

VERIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA A PRESSÃO HIDROSTÁTICA DE TUBOS COMERCIAIS RECICLADOS

Stuart C. Bueno da Silva¹ & Welitom Ttatom Pereira da Silva²

Resumo – O desenvolvimento de novos materiais, juntamente com a necessidade de adequadas condições sanitárias e de resistências das tubulações, torna necessário um estudo detalhado do material. A presente pesquisa teve como objetivo averiguar a resistência a pressão interna de curta duração a 20° C, preconizada na NTS 048 Sabesp (2014) e NBR 8415 (2007), em tubos de Polietileno de baixa densidade, produzidos em material reciclado, comercializados na cidade de Cuiabá-MT. As tubulações recicladas de PEBD não apeteem as solicitações de resistência à pressão hidrostática interna. Sofrendo rupturas dúcteis. Recomenda-se a ampliação deste estudo, voltada para outros fabricantes e diâmetros.

Palavras-Chave – tubos PEBD, ruptura de tubo, pressão interna.

VERIFICATION OF RESISTANCE TO HYDROSTATIC PRESSURE OF RECYCLED COMMERCIAL PIPES

Abstract – The development of new materials, together with the need for adequate sanitary conditions and resistance of the pipes, makes it necessary a detailed study of the material. The present research had as objective to investigate the resistance to internal pressure of short duration at 20° C, recommended in NTS 048 Sabesp (2014) and NBR 8415 (2007), in low density polyethylene tubes, produced in recycled material, commercialized in the city of Cuiabá-MT. The recycled LDPE pipes do not meet the demands of resistance to internal hydrostatic pressure. Suffering ductile ruptures. It is recommended to extend this study, to other manufacturers and diameters.

Keywords – LDPE pipes, recycled pipes, internal pressure.

¹Graduando do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso – DESA/UFMT, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 – Bairro Boa Esperança. Cuiabá – MT – 78060-900, e-mail: stuartbueno@gmail.com

² Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso – DESA/UFMT, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 – Bairro Boa Esperança. Cuiabá – MT – 78060-900, e-mail: welitom@cpd.ufmt.br

INTRODUÇÃO

A primeira produção comercial do polietileno foi em 1939 através da Imperial Chemical Industries Ltd. O produto obtido possuía excelentes propriedades de isolamento elétrica, sendo sua primeira aplicação no isolamento de cabos submersos (MUNARO, 2007). Posteriormente, houve uma rápida introdução deste material na construção civil (CANDIAN, 2007). Dependendo das condições reacionais e do sistema catalítico empregado na polimerização, no mínimo cinco tipos diferentes de polietileno podem ser produzidos (COUTINHO *et al.*, 2003): Polietileno de baixa densidade (PEBD); Polietileno de alta densidade (PEAD); Polietileno linear de baixa densidade (PELBD) e Polietileno de ultra-alto peso molecular (PEUAPM).

Os produtos fabricados com materiais reciclados, entre eles as tubulações de PE, são economicamente mais acessíveis, e, portanto, mais empregados em projetos hidráulicos. Todavia, as canalizações feitas a partir de material reciclado podem não ter o mesmo comportamento físico (hidráulico) e químico, como esperado nas tubulações feitas a partir de material genuíno. Pois, podem ter sofridos processos de degradação, e, ainda, contaminados durante o uso anterior (PENNAFORT *et al.*, 2013).

Os engenheiros, tomadores de decisão, nesses casos, são confrontados com uma série de questões a serem resolvidas e que estão fundamentados em informações a cerca das características das tubulações, que muitas vezes estão incorretas ou incompletas (SARZEDAS, 2009).

Sendo assim, as reproduções das condições de trabalho, as quais o material será solicitado quando em uso, faz-se necessário para que o mesmo seja aplicado de forma segura e apropriada nos projetos hidráulicos (GONÇALVES, 2012). Podendo desta forma, gradativamente ou completamente, comercializá-los em substituição dos materiais convencionais (BEDIN, 2014).

OBJETIVO

A presente pesquisa teve como objetivo averiguar a resistência a pressão interna de curta duração, em tubos reciclados, polietileno de baixa densidade (PEBD), comercializados como conduto de água fria na cidade de Cuiabá-MT.

MATERIAIS E MÉTODOS

O método fundamentou-se nas seguintes etapas: (1) revisão literária; (2) aplicação de questionários em comércios; (3) aquisição de amostras de tubos comerciais reciclados; (4) desenvolvimento de bancada experimental; (5) tratamento das amostras; (6) teste de verificação da resistência à pressão hidrostática interna; e, (7) análise dos resultados frente às exigências positivadas em normas pertinentes.

A revisão literária (livros, artigos, normas e sites) consistiu na consulta de informações conexas ao problema abordado. Adiante, houve a aplicação de um breve questionário em duas empresas comerciais, da cidade de Cuiabá-MT, especializadas em vendas de canalizações para obras hidráulicas, dentre elas, tubos reciclados de PEBD para ramais prediais (ligação predial).

Por seguinte, fez-se a aquisição dos tubos reciclados nas referidas empresas consultadas. Em seguida, houve a confecção da bancada de testes e preparação das amostras de acordo com a NTS 048 (2007) e a NBR 8415 (2007) (Figuras 1, 2 e 3). A bancada consisti em uma caixa retangular de aço (2m de comprimento, 0,4m de largura e 0,4m de altura), revestida de tinta esmalte branca,

dotadas com mecanismos de fixação das tubulações (placas de madeira e braçadeira de aço), tampas acrílicas móveis de 5 mm de espessura e trava retangular superior destinada a impedir a flexão lateral da caixa (Figura 3 (a)). Os corpos de prova após serem tratados, foram acondicionados, aclimatados (por 3 horas) e testados submersos em água a temperatura controlada de 20°C (Figura 3 (a)).

Tabela 1 – Dimensões do corpo de prova em mm.

DI ⁽¹⁾	DI ⁽²⁾	DE ⁽¹⁾	DE ⁽²⁾	e1 ⁽¹⁾	e1 ⁽²⁾	L1 ⁽¹⁾	L1 ⁽²⁾	L2 ⁽¹⁾	L2 ⁽²⁾	L3 ⁽¹⁾	L3 ⁽²⁾	L4 ⁽¹⁾	L4 ⁽²⁾	L5 ⁽¹⁾	L5 ⁽²⁾
15	14	18	18	1,5	2,0	352	352	304	304	18	18	256	256	24	24

⁽¹⁾ fabricante 1; ⁽²⁾ fabricante 2; DI (diâmetro interno); DE (diâmetro externo); e (espessura); L1 (comprimento total do corpo de prova); L2 (comprimento de ensaio); L3 (comprimento da zona de influência de fixação ou zona crítica); L4 (comprimento de avaliação) e L5 (comprimento de fixação).

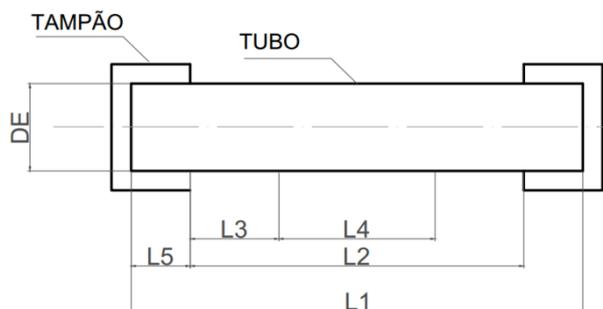
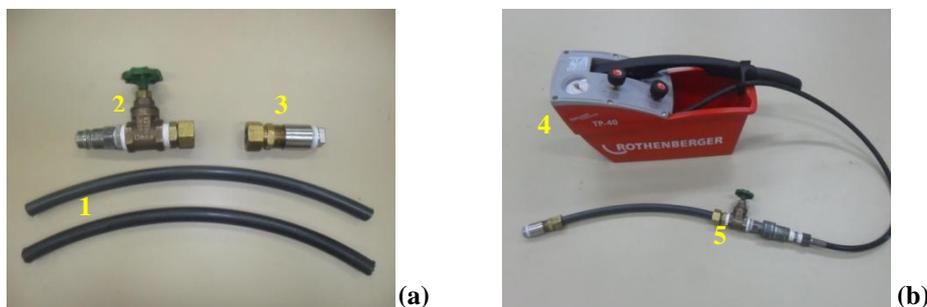


Figura 1 – Esquema das dimensões do corpo de prova.



(1) Tubulações recicladas de PEBD; (2) Engate rápido, registro de gaveta e conexão de compressão; (3) Conexão de compressão, luva rosçável e plug; (4) Bomba de comprovação; (5) Tomada de água.

Figura 2 – (a) Composição do corpo de prova (tampões e tubos); (b) Conexão entre o corpo de prova e a bomba de comprovação.

A determinação da pressão hidrostática a ser aplicada nas tubulações deu-se através da equação 1 (NTS 048/2014, pg. 9).

$$P = (2 \cdot \sigma \cdot e / DE - e) \quad (1)$$

Onde:

P = Pressão a ser aplicada (MPa)

σ = Tensão circunferencial do ensaio (MPa)

DE = diâmetro externo da tubulação (mm)

e = espessura da tubulação (mm)

Na Figura 3 vê-se a aplicação da pressão de ensaio calculada através da equação 1. Após a determinação da pressão de ensaio através da equação 1, com auxílio da bomba de comprovação, modelo TP40-S (pressão máxima 5 MPa), aplicou-se a carga nas tubulações (Figura 3 (b)).

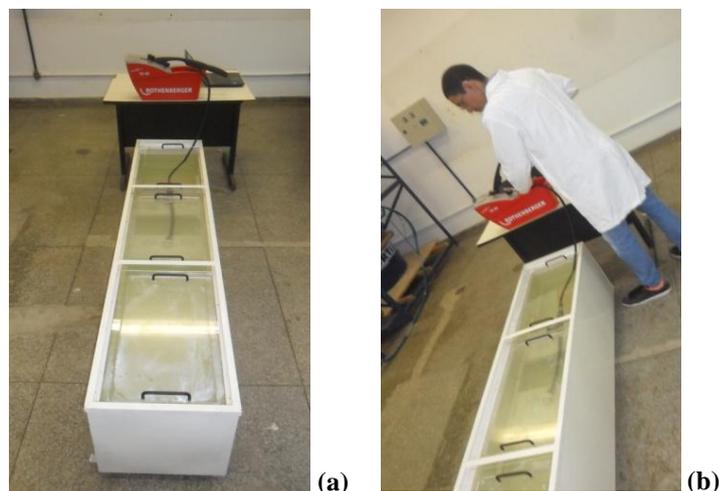


Figura 3 – (a) Bancada de teste de pressão hidrostática interna; (b) Ensaio de resistência à pressão hidrostática interna.

Estas pressões foram aplicadas sem haver golpes e em um período de até 5 minutos. A NBR 8415 (2007) prevê um período compreendido entre 30 s e 1 hora. Através de uma câmera filmadora, observou-se o tempo de resistência à pressão aplicada até a possível ruptura. Foram feitos testes em tubulações de dois fabricantes, cada qual representada por quatro corpos de prova. De acordo com a NTS 048 (2014), para que a tubulação testada seja aprovada, ela deve suportar a pressão de ensaio por um período mínimo de 100 horas. Caso houver rompimento da tubulação na zona crítica ($ZC = L3$), o ensaio deverá ser desconsiderado e refeito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes realizados nas tubulações recicladas de PEBD selecionadas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados Gerais dos Testes em Tubulações Comerciais Reciclados de PEBD.

Fab.	T	Mat.	DN (pol.)	DE (mm)	e	L2 (mm)	Te (°C)	Pr (h)	σ (MPa)	PHE (MPa)	PHR (MPa)	Tipo de Ruptura
F1	T1	PEBD	1/5"	18	1,5	304	20	0	9	1,64	1,60	Dúctil
	T2	PEBD	1/5"	18	1,5	304	20	0	9	1,64	1,55	Dúctil
	T3	PEBD	1/5"	18	1,5	304	20	0	9	1,64	1,60	Dúctil
	T4	PEBD	1/5"	18	1,5	304	20	0	9	1,64	1,50	Dúctil
F2	T1	PEBD	1/5"	18	22	304	20	0	9	2,25	1,80	Dúctil
	T2	PEBD	1/5"	18	2	304	20	0	9	2,25	1,85	Dúctil
	T3	PEBD	1/5"	18	2	304	20	0	9	2,25	1,75	Dúctil
	T4	PEBD	1/5"	18		304	20	0	9	1,64	1,80	Dúctil

Fab. (Fabricante); T (tubulação); Mat. (Material da tubulação); DN (Diâmetro Nominal); DE (Diâmetro Externo); e (espessura); L2 (comprimento de avaliação); Te (Temperatura de ensaio); Pr (Período até a ruptura); F1 (Fabricante 1); F2 (Fabricante 2); σ (Tensão Circunferencial de Ensaio); PHE (Pressão Hidrostática de Ensaio); PHR (Pressão Hidrostática de Ruptura).

Através dos resultados da aplicação dos questionários nos dois comércios de tubos, observou-se que os principais consumidores das tubulações recicladas de PEBD são “pessoas físicas” da zona rural e urbana. Sendo a maior quantidade solicitada para uso na zona rural. Supostamente o produto é utilizado para obras temporárias, reparos (emendas), pontos de água entre outras necessidades hidráulicas de pequeno porte. Outro aspecto que pode corroborar para o consumo destes produtos por estes tipos de consumidores, é o baixo custo. Apesar do baixo custo do produto, em ambas as empresas consultadas não souberam responder a quantidade aproximada de vendas (mensal e para cada tipo de usuário). Neste contexto, vale ressaltar, que a NTS 048 (2014), não permite a fabricação de tubos reciclados de Polietileno para aplicação em ramais prediais.

Na preparação dos corpos de prova, foi previsto as utilizações de conexões (tampões) que suportassem elevadas pressões. Caso contrário, os ensaios poderiam ser comprometidos por eventuais rupturas nestas singularidades e não necessariamente na tubulação testada. Por isto, optou-se por peças em material de metal. O engate rápido utilizado auxiliou na troca de um corpo de prova para o outro, resguardado, ainda, o desgaste da rosca interna da tomada de pressão da bomba de comprovação. Apesar da bomba de comprovação ser dotada de travas que evitam o contra fluxo do fluido bombeado, foi previsto um registro de gaveta a montante da tomada de pressão para auxiliar no processo e prevenir eventuais influencias adversas na trava do mecanismo de bombeamento.

As pressões Hidrostáticas de Ensaio calculadas pela equação 1, refere-se a máxima pressão que a tubulação deve suportar em serviço contínuo. Já a tensão circunferencial reflete a tensão tangencial presente ao longo de toda a parede do tubo, decorrente da pressão hidrostática interna NTS 048 (2014). A PHE diferenciaram-se de um corpo de prova para o outro devido às espessuras distintas entre as tubulações (1,5 mm F1 e 2 mm F2), pois os DE e a tensão circunferencial foram as mesmas (Tabela 2). Obtendo-se, respectivamente, as magnitudes de 1,64 MPa e 2,25 MPa, para os Fabricantes 1 e 2.

De acordo com a Tabela 2, percebe-se que todas as tubulações testadas não suportaram a pressão de ensaio (Tabela 2). Os tempos de rupturas limitaram-se na duração do bombeamento até a pressão estabelecida de ensaio (inferior ou igual a 5 minutos). Nas tubulações do Fabricante 2, as rupturas ocorreram antes de alcançar a pressão de ensaio (225 MPa). Rompendo com pressões médias de 1,8 MPa (80% da pressão de ensaio). No Fabricante 1, algumas rupturas ocorreram antes de alcançar 1,64 MPa (1,5, 1,55, e 1,6 MPa). Através das Figuras 4, pode-se notar que as rupturas ocorreram no comprimento de verificação (L4), e não na zona crítica (ZC), portanto, os testes são válidos. Vê-se, também que os tipos de rupturas são de natureza dúctil.

A ruptura dúctil é caracterizada por apreciáveis elongações. Apresentam significativas deformações (plásticas) antes de ocorrer uma descontinuidade no material (falha/ruptura). Tal efeito pode ser constatado em materiais que possuem irregularidades cristalinas (ligações entre os átomos de carbono). Neste sentido, a apresentação de heterogeneidade do material que compõem o tubo.

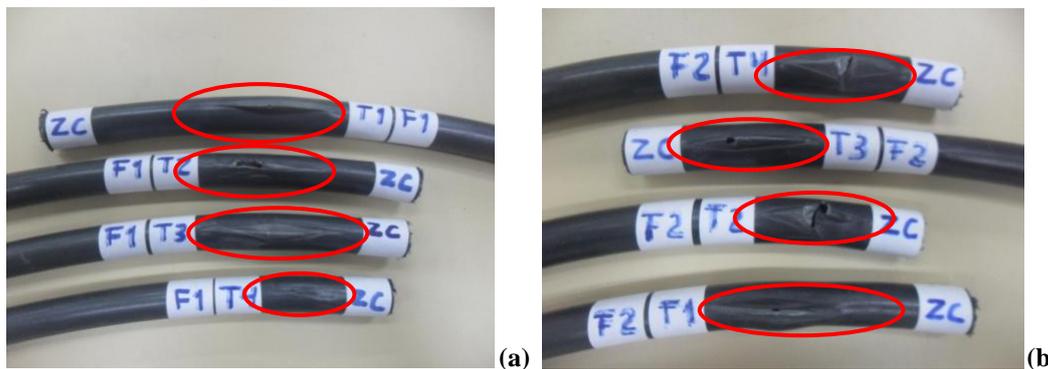


Figura 4 – (a) Rupturas do tipo dúctil, fabricante 1 (testes 1, 2, 3 e 4); (b) Rupturas do tipo dúctil, fabricante 2 (testes 1, 2, 3 e 4).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As tubulações recicladas de PEBD comercializadas possuem baixo custo, contudo, não atendem as solicitações de resistência a pressão hidrostática interna de curta duração, a 20°C por 100 horas, como estabelecido na NTS 048 (2014) e NBR 8415 (2007). Portanto, a priori, caracterizam-se em desconformidade com respectivas normas.

Recomenda-se a ampliação deste estudo, voltada para outros fabricantes e diâmetros, assim como a observação da qualidade da água após contato com este tipo de material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Tubos e conexões de polietileno - Verificação da resistência à pressão hidrostática interna. ABNT NBR 8415, 2007.

CANDIAN, L. M. (2007). Estudo polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais. Dissertação. Escola de engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, I. L.; MARIA, L. C. S. (2003). Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 13, nº 1, p. 1-13.

GONÇALVES, V. P. (2012). Avaliação do comportamento mecânico de tubos compostos fabricados por enrolamento filamentar submetidos à pressão interna. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MUNARO, M. (2007). Desenvolvimento de blendas de polietileno com desempenho aperfeiçoado para utilização no setor elétrico. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná.

NTS – Norma Técnica Sabesp. Tubo de Polietileno para ramais prediais de água – Especificação. NTS 048, 2014.

PENNAFORT, L. C.; SILVA, F. R.; DEUS, E. P. (2013). Avaliação e Caracterização de Tubos Fabricados com PVC Reciclado. Polímeros-Ciência e Tecnologia. vol.23, n.4, p.547-551.