



PROCEDIMENTO PARA CONFEÇÃO DE CORPOS DE PROVA PARA ENSAIOS DE TRAÇÃO A PARTIR DE TUBOS DE PVC

LEANDRO RODRIGUES DA SILVA SOUZA¹, MARCELO HENRIQUE STOPPA¹.

1. LaMOt, Regional Catalão, Universidade Federal de Goiás
Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1120 Catalão/GO
leandrorodrigues.s@gmail.com, mhstoppa@pq.cnpq.br

Recebido em: 28/10/2014 – Aprovado em: 05/11/2014 – Publicado em: 06/11/2014

RESUMO

O comportamento mecânico de um material possui grande importância para a identificação de riscos associados à sua deformação ou ruptura. Para a compreensão e determinação das propriedades dos materiais é necessária a confecção dos corpos de prova e posteriormente ensaio dos mesmos de modo a obter suas propriedades intrínsecas. A confecção dos corpos de prova segundo uma especificação prévia, muitas vezes pode ser trabalhosa em função do material a ser utilizado. Assim, é necessário o emprego de técnicas ou procedimentos que viabilizem a confecção dos corpos de prova. O presente trabalho apresenta uma proposta para confecção de corpos de prova para ensaio de tração de tubos de PVC segundo normas da American Society for Testing and Materials (ASTM).

PALAVRAS-CHAVE: Corpos de prova, ensaio de tração, PVC, Resistência dos Materiais

ABSTRACT

The mechanical behavior of a material has great importance for the identification of risks associated with its deformation or rupture. For the understanding and determination of material properties of the preparation specimens and subsequently testing them in order to obtain its intrinsic properties is required. The preparation of the specimens according to a previous specification, it can often be cumbersome depending on the material being used. Thus, the use of techniques or procedures that enable the preparation of specimens is necessary. This paper presents a proposal for preparation of specimens for tensile testing of PVC pipes in accordance with standards of the American Society for Testing and Materials (ASTM).

KEYWORDS: Resistance of materials, Specimens, Tensile Test, PVC.

INTRODUÇÃO

A mecânica dos corpos deformáveis, também conhecida como mecânica dos materiais ou mecânica dos sólidos é estudada pela resistência dos materiais, área que pesquisa a relação entre as cargas externas aplicadas a um corpo deformável e as forças internas que agem no interior de um dado corpo (HIBBELER, 2011).

O comportamento mecânico de cada material possui grande importância na identificação de riscos associados à deformação ou ruptura de um material. Diante disso, são necessárias a compreensão e a determinação das propriedades dos materiais (HIBBELER, 2011).

Neste processo de determinação das propriedades intrínsecas de um dado material, vários ensaios podem ser executados, como tração, flexão, cisalhamento, flambagem e dobramento. Todos estes são denominados tipos de ensaios destrutivos pois, mesmo que não inutilizem o material ensaiado, deixam algum sinal neste. Uma das propriedades muito importante para a análise mecânica de estruturas é o Módulo de Elasticidade, que é encontrado por meio de ensaios de tração. Para a execução de ensaios de tração é necessária a confecção de corpos de prova do material a ser analisado, onde é de fundamental importância a padronização dos corpos de prova para que o experimento seja passível de replicação e se possível seja construído de acordo com uma norma padrão que regimenta o ensaio.

Comumente, no contexto estrutural, os materiais mais utilizados são os que pertencem ao grupo dos metais e das madeiras. Contudo, numa vertente inovadora, procura-se investigar as possibilidades de utilização de materiais não metálicos e não madeira como componentes estruturais. Neste novo grupo, destaca-se os materiais plásticos, em particular o PVC (cloreto de polivinila).

A principal aplicação do PVC no mercado brasileiro historicamente e ainda nos dias atuais é na construção civil na forma de tubos e conexões, além, de utilizado na confecção de pisos, forros, janelas e também na indústria automobilística. Dentre os processos de transformação do PVC a extrusão possui a maior representatividade dentre as técnicas empregadas em sua transformação (RODOLFO JR & MEI, 2007).

O PVC é um polímero composto por macromoléculas de origem natural ou sintética obtidas por reações químicas de polimerização, que geram estruturas moleculares a partir da repetição de pequenas unidades, chamadas meros, que do grego a palavra polímeros significa poli = vários e meros = partes, desse modo, sendo que as características pertinentes às pequenas partes constituintes das macromoléculas determinam as propriedades mecânicas do material (RODOLFO JR., 2006).

É importante salientar que as características físicas do PVC que conferem propriedades relevantes ao material permitem classificá-lo como um polímero termoplástico, por permitir que o mesmo fique mole devido ao aumento de temperatura e ou pressão, assim, quando cessadas as solicitações, o material é solidificado novamente (RODOLFO JR., 2006) permitindo que o material seja conformado diversas vezes frente o aumento de temperatura e ou pressão. O PVC é um polímero considerado de baixo custo, quando comparado a outros polímeros projetados para finalidades específicas, tais como, suportar calor ou mesmo grandes esforços mecânicos.

Os tubos de PVC, especialmente, podem ser fabricados segundo um grande número de técnicas que conferem ou alteram diversas propriedades relacionadas ao PVC sendo a orientação molecular uma das técnicas que corroboram na obtenção de tubos com propriedades mecânicas peculiares, tais como, elevada resistência à tração e ao impacto, que pode ser maior que a dos tubos convencionais de PVC (MEDEIROS; WIEBECK, 2013).

Além de aspectos relacionados à fabricação, à composição química ou tecnologias empregadas na confecção dos polímeros como, por exemplo, influência do peso molecular, adição de estabilizantes, plastificantes, dentre outros, todos estes têm alguma influência na resistência mecânica.

Este estudo vem apresentar um procedimento para confecção de corpos de prova, a partir de tubos comerciais de PVC, a serem utilizados em ensaios de tração, com o intuito de obter o módulo de elasticidade deste material.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO PVC NA CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

As propriedades mecânicas dos polímeros são sensíveis à mudança de temperatura, especificamente os plásticos que se tornam maleáveis diante do aquecimento e são chamados termoplásticos. Dentre as mudanças observadas frente a uma taxa de aquecimento há: diminuição do módulo de elasticidade, redução da resistência à tração e melhora na ductilidade (CALLISTER JR., 2008).

O PVC possui características físicas que conferem propriedades relevantes ao material e permitem classificá-lo como um polímero termoplástico, por permitir que o mesmo fique mole devido ao aumento de temperatura e ou pressão, assim, quando cessadas as solicitações, o material é solidificado novamente (RODOLFO JR., 2006) permitindo que o material seja conformado diversas vezes frente o aumento de temperatura e ou pressão.

A variação de temperatura a que o PVC seja submetido pode incitar a degradação do material a qual modifica a sua estrutura molecular, resultando na diminuição da resistência mecânica dando início ao fenômeno denominado quebra de stress. Além disso, propriedades como força de ruptura, tração e alongamento estão fortemente correlacionadas à degradação (LODI; BUENO; VILAR, 2013). A degradação do PVC ocorre em temperaturas inferiores a 100°C e pode ter seu processo acelerado na faixa de temperaturas entre 140 – 220°C (RODOLFO JR.; MEI, 2007).

Além da exposição do PVC a temperaturas superiores a um dado limite, este também pode estar passível à degradação do material, fruto da radiação ultravioleta ou, ainda, à radiação gama, pode, alterar a sua estrutura molecular (MELO, 2004) o que pode ser observado pela mudança de coloração do material para amarelo ou marrom escuro, processo conhecido como desidrocloração (RODOLFO JR.; MEI, 2007).

Especialmente, o processo de transferência de calor para um corpo a partir de sua área de contato externa possibilita que o calor seja irradiado para o centro da amostra com dissipação da temperatura observada em sua área de contato externa, assim, à medida que se penetra no material seu módulo de elasticidade sofre variação (WASILKOSKI, 2006, p. 46) a Fig. 1 ilustra este cenário.

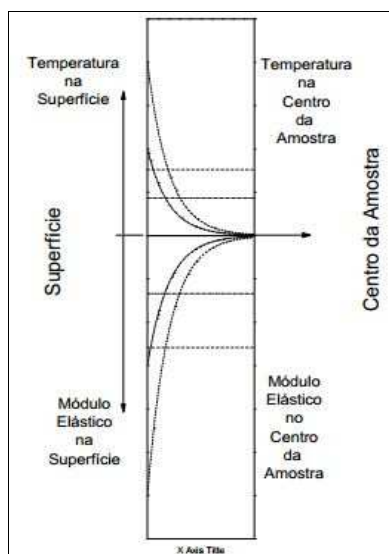


FIGURA 1. Transferência de calor em um corpo polimérico a partir de sua superfície. Fonte: (WASILKOSKI, 2006, p. 46)

Ao fornecer calor a um polímero ele atinge um estado chamado de temperatura de transição vítrea em que adquire uma estrutura molecular desordenada e não cristalina conhecida como sólido amorfo. Assim, ele muda para um estado borrachoso quando a temperatura chega a 87°C. Continuando o processo de aquecimento, o polímero atinge a fase de fusão, passando do estado sólido para o viscoso. A temperatura de fusão para o Cloreto de Polivinila é de 212°C (CALLISTER JR., 2008).

O conhecimento da temperatura de transição vítrea é um importante parâmetro na utilização de um polímero uma vez que, acima desta temperatura o material pode apresentar outro comportamento mecânico, tendo um comportamento mecânico irreversível quanto a suas propriedades.

Diante dos aspectos percorridos anteriormente principalmente os que estão relacionados à temperatura e pressão a que o PVC seja submetido requerem atenção, durante a confecção dos corpos de prova de modo que as propriedades mecânicas do material não sejam alteradas.

PROPOSTA PARA CONFEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

A confecção dos corpos de prova é proposta de acordo com a norma da ASTM (*American Society for Testing and Materials*) para o Ensaio de Tração e ASTM D638-10 (*Standard test method for tensile properties of plastics*), a qual discrimina as características para confecção dos corpos de prova, os quais devem ser confeccionados de acordo com forma exibida na Fig. 2, em desenho CAD com o Software Solid Works® com as dimensões finais desejadas para os corpos de prova.

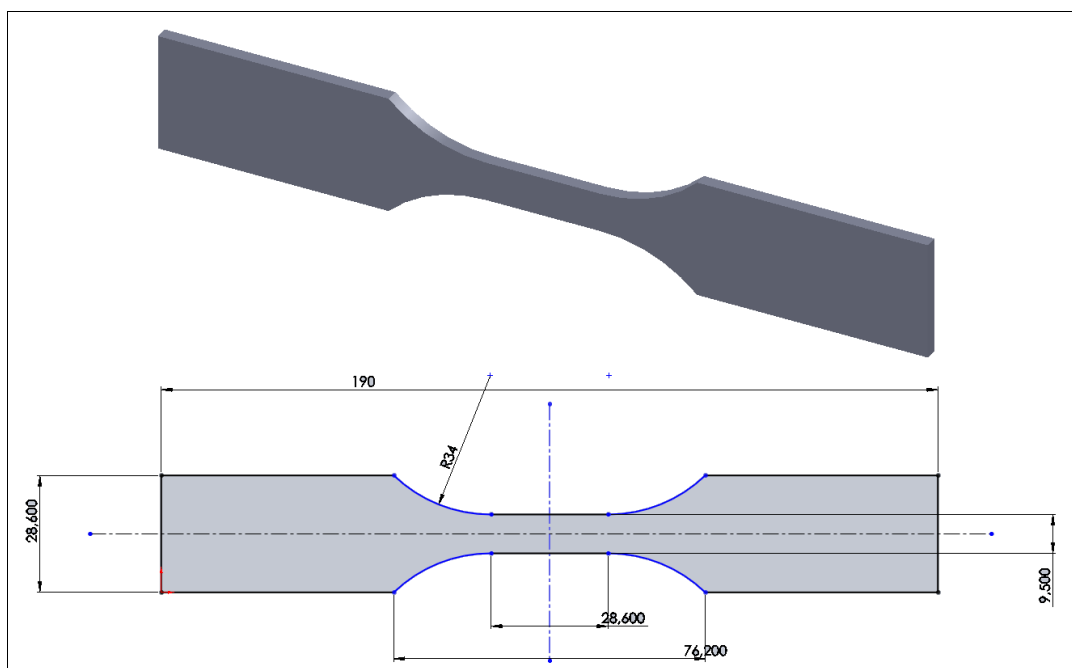


FIGURA 2 - Dimensões dos Corpos de Prova segundo Norma ASTM D638-10.

Inicialmente, os primeiros corpos de prova foram confeccionados de forma artesanal utilizando tubos de PVC de 50mm de diâmetro, fabricados segundo a NBR 5648, planificados sob ação de soprador térmico de 2000W (mod. STV2000N – Vonder®), o qual

forneceu calor superficial ao tubo de modo que o tubo fosse planificado. A partir do tubo planificado, foram geradas lâminas de PVC que posteriormente foram cortadas em uma guilhotina. De posse de formas retangulares, as lâminas de PVC foram sobrepostas presas por uma morsa de bancada para desbaste com o auxílio de um disco de lixa flap curvo 180x22mm.

No entanto, durante a tentativa de construção da geometria determinada pela norma ASTM D638-10, houve desalinhamento das lâminas durante o processo de desbaste, o que comprometeu a padronização dos corpos de prova, fato observado pelo aquecimento durante este processo e principalmente pela ausência de um dispositivo que permitisse prender adequadamente as lâminas sobrepostas. Além destes aspectos, devido aos ângulos específicos para a confecção dos corpos de prova, manualmente e sem a utilização de um aparato apropriado, dificilmente se consegue confeccionar os corpos de prova que mantenham forma simétrica padrão. Além disso, o aquecimento para planificar o tubo, produziu lâminas pouco planares, com saliências, fruto do aquecimento desigual sobre o tubo de PVC, fato que pode ser observado na Fig. 3 que apresenta os corpos de prova gerados segundo o procedimento previamente descrito.



FIGURA 3 – Falta de Simetria nos corpos de prova obtidos de forma manual.

De modo a contornar os problemas observados na Figura 3 os tubos de PVC deixaram de ser planificados com a ação do calor de modo a evitar a formação de saliências nas lâminas, as quais passaram a ser obtidas diretamente do tubo de PVC, no entanto, cortadas em serra de bancada e mantendo a curvatura original do tubo (Fig. 4).



FIGURA 4 – Lâminas geradas via serra de bancada a partir do tubo de PVC.

Para aplicar a geometria necessária às lâminas geradas em serra de bancada, foi confeccionado um gabarito empregado como matriz no processo de fabricação dos corpos de prova, para minimizar os problemas observados na confecção manual dos corpos de prova. O projeto do gabarito foi realizado no software SolidWorks® sendo projetado em duas partes, uma destinada a acomodar as lâminas a serem trabalhadas e outra que permite fixação destas. Contra a outra parte do gabarito e presas por parafusos, as duas partes da matriz impedem o desalinhamento e delimitam o ângulo simétrico a ser gerado nas diferentes faces dos corpos de prova. A Fig. 5 apresenta o projeto da matriz utilizada na confecção dos corpos de prova.

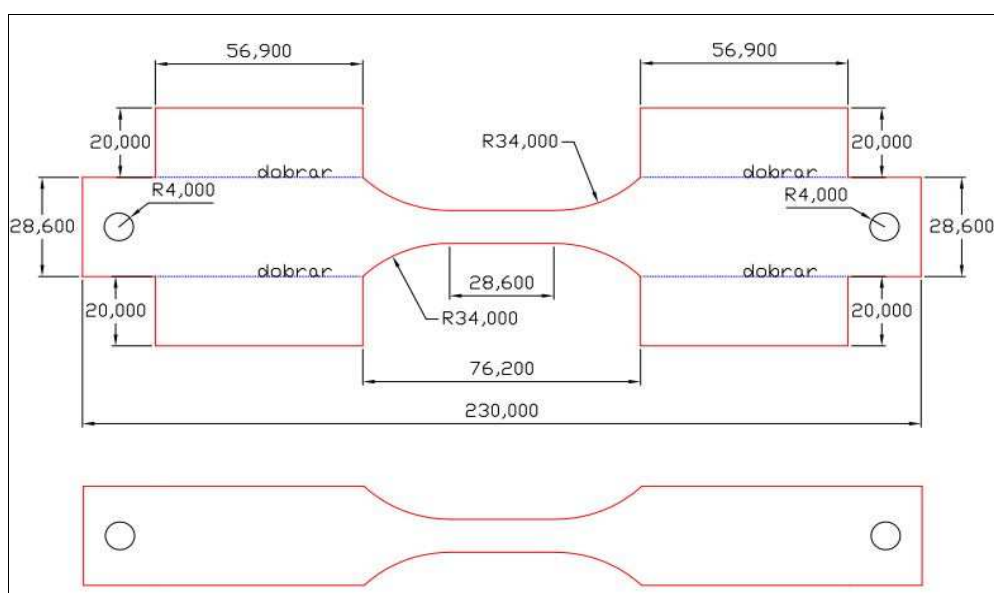


FIGURA 5 - Dimensões do gabarito utilizado para confecção dos corpos de prova.

O gabarito foi confeccionado em chapa de aço de 2 mm utilizando uma máquina de corte a plasma, de modo a conferir um acabamento aproximado das dimensões esperadas pelos corpos de prova, posterior ao corte é realizado o acabamento por liagem para refinamento das dimensões esperadas para os corpos de prova.

Com a utilização do gabarito as lâminas (Fig. 4) foram trabalhadas e foram obtidos os corpos de prova padronizados exibidos na Fig. 6.

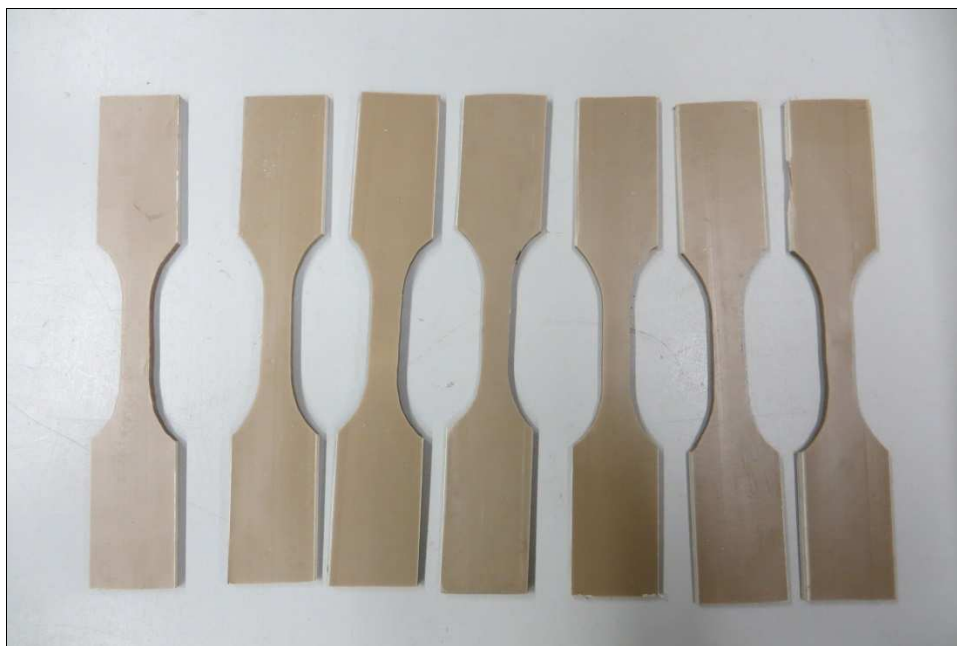


FIGURA 6 – Corpos de Prova confeccionados com utilização do gabarito.

A adoção do gabarito, além de conferir agilidade ao processo de confecção dos corpos de prova, colaborou para a obtenção de peças simétricas em relação aos ângulos de ambos os lados dos corpos de prova e não eram obtidos no processo antes da adoção do gabarito. A Tab. 1 apresenta a variação obtida nos corpos de prova segundo a seção retangular central dos corpos de prova e seu respectivo desvio médio, o desvio padrão é de 1,308 mm.

TABELA 1 – Valores da seção retangular central de corpo de prova com uso do gabarito

Corpo de Prova	Seção Retangular Central (mm)	Desvio Médio
1	21,900	2,043
2	24,300	0,942
3	21,600	2,991
4	25,500	4,711
5	24,300	0,942
6	24,600	1,614
7	24,600	1,614
8	24,000	0,450
9	21,300	4,119
10	24,300	0,942
11	24,000	0,450
12	21,300	4,119
13	22,500	0,688
14	24,000	0,450
15	22,200	1,276
16	24,000	0,450
17	22,200	1,276

CONCLUSÃO

A utilização de um processo padrão para a confecção de vários corpos de prova é de fundamental importância para a simetria e padronização dos corpos de prova. Além deste aspecto, a compreensão das características do material que será utilizado é de fundamental importância, para que o processo de confecção dos corpos de prova não comprometa as propriedades do material durante a confecção dos corpos de prova.

Corpos de prova simétricos e confeccionados de acordo com um método ou técnica podem colaborar para a convergência dos valores que serão obtidos durante os ensaios, devido à similaridade geométrica dos corpos de prova utilizados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro parcial de CAPES, FEMEC/UFU, FAPEMIG, PPGGO/UFMG/RC, FAPEG e CNPq.

REFERÊNCIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD ON MECHANICAL PROPERTIES **ASTM D638-10**: Standard test method for tensile properties of plastics. Pennsylvania, United States, 2010, 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 5648**: Tubos e conexões de PVC-U com junta soldável para sistemas prediais de água fria Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2006, 25 p.

CALLISTER JR., W. T. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. Editora LTC, Rio de Janeiro, 7ª Edição, 2008.

HIBBELER, R. C. **Resistencia dos materiais**. 7º. Ed. Editora Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2011.

MEDEIROS, F.A.; WIEBECK, H.. **PVC Orientado: avaliação de processo de orientação e das propriedades mecânicas em função da razão de estiramento**. **Polímeros**, São Carlos, v. 23, p. 636-643, 00 2013. ISSN: 0104-1428. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282013000500012&script=sci_arttext>.

MELO, N.S.. **Comportamento mecânico do policarbonato exposto à Radiação gama**. 2004. 150 f. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Uberlândia, 2004.

RODOLFO JR., A.; MEI, L.H.I. **Mecanismos de degradação e estabilização térmica do PVC** **copyrightrmica do PVC: a review**. **Polímeros**, v. 17, n.º 3, p. 263-275, set. 2007. ISSN: 0104-1428. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282007000300018&nrm=iso>.

RODOLFO JR., A.; NUNES, L.R.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. 2ª. ed. Editora. Braskem, São Paulo, 2006.

WASILKOSKI, C.M. **Comportamento mecânico dos materiais poliméricos**. 2006. 65 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.