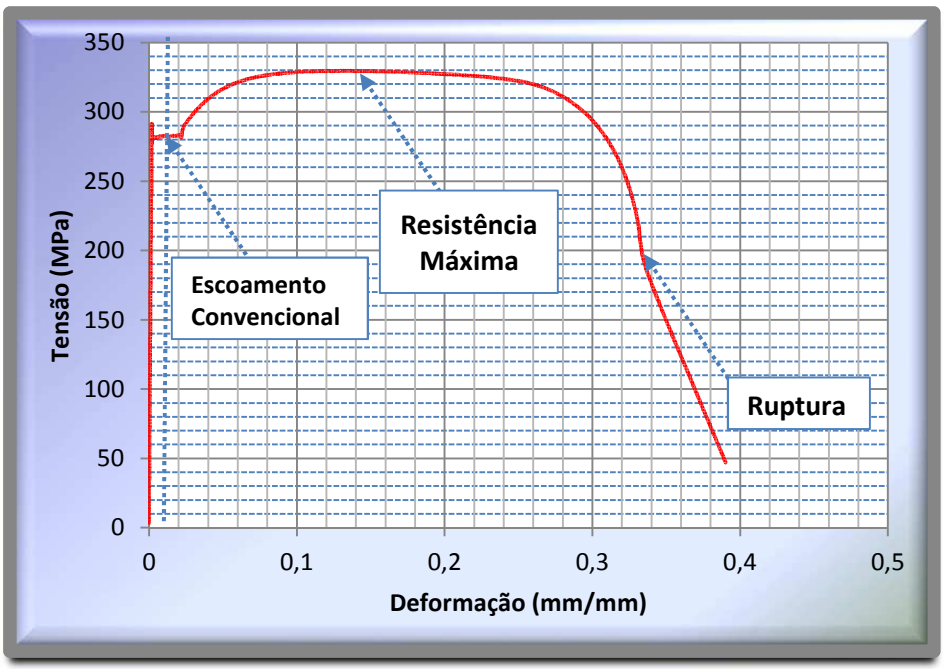

FIGURA 2: DIAGRAMA TENSÃO - DEFORMAÇÂO
FONTE: OS AUTORES, 2014

Segundo Dieter, (1981 p.284) “O limite de escoamento é a tensão necessária para produzir uma pequena quantidade específica de deformação plástica.” Este fenômeno é claramente observado em aços doces, ou aços de baixo teor de carbono, porém para alguns metais tal característica não é claramente identificada na curva tensão-deformação, e portanto, há a necessidade de se adotar um procedimento para estimar este valor, tal procedimento consiste na adoção de um limiar que toma como

base a inclinação da reta característica do módulo de elasticidade. Este limiar (*offset*) é por sua vez convencionado internacionalmente e o mais usual é a adoção de um valor de 0,002 ou 0,2% de alongamento após o limite de proporcionalidade. Este limiar representa o momento em que o corpo de prova sofre uma deformação permanente de 0,2%. Ao ponto do diagrama Tensão – Deformação que visualiza-se este limiar convencionado, dá-se o nome Escoamento Convencional.

Neste ponto é calculado a tensão de escoamento, usualmente adotada como o Limite de resistência nos metais, principalmente para projetos em que deseja-se que o material não apresente deformação plástica, sendo portanto a principal propriedade em projetos de estruturas metálicas que trabalharão com cargas estáticas e que não é desejável elevada deformação ou em que não deva ser gerada nenhuma deformação plástica. (SOUZA, 1982)

O cálculo de Resistência à Tração por sua vez representa a máxima tensão de tensionamento *(Ultimate Tensile Strength – UTS)* suportada pelo corpo de prova, seu cálculo é dado pela razão da Carga (dada em Newton) por área (dada em mm^2) e expresso em Mega Pascal (MPa), embora usualmente não tenha grande relevância é sempre especificado com as outras propriedades mecânicas em metais e ligas, no entanto seu valor para materiais frágeis (com pouquíssima ou sem deformações plásticas) ainda é bastante útil vez que o escoamento é difícil de ser determinado para tais materiais e muitas vezes é a Resistência à Tração tomada como referência de resistência em projetos ou controle de qualidade de materiais. (SOUZA, 1982 p.35)

As normas referentes aos métodos de ensaios e especificação de materiais são as referências mais adotadas para a realização dos ensaios mecânicos. As normas de ensaios descrevem todos os parâmetros necessários para a realização do teste, desde a obtenção do corpo de prova (formato, dimensões, processos, etc...) até a obtenção e apresentação dos resultados. Desse modo, seguindo-se os requisitos de uma norma os resultados obtidos para um mesmo material são semelhantes e reprodutíveis onde quer que o ensaio seja executado. (SOUZA, 1982 p.3)

Portanto, para o estudo realizado tomou-se como base a normativa brasileira para os ensaios de tração em chapas finas de aço (NBR 6892, 2013 – Materiais metálicos – Determinação das propriedades mecânicas à tração). A respectiva norma também referencia para a preparação de corpos de prova a norma ISO/R 377, 2013 – *Selection and preparation of samples and test pieces for wrought steel* (Seleção e preparação de amostras e corpos de prova metálicos).

A norma brasileira NBR 6892, (2013 p.42) afirma que “os corpos-de-prova são preparados de modo a não afetar as propriedades da amostra. Quaisquer pontos que tenham sido encruados por corte ou prensagem deverão ser removidos por usinagem”, sendo este um dos pontos de análise a ser considerado na avaliação dos processos válidos para a obtenção de corpos de prova.

Os processos de corte e usinagem para a preparação dos corpos de prova devem ser realizados tomando-se as devidas precauções para evitar aquecimento e endurecimento superficiais do material, bem como mudanças de suas propriedades mecânicas. Após a usinagem, qualquer marca deixada pela ferramenta que possa interferir nos resultados do ensaio deve ser removida por limagem ou polimento, prevendo que o método de acabamento escolhido mantenha as dimensões e formato do corpo de prova com as tolerâncias especificadas em norma para o respectivo ensaio. (ISO 377, 2013 p.04)

Ainda segundo a norma NBR 6892, (2013 p.42 – Anexo B), no que é pertinente ao ensaio em corpos de prova planos de baixa espessura, tem-se algumas limitações quanto a precisão de corte do corpo de prova que devem obedecer valores restritos.

Tendo como objetivo definir o método mais viável de obtenção de corpo de provas para chapas de aço de baixa espessura, os processos que não atendem as tolerâncias de largura ou forma estabelecidas em norma são considerados inadequados.

No que refere-se a confecção de corpos de prova metálicos a usinagem é o processo geralmente adotado, o principal limitante dos processos de usinagem está relacionado a dificuldade de desbaste de peças planas de baixa espessura, que demandam a adoção de um processo laborioso que consiste primeiramente no corte de tiras de dimensões superiores a largura do corpo de prova, para posteriormente serem sobrepostas formando um feixe que recebe camadas intermediárias de papel resistente à óleo de corte para finalmente ser fresado, desta maneira é possível a preparação de uma quantidade maior de amostras ao mesmo tempo e uma minimização das alterações nas propriedades do material, originadas pelo aquecimento ou deformação geradas pelo esforço durante o contato da ferramenta com o material processado. Todavia é considerável o tempo demandado pelo processo acima descrito e a dependência de intervenção humana neste. Sendo assim no presente estudo levantou-se a hipótese de adoção de outros processos mais modernos e mais eficientes para a obtenção de corpos de prova de chapas finas, como é o caso do corte por laser ou jato d’água. (NBR 6892, 2013 p.42)

Para peças que demandam níveis elevados de acabamento de corte, o processo de corte por laser é um dos métodos mais recomendados. O corte por laser possui um elevado nível de precisão referente ao ângulo da borda, representado pelos níveis 1 ou 2 de acordo com a norma ISO 9513, (2012). Outras características relevantes são a baixa zona termicamente afetada e a capacidade que o processo tem de reduzir perdas por descartes, condição que racionaliza a produção e aumenta o aproveitamento da matéria prima. (MORAIS; BORGES, 2010 p.57)

O processo de corte de metais por jato de água é um dos processos que mais crescem em termos de aplicação atualmente na indústria a nível mundial. Trata-se de um processo que realiza o corte por erosão que tem a característica de não criar Zonas termicamente Afetadas (*HAZ – Heating Affected Zone*) o que é essencial para determinadas aplicações, sendo muito comum a sua aplicação em materiais compósitos. (ION, 2005)

Os cortes por jato d'água e laser são competitivos no corte de peças com espessuras inferiores a 6 mm, na qual um jato estreito é necessário, todavia em função dos abrasivos adicionados o corte por jato d'água usualmente confere maior rugosidade na face cortada. Outras razões que tornam o corte por jato de água um processo interessante é a precisão do corte que elimina a necessidade de adoção de outros processos após o corte. Em contrapartida é um processo que ainda apresenta custos elevados se comparado aos demais processos apresentados, mas que devido sua grande versatilidade e aplicação somados a exigência industrial por redução de custos, vem apresentando custos menores. (SUMMERS, 1995 p.189)

A metodologia baseou-se na norma brasileira para os ensaios de tração em materiais metálicos à temperatura ambiente, NBR 6892, 2013, em sua grande maioria referenciando-se ao Anexo B que trata especificamente dos ensaios de tração em chapas de aço com espessura entre 0,1 e 3,0 mm.

Segundo a norma NBR 6892, (2013 p. 8), o ensaio de tração deve ser realizado à temperatura ambiente, com temperaturas entre 10ºC e 35ºC, e para o caso de laboratórios climatizados dever-se-á realizar com uma temperatura entre 18ºC e 28ºC.

O ensaio foi realizado com o auxílio de uma máquina de ensaios, marca EMIC, modelo DL-2000, capacidade de 2000 kgf (FIGURA 4), calibrada conforme a norma ABNT NBR NM ISO 7500-1 (2004) e classificada como classe 1 (erro de exatidão inferior a 1%), este equipamento encontra-se disponível no Laboratório de Engenharia Civil da Faculdade Educacional Araucária. Para a tomada de dimensões dos corpos de prova foram adotados um paquímetro digital para os valores de largura e um micrômetro com

ponteira abaolada para leituras de espessura. (FIGURA 4). Para uma maior precisão na medição dos valores de deformação foi também adotado um extensômetro eletrônico, tipo clip-on, com resolução de 0,001 mm, que atendem aos requisitos de precisão da norma ISO 9513, (2012), como classe 1. (Erro de exatidão inferior a 1%).



FIGURA 4 – MÁQUINA DE ENSAIOS, MICRÔMETRO E PAQUÍMETRO
FONTE: OS AUTORES, 2014

Fora adotado como método de controle de velocidade da máquina de ensaios o método A, que referencia a velocidade de ensaio no controle direto da taxa de deformação, metodologia mais atual e adotada a partir de 2013 no Brasil, mas já incorporada desde 2011 na respectiva norma ISO 6892, 2013. Este método é o meio mais moderno para controle de ensaio vez que compensa as eventuais perdas de velocidade de carregamento oriundas de falta de rigidez da estrutura do equipamento, e confere maior reprodutibilidade de resultados. (NBR 6892, 2013)

Uma chapa de aço SAE1020 com espessura de 2,65 mm foi utilizada para a confecção dos corpos de prova, os quais foram obtidos desta mesma chapa através de cortes unidirecionais no sentido de laminação da chapa. Os corpos de prova seguiram o dimensional e tolerâncias, demonstrados na FIGURA 5, que toma base o padrão adotado para corpos-de-prova de aço plano com espessuras entre 0,1 e 3,0 mm de acordo com o anexo B da norma NBR 6892, 2013.

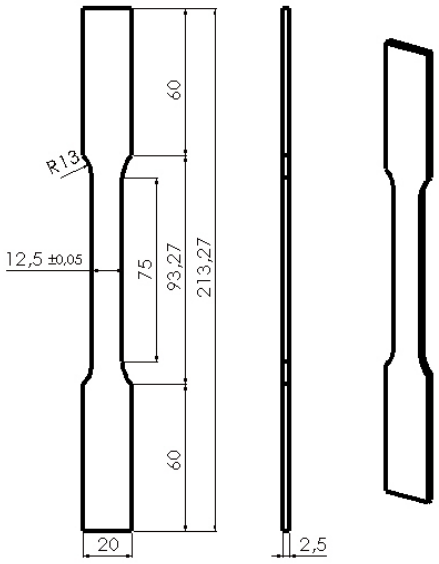

FIGURA 5: – DIMENSIONAL DO CORPO DE PROVA
FONTE: OS AUTORES, 2014

Quando da realização de ensaios um dado importante para que se obtenha resultados confiáveis é a definição de um tamanho amostra adequado à pesquisa. Vez que a adoção de uma amostra demasiadamente grande traria grande desperdício de tempo e dinheiro ao passo que uma amostra muito pequena não traria resultados suficientemente confiáveis. (TRIOLA, 1999 p.148)

Segundo Martins, (2010 p. 186) “Quando o número de elementos amostrais é muito grande e desconhecido, admite-se população infinita” e para o cálculo do tamanho amostra nestes casos toma-se como base a equação para estimar a média de uma população infinita, dado pela EQUAÇÃO 2.

$$\boldsymbol{n} = \left(\frac{\boldsymbol{Z \cdot \sigma}}{\boldsymbol{d}}\right)^{\boldsymbol{2}} \qquad (2)$$

Baseando-se nos valores de Desvio padrão $\sigma = 9\ \mathrm{MPa}$ e Resistência ao Escoamento (290 MPa) informados pelo fornecedor da chapa de aço e arbitrando-se como aceitável um erro amostral $d = 2\ \%$ em relação ao Escoamento, estimou-se o tamanho amostral adequado para o experimento, aplicando a equação 2 apresentada o valor obtido foi de 9,2, ou um total de 10 corpos de prova para cada processo de corte adotado.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Primeiramente foram executados os ensaios nos corpos de prova obtidos pelo processo de fresamento, posteriormente os ensaios nos corpos de prova obtidos pelo processo de corte porte Jato de água e por fim os corpos de prova obtidos por corte a laser. As análises levaram em conta aspectos visuais, aspectos medidos pelo operador, bem como os aspectos medidos pelo próprio equipamento de ensaios. Além destes foram tomados valores de tempo de processamento a fim de comparar tecnicamente todos os processos.

Visualmente avaliaram-se basicamente os aspectos de rugosidade da borda cortada de cada corpo de prova, indícios de aquecimentos durante o processo de corte e também deformações mecânicas que afetem a planicidade dos corpos de prova, demonstrados na FIGURA 6.



FIGURA 6 – ACABAMENTO DAS BORDAS DOS CORPOS DE PROVA
FONTE: OS AUTORES, 2014

Para os aspectos de rugosidade todos os processos apresentaram bom acabamento de corte, sendo superior no processo por corte a laser, seguido pelo processo de corte por fresamento e em seguida por jato de água. É sabido que o processo por corte por jato de água em equipamentos modernos atinge qualidade de corte semelhante aos outros processos utilizados, o grupo atribuiu esta menor qualidade de corte, frente aos demais processos, ao equipamento que teve-se acesso para a preparação dos corpos de prova pelo processo de corte por jato de água.

Para os corpos de prova preparados pelo processo a laser é perceptível que gerou-se um maior aquecimento durante o processo de corte, vez que pode ser observada uma alteração da coloração do corpo de prova na borda cortada, todavia

percebe-se ser apenas uma região superficial, não alterando o aspecto da face original laminada. O processo de usinagem por sua vez percebe-se uma leve alteração de coloração também superficial, porém em proporções muito menores que a observada no processo de corte à laser, por fim para o processo por corte por jato de água simplesmente não há qualquer alteração de tonalidade, sendo perceptível a menor influencia deste processo tendo em conta o aquecimento do material durante o seu processo corte.

Relativo a deformações plásticas oriundas do processo de corte o único que apresentou este problema foi o processo de fresamento, devido ao atrito entre ferramenta e corpos de prova durante o processo de remoção de material, uma certa deformação na amostra foi observada afetando perceptivelmente sua planicidade, caracterizando nestes um formato abaolado das extremidades em relação ao centro. Este é um efeito indesejado que pode impactar em diferenças significantes nos resultados, em especial no de Resistência ao Escoamento que depende de uma caracterização fidedigna da região elástica do corpo de prova.

Relativo as medições manuais, cada corpo de prova fora demarcado em três pontos de sua área útil e enumerados a fim de criar um padrão para medição de largura da amostra, conforme recomendações da norma NBR 6892, 2013. Para estas medições fora observado que nos corpos de prova obtidos pelo processo de corte por jato de água, houve uma diferença nas dimensões recomendadas, sendo as medidas superiores as de norma, entretanto a variação anotada encontra-se dentro da faixa permitida de (0,1 mm), o grupo atribui esta alteração ao desajuste do equipamento utilizado para corte, mas que nitidamente pela variação estar dentro do range permitido por norma seria passível de se obter novos corpos de prova com a dimensão recomendada, apenas com o ajuste do equipamento. Para os demais processos os valores de largura apresentaram-se dentro da faixa recomendada por norma, ou seja, entre 12,45 mm e 12,55 mm.

Medições de espessura também foram tomadas com o auxílio de um micrômetro digital, porém devido ao baixíssimo desvio durante medições (não superior a 0,01 mm), que se enquadra dentro do erro admitido por norma (2%), adotou-se o valor nominal de 2,65 mm para todas as amostras.

A análise dos resultados obtidos através da máquina de ensaios considerou em separado os valores obtidos para a Resistência à Tração e Resistência ao Escoamento, que estão representados respectivamente nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 3 – COMPARATIVO PARA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

	Corte por Fresamento	Corte por Jato D'água	Corte por Laser
Nº CP	10	10	10
Média	367,2	363,5	371,9
Mediana	366,6	362,8	372,1
Desvio Padrão	3,102	4,173	2,004
Coeficiente de Variação (%)	0,84446	1,148	0,5388
Mínimo	364,1	355,6	368,9
Máximo	373,2	371,1	374,1
Amplitude	9,1	15,5	5,2

FONTE: OS AUTORES, 2014

Para os valores de Resistência máxima à Tração observou-se dentre os novos processos selecionados uma menor variação para os resultados obtidos pelo processo de corte a laser, todavia este mesmo processo caracterizou valores médios de resistência superiores ao processo tradicional (fresamento), condição que pode ser relacionada a um maior aquecimento que o laser gera sobre o material, ainda assim esta pequena alteração demonstra que o processo pode ser uma boa alternativa. Por sua vez o processo por jato d'água caracterizou uma variação um pouco maior nos valores de Resistência Máxima, ainda assim com coeficiente de variação significativamente baixo, os valores médios de resistência são suavemente menores, mas ainda dentro de uma variação que pode ser considerada aceitável e esta variação pode estar relacionada ao fato deste processo não criar zonas de aquecimento sobre o material, e por ser o processo que menos interfere termicamente nos materiais também pode ser considerado uma alternativa viável.

Os valores de Resistência ao Escoamento estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – COMPARATIVO PARA RESISTÊNCIA AO ESCOAMENTO.

	Corte por Fresamento	Corte por Jato D'água	Corte por Laser
Nº CP	10	10	10
Média	285,1	283,8	290,4
Mediana	281,8	280,2	290,9
Desvio Padrão	7,849	6,227	3,607
Coeficiente de Variação (%)	2,754	2,194	1,242
Mínimo	279,7	278,3	283,9
Máximo	304,4	294,7	294,8
Amplitude	24,7	16,4	10,9

FONTE: OS AUTORES, 2014

Para estes resultados no que refere-se a média de Resistência ao escoamento os corpos de prova seguiram uma mesma tendência dos resultados obtidos para Resistência à Tração, sendo observados valores maiores para o processo de corte a laser e menores para o processo de corte por Jato D'água, indícios de que as hipóteses referentes aos de efeitos térmicos podem estar afetando os resultados. No entanto há uma baixa variação frente aos valores obtidos pelo processo por fresamento, e por não haver uma análise aprofundada da área afetada termicamente pelos processos, é difícil afirmar que as diferenças observadas sejam apenas relacionadas aos efeitos térmicos, mesmo sendo uma hipótese plausível.

Para o Desvio Padrão e Coeficiente de Variação, os resultados também foram similares, porém as menores variações foram observadas nos novos processos, o que corrobora a hipótese de que tais processos se mostram mais adequados para a preparação de amostras de baixa espessura, a maior variação dos valores lidos para os corpos obtidos pelo processo de corte por fresamento pode ser justificado pela deformação gerada nos corpos de prova quando do processo de corte, vez que esta deformação é eliminada durante a tração podendo então interferir na inclinação da curva de ensaio e consequentemente caracterizando resultados menos reprodutivos para a resistência ao escoamento.

Relativo ao tempo de preparação dos corpos de prova considerou-se o tempo total gasto para a preparação de 10 Corpos de prova, sendo obtidos os tempos de preparação descritos na TABELA 5

TABELA 5 – TEMPOS DE CORTE DE CORPOS DE PROVA

Tempo de Preparação dos Corpos de Provas				
Processo	Tempo de Preparação (s)	Tempo de Corte Por peça(s)	Tempo Total Por Peça (s)	Tempo Total de 10 Peças (s)
Fresagem	2400	120	360	3600
Laser	1200	9	129	1290
Jato D'agua	1200	22	142	1420

FONTE OS AUTORES, 2014

Tendo em vista as prerrogativas já apresentadas, pode-se considerar que além da dificuldade de se obter os corpos de prova no processo de usinagem convencional o tempo para a produção também é significativamente superior, o que corrobora as hipóteses inicialmente levantadas.

3. CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados apresentados para os diferentes processos de obtenção de corpos de prova de aço de baixa espessura, pode-se concluir que os processos de corte à laser e corte por jato d'água apresentaram valores confiáveis de resistência à tração e resistência ao escoamento, caracterizando para alguns resultados até mesmo reprodutibilidade superior aos resultados encontrados nas amostras preparadas pelo processo convencional (fresamento), podendo tais processos serem considerados como processos válidos para preparação de corpos de prova de chapas de aço de baixa espessura.

É sabido que a aplicação dos processos de corte à laser e jato d'água vem crescendo dia a dia, e embora sejam processos com custos ainda superiores aos custos de usinagem convencional na maioria das aplicações, há uma tendência de redução dos custos destes processos, portanto a escolha do método mais apropriados dependerá de uma análise custo x benefício que o laboratório precisará definir, sabendo-se que os processos convencionais induzem efeitos indesejáveis e de que problemas de planicidade podem ser resolvidos com a adoção do corte à laser, e de que problemas de aquecimento podem ser resolvidos com a adoção do corte por jato d'água, deve-se avaliar o quanto tais efeitos custam à empresa e se o custo de adoção do novo processo é viável.

Tendo em conta que espera-se para amostras de espessura inferiores a adotada no estudo dificuldades e interferências ainda maiores na adoção do processo convencional de confecção de corpos de prova, sugere-se que o estudo seja ampliado avaliando a influência dos processos para obtenção em outras espessuras de corpos de prova. Sugere-se também que atrelados aos resultados dos ensaios mecânicos sejam realizadas análises metalográficas para avaliação da extensão dos efeitos de aquecimento sobre a estrutura metálica após o seu processamento, que atrelados aos resultados dos ensaios mecânicos trariam uma visão mais ampla das influencias dos processos sobre os resultados obtidos.

4. REFERÊNCIAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 6892 Materiais Metálicos – Ensaio de Tração à temperatura ambiente.** 2013.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM ISO 7500 Materiais Metálicos – Calibração de Máquinas de Ensaio Estático Uniaxial.** 2004.

DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica.** 2 Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois. 1981.

GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. Ensaio dos Materiais. 1 Ed. Rio de Janeiro: LTC. 2010.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais.** 7 Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2010.

ION, J. C. **Laser Processing of Engineering Materials.** Oxford UK: Elsevier Butterworth-Heinemann. 2005.

ISO: International Standard Organization. **ISO 9513:2012 Metallic Materials – Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing.** 2012.

ISO: International Standard Organization. **ISO 377:2013 Steel and Steel Products – Location and preparation of samples and test pieces for mechanical testing.** 2013.

MARTINS, G. A. **Estatística Geral e Aplicada.** 3 Ed. São Paulo: Atlas. 2010.

MORAIS W. A.; BORGES H. C. **Adequações Nas Práticas Dos Novos Processos De Corte e Dobra Para Otimizar o Desempenho De Aços Planos.** Tecnol. Metal. Mater. Miner. São Paulo. 2010. p. 54-60.

SOUZA, S. A. **Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos:** fundamentos teóricos e práticos. 5. Ed. São Paulo: Blucher. 1982.

SUMMERS, D. A. **Waterjetting Technology.** 1 Ed. London UK: E & FN Spon. 1995.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística.** 7 Ed. Rio de Janeiro: LTC. 1999.