

26º. Encontro Técnico AESABESP

UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE POLIETILENO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESTUDO DE CASOS NO BRASIL

Ricardo Augusto de Castro Marcondes⁽¹⁾

Engenheiro Pleno da empresa AlphaPLAN Consultoria e Projetos. Graduação em Engenharia Ambiental na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Especialista com pós graduação em Saneamento Ambiental (POSEAD). Mestrando do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Hilton Alexandre de Oliveira

Mestre do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Engenheiro e Tecnólogo em construção civil e Supervisor de operação de água no Departamento. Engenharia de Operação Centro da Sabesp.

Renato Carlos Zambon

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Deputado Lacerda Franco, 300, cj. 142 – Pinheiros – São Paulo – SP – CEP: 05418-000 – Brasil – Tel: +55 (11) 3030-9425 – Cel: +55 (11) 98776-4080 – email: raugusto.decastro@gmail.com

RESUMO

O primeiro projeto envolvendo tubulações de polietileno no Brasil foi realizado em 1973 em uma travessia do Rio Negro. Desde então este material vem ganhando muito espaço no mercado de tubulações no país, seja no saneamento, mineração, indústrias, gás e conduítes elétricos. Seu tipo mais usado é o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), que apesar de já ser comumente encontrado em adutoras, emissários e ramais, somente nos últimos anos passou a ser utilizado de maneira mais abrangente nas redes de distribuição de água, se tornando um aliado importante no combate aos altos índices de perdas reais. Apesar deste pouco tempo, já é possível estimar ganhos em termos financeiros e de volume de perdas em casos como a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) de Porto Alegre. Um breve histórico do uso deste material em tubulações no país e estudo de aplicações em casos das duas empresas são apresentados neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVES: PEAD, Controle de Perdas, Abastecimento de Água.

INTRODUÇÃO

A primeira utilização do polietileno que se tem notícia foi durante a segunda guerra mundial, substituindo a borracha em isolamentos elétricos. Na fabricação de tubos, começou a ser utilizado nas indústrias, seguido do transporte de água no meio rural e na produção de petróleo, onde havia a necessidade de tubulações leves, flexíveis e resistentes para acompanhar o crescimento do mercado. O sucesso no emprego nestas áreas fez logo com que os tubos de polietileno também fossem utilizados na distribuição de gás natural para residências e indústrias. Pela possibilidade de ser transportado em bobinas, por apresentar propriedades de resistência à corrosão e por conseguir se conectar através de soldas, possibilitou boas garantias contra vazamentos e arrebentamentos, se tornando amplamente utilizado em todo o mundo. Em seguida, segmentos da indústria, do saneamento e da mineração também se interessaram pelo material, devido principalmente a sua elevada vida útil, gerando um considerável aumento da demanda da resina nos últimos anos (Plastics Pipe Institute @ Handbook of Polyethylene Pipe, 2009).

Segundo Mesquita (2010), o polietileno possui vários tipos, sendo os mais comuns: PEBD (Polietileno de Baixa Densidade), PEMD (Polietileno de Média Densidade) e PEAD (Polietileno de Alta Densidade), este último com maior comercialização e melhor desempenho na maioria das aplicações em tubulações. Os tubos de polietileno são obtidos por meio de extrusão de resinas na forma de pó ou grânulos e as taxas de controle de velocidade de resfriamento interferem, entre outros aspectos importantes, na orientação molecular e no grau de cristalinidade (Peres, 2009). A extrusão é um processo mecânico onde o material é forçado através de uma matriz adquirindo assim a forma pré determinada pela forma da matriz projetada para a peça.

A história das tubulações de polietileno pode ser dividida em três gerações. A primeira teve início por volta de 1950, com a fabricação de tubos pela empresa Hoechst AG alemã, pelo processo Ziegler, de baixa pressão. Esta geração é composta por diferentes tipos de resinas chamadas de PE 32, 40 e 63, sendo que, os dois primeiros de baixa densidade e o último de alta densidade. Estes tubos eram usados nas aplicações de baixa a média pressões no transporte de fluidos e, por volta de 1960, o tipo PE 63 começou a ser utilizado para água potável, principalmente em ramais de sistemas de abastecimento do Canadá e Estados Unidos. Contudo, esses tubos começaram a apresentar ruptura frágil a partir de 10 anos de uso (Danielleto, 2014).

Na década de 1980, com o aumento dos comonômeros e conseqüente aumento do peso molecular das resinas de polietileno, houve uma melhora no balanço geral das propriedades, surgindo assim o PE 80 e a segunda geração das tubulações de polietileno. Eram produzidos tanto pelo método Ziegler quanto pelo Philips e em alta e média densidade. Nessa geração os tubos já começaram a ser padronizados com o surgimento de normas mais rígidas, e passaram a ser utilizados em aplicações de baixa pressão para gás e altas pressões para líquido (até 1,6 MPa).

Finalmente, no começo da década de 1990, com a melhoria do processo através introdução seletiva de comonômeros nas cadeias moleculares mais longas, surge o PE 100, e com ele a terceira geração dos polietilenos. Este novo material tornou os tubos mais resistentes e permitiu sua utilização para transporte de gás sob alta pressão (Danielleto, 2014).

O polietileno tem sido muito empregado no transporte de água potável, particularmente em ramais prediais. Este polímero apresenta vantagens em relação a seus concorrentes, como flexibilidade, baixo preço, facilidade de instalação e resistência à corrosão.

OBJETIVO

O presente trabalho visa acompanhar a evolução do uso das tubulações de PEAD no Brasil, desde a primeira tubulação instalada até os dias de hoje onde várias concessionárias já o utilizam como principal material para suas tubulações. Foram realizados estudos de casos em sistemas públicos de abastecimento de água potável que possuem tubulações de polietileno em operação, visando estimar as vantagens e desvantagens em relação operação, combate às perdas de água na distribuição, custos de instalação e manutenção, disponibilidade do material, entre outros fatores.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido através da pesquisa em trabalhos acadêmicos e entrevistas com fabricantes de tubos e conexões de polietileno para encontrar dados melhores e mais atualizados sobre o uso das tubulações de PEAD no país. Também foram consultadas empresas públicas e privadas de abastecimento de água potável nas cidades brasileiras, em busca da evolução deste mercado, assim como problemas e vantagens na implantação e operação de sistemas com PEAD. Ao mesmo tempo, se procurou estimar os ganhos com relação às perdas reais e custos de manutenção, instalação e operação dos sistemas, em comparação com o uso das tradicionais tubulações de ferro, aço e PVC.

RESULTADOS

HISTÓRIA DO USO DO POLIETILENO EM TUBULAÇÕES NO BRASIL

No Brasil o uso do polietileno vem se destacando fortemente no segmento do saneamento substituindo o ferro dúctil como matéria prima para condutos. Cabe ressaltar que, somente em 2014, estima-se uma demanda de aproximadamente 70.000 toneladas de tubos lisos de PEAD, com uma capacidade de produção instalada da ordem de 120.000 toneladas (ABPE, 2014). Vale destacar também a contribuição do Brasil no desenvolvimento de material obtido a partir de fontes renováveis, usando o etanol para a produção da matéria prima, dispensando o petróleo sem perda de qualidade e resistência (Mesquita, 2010).

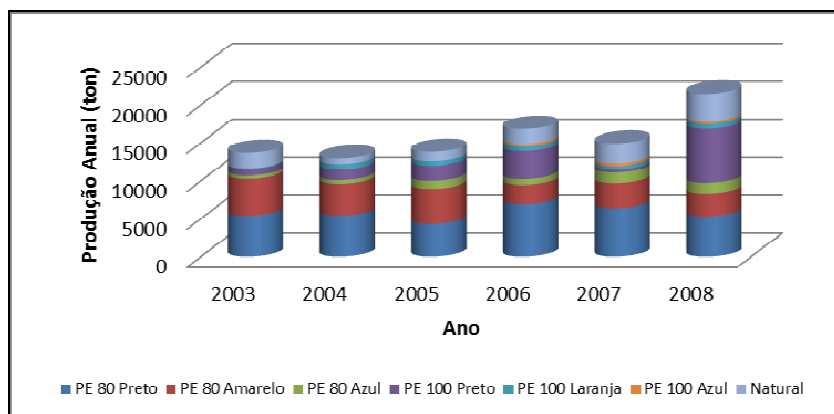


Figura 1 - Mercado Brasileiro de Tubulações de PEAD (ABPE, 2009)

O PEAD chegou ao Brasil por volta do ano de 1974, através de uma parceria de empresas brasileiras com a indústria química alemã Hoechst AG. O projeto era de uma adutora de água para a Companhia de Saneamento do Amazonas – Cosama e consistia em uma tubulação de 900 mm de diâmetro e 3.600 metros de comprimento, apoiada a até 60 metros de profundidade no leito do Rio Negro. Dois anos mais tarde, chegaria ao país a primeira extrusora de polietileno, de fabricação norueguesa e marca Grainger, adquirida pela empresa Transpavi-Codrassa S/A. No ano de 1978, a empresa Aracruz Celulose contratou a Transpavi-Codrassa S/A para a fabricação de tubulações de Polipropileno – PP, com capacidade de suportar elevadas temperaturas para o descarte do efluente de sua planta industrial, localizada no Espírito Santo. Foram construídas duas tubulações lançadas em mar aberto, com 1.000 mm de diâmetro e 7.030 metros de comprimento total, incluindo os trechos terrestres. Apesar de terem sido projetadas para uma vida útil de 15 anos, estas tubulações estão em funcionamento até os dias de hoje.

Em 1980 surge a primeira fábrica de tubos e conexões de PEAD do Brasil, chamada Dutoflex, em São Vicente, SP, próxima ao rio Branco, que seria de grande importância na fabricação e transporte das tubulações de grande comprimento pela água. A fabricação passou a seguir a norma alemã DIN 8074/75 na extrusão de tubos da antiga classificação PE 5, na época chamado de PEAD tipo 2. Nesse mesmo ano mais um emissário de efluentes foi fabricado para a empresa TIBRAS – Titânio Brasil, com 400 mm de diâmetro e aproximadamente 6.000 metros de extensão em mar aberto. Devido ao sucesso destes trabalhos, o material passou a ser consagrado nas aplicações para emissários submarinos, e foi utilizado em Guarujá-SP, Boa Vista-RR, São Sebastião-SP, Praia Grande-SP, Guanabara de Tijuca-RJ (Rodrigues, 2012). O emissário de Guarujá de 900 mm de diâmetro e construído em 1982, operou por alguns anos, antes de apresentar problemas de operação e flutuar no oceano, sendo desativado. Algumas hipóteses surgiram para a causa deste problema: falha na instalação dos lastros, falta de pesquisa na resistência das tubulações ao cisalhamento, dentre outras, porém nunca se chegou a uma conclusão.

Nesta época, o polietileno e o polipropileno começaram a ser adotados nas indústrias de cana de açúcar e extração mineral. Nas usinas de álcool, devido à alta resistência térmica começaram a ser usados no transporte do vinhoto quente na fabricação de fertilizantes. Nas mineradoras como AngloGold e Paranapanema, passaram a ser empregados nas mais diversas aplicações de transporte: dragagem, brita, polpa, minério e efluentes ácidos.

No início da década de 1980, havia dois grandes produtores de resinas no Brasil: a Hoescht AG com a fábrica em Diadema-SP e a Polialden Petroquímica S/A com fábrica em Camaçari-BA. Antes disto, toda resina utilizada era importada da Europa. Durante anos a Dutoflex foi a única fabricante de tubos e conexões de PEAD no Brasil, com diâmetros variando entre 20 e 1.000 mm, até que durante a década de 1980, surgiram outras grandes produtoras de tubulações: Tigre S/A, Polierg Ltda e Vulcan S/A. O mercado do polietileno continuava a crescer e começou a atrair novos fabricantes. No final desta década já havia aproximadamente 120 produtores de tubulações de PEAD no país, muitos sem experiência e padrões de qualidade no processo de fabricação dos tubos.

Em 1983, foi construída para a CEG - Companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro a rede de distribuição urbana de gás da Ilha do Governador toda em PEAD. Neste período a Companhia de Energia Elétrica Eletropaulo também passou a aceitar PEAD para revestimento de suas tubulações subterrâneas. A Companhia de Gás de São Paulo – Comgas passou a adotar as tubulações de PEAD em 1989, porém somente em testes e

aplicações especiais como travessias de córregos e vias movimentadas. Somente em 1998, ela começou a utilizar consideravelmente tubos de polietileno, e hoje 100% das tubulações novas de gás em São Paulo são de PEAD e instaladas por método não destrutivo.

Em meados da década de 1980, o uso do PEAD no sistema de distribuição de água começou a se tornar mais comum, como no DMAE de Porto Alegre, que passou a utilizar o material em ramais e redes, e na Sabesp, para utilização em ramais prediais e aplicações especiais, como travessias terrestres e sub fluviais. Segundo Peres (2005), a Sabesp começou as aplicações de polietileno em ramais de água em 1976. Aliado a pouca experiência das concessionárias e fabricantes e até pela fraude de fornecedores, vários lotes fornecidos eram de baixa qualidade, sendo alguns fabricados de material reciclado sem origem garantida, gerando muitos problemas de vazamentos e arrebentamentos nos tubos instalados.

Segundo Rocha (2001), o relatório intitulado “Programa de redução de águas não faturadas” elaborado pela Sabesp no ano de 1994, apontou que 95% dos vazamentos que ocorriam na rede de distribuição de água eram devidos a falhas nos ramais prediais, e, desse total, 80% eram vazamentos verificados nos novos ramais prediais de PEAD. Em visita a 270 ramais com ocorrência de vazamento, Rocha classifica as principais tipologias de vazamentos como: furo no trecho central do tubo (48,9%), trinca no adaptador (18,9%), vazamento na junta mecânica (10,7%), vazamento em junta rosqueada (6,7%) e trinca no registro de boca (5,2%), e atribui como principais causas a má qualidade do material e peças implantados e falhas na execução da obra.

Devido a todos esses problemas, várias empresas e concessionárias (inclusive a Sabesp) aboliram a compra de tubulações de PEAD para o uso em sistemas de abastecimento de água. Esse cenário somente se alterou no final da década de 1990, com a normalização e regulamentação do PEAD - PE 63, com normas brasileiras proibindo o uso de material regranulado ou reciclado em condutos de água potável, obrigando as novas tubulações para este fim serem de cor azul (para se diferenciarem das antigas e dificultar a adulteração do material) e adotando as certificações/inspeções das fabricantes pelas concessionárias. O PEAD também passou a ser usado em tubos lisos de diâmetros maiores para adutoras de água, como em Caraguatatuba, Ilha Bela, Cotia e Suzano.

Em 1986, a resina PE 80 começou a ser produzida em território nacional pela Ipiranga Petroquímica S.A., que também foi a primeira a produzir a resina PE 100 no ano de 2006. Um ano mais tarde, a Ipiranga Petroquímica S/A. foi adquirida pela Braskem S/A. Com o início da fabricação do PE 80, o PE 63 ficou restrito a aplicações de condutites elétricos e de fibra ótica, ou seja, foram abandonados para tubos de pressão, por não haver mais justificativa técnica e econômica no seu emprego. Anos mais tarde, em 2005, o PE 63 também passou a ser utilizado na fabricação de tubos corrugados de grandes diâmetros, para aplicação em redes de esgoto e de águas pluviais de baixa pressão.

Já na década de 1990 começam a aparecer no país alguns poucos tubos PE 100, capazes de admitir uma tensão circunferencial maior que o PE 80. Portanto, para uma mesma aplicação, a espessura da parede de uma tubulação de PE 100 será menor que a do PE 80, economizando matéria prima, transporte e tempo de soldagem nas obras. Por outro lado, as tubulações de PE 100 são mais rígidas, podendo dificultar a instalação principalmente nos usos em ramais de água, onde muitas vezes são necessárias curvas de raios menores. Outro motivo porque esse tipo de resina ainda não é difundida no país é que apenas nos últimos anos as fabricantes de tubulações ampliaram sua capacidade produtiva, podendo somente agora atender a demanda de grandes projetos.

Em setembro de 1994 foi criada a Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos e Sistemas (ABPE) com a finalidade de divulgar, intensificar e ordenar normativamente o uso de tubos e conexões de polietileno e polipropileno. É composta por diversos atores da cadeia produtiva dos tubos destes materiais: fabricantes de matéria prima, fabricantes de tubos e conexões, projetistas, instaladores, prestadores de serviços, laboratórios de testes e usuários. Desde janeiro de 2003, a ABPE mantém contrato com o CCDM/Centro de Caracterização de Materiais da Universidade Federal de São Carlos, onde amostras de tubos e conexões de sistemas de PEAD que apresentem problemas de desempenho são encaminhadas para análise visando avaliar sua conformidade com os padrões normativos e a garantia de uma vida útil de 50 anos do material. Atualmente o Brasil já conta com Normas NBR para tubos e conexões de tubulações de água, esgoto e gás, além de manuais produzidos pela própria ABPE. A primeira norma brasileira da ABNT relativa a tubos de polietileno foi a NBR 15.561, publicada em 2007. Cinco anos mais tarde foi criado o Comitê Brasileiro de Saneamento Básico, do qual faz parte a Comissão de Estudos de Tubos e Conexões de Poliolefinas – onde são discutidas as normas brasileiras relativas a tubos e conexões de polietileno.

Em 2010 a Braskem S.A. inaugurou uma planta de produção da resina chamada Polietileno Verde, com a capacidade de fabricar anualmente 200 mil toneladas do produto. Na fabricação desta resina, ao invés de se utilizar matérias primas de fonte fóssil, como petróleo ou gás natural, é utilizado o etanol derivado da cana de açúcar, mantendo-se as mesmas propriedades e desempenho de aplicações dos polietilenos de origem fóssil.

ESTUDO DE CASO - SABESP

O sistema de abastecimento de água do município de São Paulo conta aproximadamente 20.894 km de tubulações, sendo elas redes e ramais. Deste total, 17.208 km são de ferro fundido e apenas 679 km de PEAD, como indicam o Quadro 1 e as Figuras 2 e 3.

Quadro 1 - Rede de Distribuição de Água – Município de São Paulo (SIGNOS, 2014)

Material	Extensão (km)	%
Ferro Fundido	17.208	82,4
PVC	2.877	13,8
PEAD	679	3,2
Aço	83	0,4
Concreto Armado	8,9	0,0
Ferro Galvanizado	2,1	0,0
PRFV	0,4	0,0
Desconhecido	36,2	0,2
Total Geral	20.893	100,0

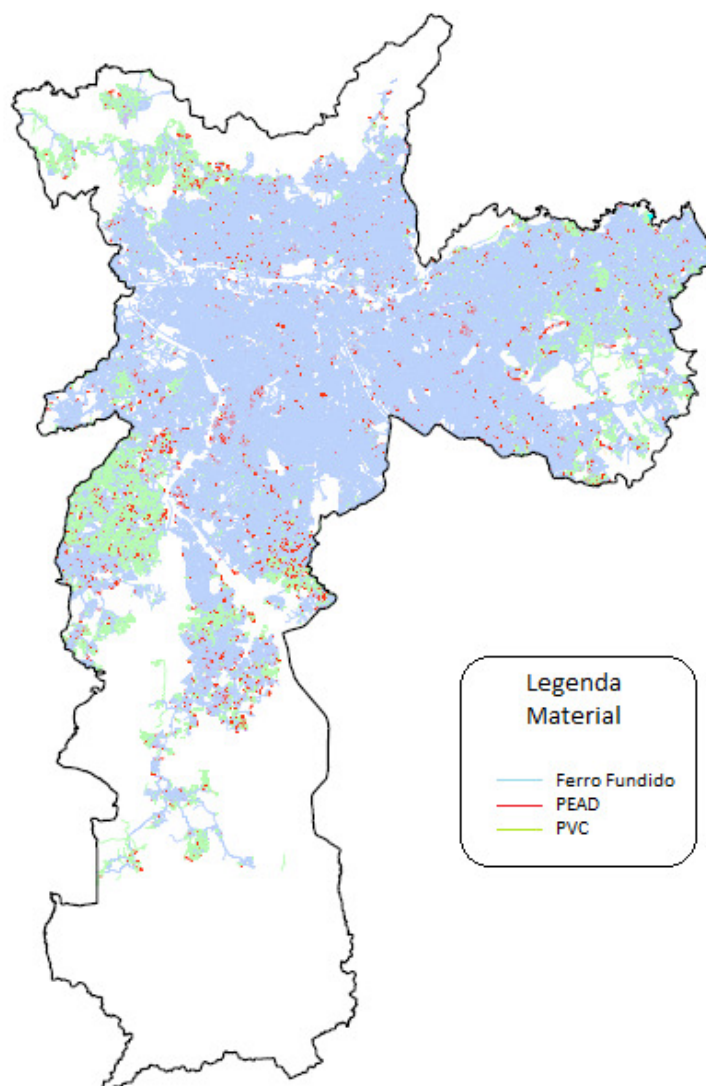


Figura 2 – Tubulações por Material na Rede de Distribuição do Município de São Paulo (SIGNOS, 2014)

Da extensão total de redes do município de São Paulo, aproximadamente 513 km são considerados ramais (diâmetros menores que 40 mm) e destes, 501 km são de PEAD, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Tipos de Tubulações – Município de São Paulo (SIGNOS, 2014)

Tipo de Tubulações	Extensão Total (m)	Extensão de PEAD (m)	% PEAD
Ramais	513.031	501.208	97,7
Redes	20.365.730	177.526	0,9
Sem cadastro de diâmetro	14.629	76	0,5
Total	20.893.391	678.811	3,2

Segundo Peres (2005), a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), principal empresa de saneamento básico do Brasil, utiliza desde 1976 nos ramais de água o PEAD. Em 1998, 73% dos ramais prediais da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) eram de PEAD, 26% de aço galvanizado e 0,7% de PVC. Contudo, os novos ramais de PEAD também apresentaram elevada frequência de ocorrência de vazamentos e o trabalho aponta ainda medidas que foram tomadas pela Sabesp para o combate destas perdas reais nos ramais de PEAD: elaboração do desenho de um novo projeto para o ramal predial; aprimoramento das especificações técnicas elaboradas pela empresa e utilizadas como referência técnica na aquisição dos produtos utilizados no sistema ramal predial; Implantação de um sistema de registro de falhas para o ramal predial de polietileno; concepção de um programa de garantia da qualidade a ser desenvolvido e implantado para o sistema ramal predial de polietileno.

Somente por volta de 2009 a Sabesp resolveu utilizar amplamente as tubulações de PEAD nas redes do sistema de distribuição de água de São Paulo. Do total de 177 km de redes de PEAD cadastrada no Signos (Sistema de Informações Geográficas no Saneamento), apenas 75 km possuem a data de instalação. Através destes dados é possível elaborar uma curva do crescimento do uso das tubulações de PEAD na cidade de São Paulo e apesar de sua extensão ainda não representar uma proporção significativa da extensão total da rede, pode ser observado um grande crescimento nos últimos anos, como mostra a Figura 3.

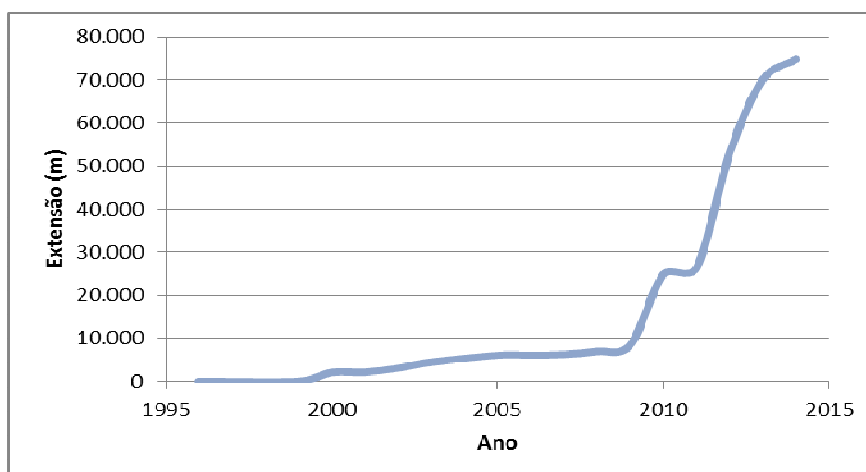


Figura 3 – Extensões de PEAD na rede de distribuição de Água do Município de São Paulo (SIGNOS, 2014).

Este considerável aumento do uso do PEAD em redes nos últimos anos se deve ao fato destas tubulações utilizarem normalmente juntas com solda termoplástica, se tornando assim uma ótima alternativa em substituição as redes de rígidas e com conexões mecânicas de ponta e bolsa, que têm apresentado elevadas ocorrências de vazamentos e arrebentamentos principalmente em regiões de tráfego intenso de veículos, onde há elevada vibração no solo devido à movimentação de caminhões, ônibus e outros veículos pesados. Outro motivo que pode ser atribuído ao crescimento do uso do PEAD na cidade de São Paulo é o aumento da utilização do método não destrutivo nas trocas de tubulações e reforço de rede, como o “pipe bursting” e o

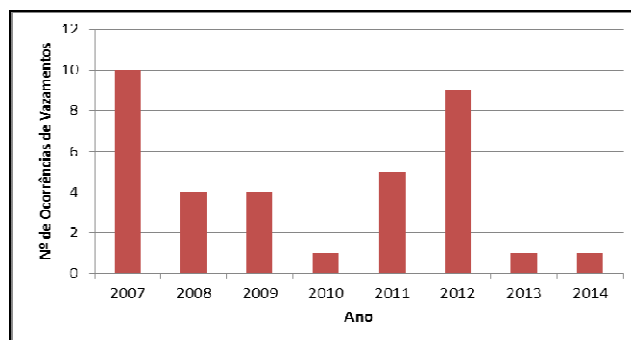


Figura 5 – Número de Ocorrências de Vazamentos na Área de Interesse (SIGNOS, 2014).

É possível verificar que nos anos 2013 e 2014 que se seguiram após as trocas de tubulações houve considerável diminuição nas ocorrências de vazamentos de rede na região. Vale destacar que nestes anos, a única ocorrência de vazamento foi na quadra que apresenta mais tubulações de ferro fundido que de PEAD.

ESTUDO DE CASO – DMAE PORTO ALEGRE

Segundo Flores (2009), a empresa pública de saneamento básico com a maior experiência brasileira no uso do polietileno em redes de distribuição para abastecimento de água e de coleta de esgotos é o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) de Porto Alegre. As primeiras experiências realizadas nas redes de distribuição de água de Porto Alegre com este material foram em 1986 e visavam encontrar um material menos suscetível a vazamentos, principalmente em suas juntas. Em 1990 já se iniciou um plano de substituição das redes de PVC e Ferro Fundido Cinzento, que apresentavam maiores índices de vazamento e arrebentamentos, por tubulações de PEAD, em uma taxa de 100 km de rede ao ano.

No começo houve muitos problemas devido à falta de experiência dos técnicos e empresas com o material, gerando juntas com soldas imperfeitas, danificação da tubulação no assentamento e utilização de peças e acessórios inadequados (Flores, 2009). Aliado ao fato da resina de então, a PE 63, não possuía a normalização das resinas atuais (PE 80 e PE 100), o início do uso do polietileno acarretou em elevado número de vazamento e arrebentamentos em redes e ramais. Com o passar do tempo, os técnicos e empresas foram se tornando mais capacitados e o polietileno ganhou novas normas, melhorando significativamente seus índices de vazamentos e manutenção. Em 2009 já existiam cerca de 1.700 km de redes de distribuição e adução e 100 km de redes coletoras de esgoto sanitário em operação na cidade de Porto Alegre com tubos de PEAD.

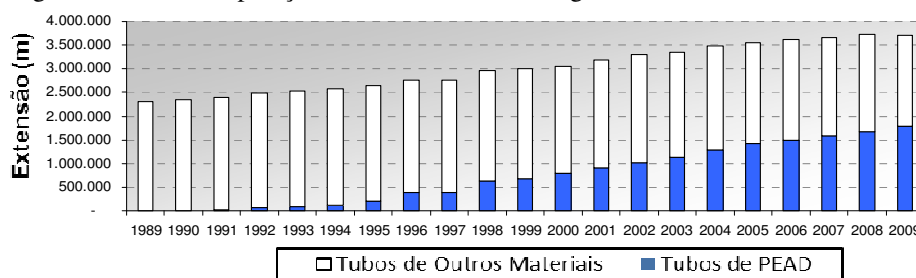


Figura 6 – Tubulações do Sistema de Distribuição de Água – DMAE Porto Alegre.

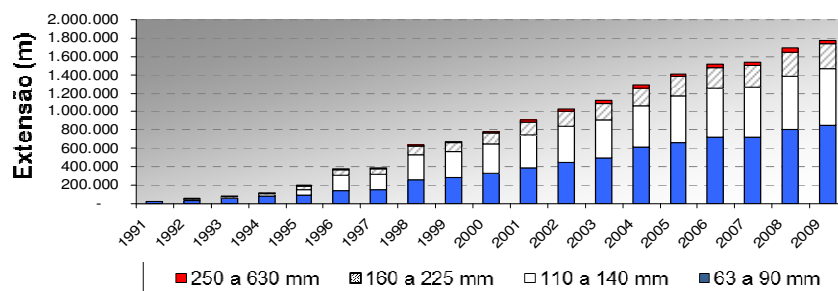


Figura 7 – Dimensões das Tubulações de PEAD do Sistema de Distribuição de Água – DMAE Porto Alegre.

A utilização do PEAD nas redes de abastecimento de água, aliada com a modernização da operação, aprimoramento de cadastros de redes, otimização das técnicas de intervenção e ampliação do monitoramento das tubulações fizeram com que os gastos com manutenção caíssem consideravelmente. Em 1986, o DMAE contava com 30 equipes de manutenção para atender 2.100 km de rede. Passados 27 anos, o sistema de distribuição de água passou a ser composto por 4.050 km de rede, sendo 2.100 km em PEAD, atendidas por cinco equipes de manutenção, enquanto que o restante da rede composta por outros materiais (1.950 km) é atendida por vinte equipes. Durante este período, a companhia reduziu o índice de perdas totais de 46% para 26%, o que corresponde a cerca de 30% de economia de recursos nos investimentos anuais (Flores, 2009).

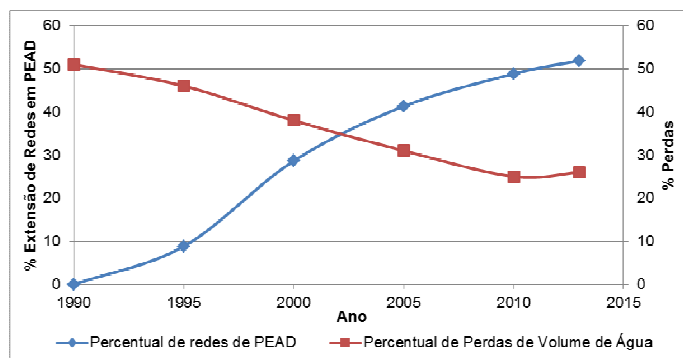


Figura 8 – Extensões de Redes de PEAD e Perdas no Sistema de Abastecimento de Água de POA.

No ano de 2008, visando constatar os ganhos obtidos e a qualidade das tubulações de PEAD instaladas, o DMAE, em parceria com a ABPE, realizou uma pesquisa que consistia em coletar amostras de tubulações de PEAD de dois grupos diferentes, de acordo com a data de instalação: o primeiro grupo composto por tubos instalados e em operação há 20 anos e o segundo grupo por tubulações com 10 anos de instalação e operação. As amostras de ambos os grupos foram encaminhadas para o laboratório para gerar indicadores de qualidade do material, analisando principalmente o grau de degradação e projeção de sua vida útil.

As tubulações analisadas do primeiro grupo foram instaladas e colocadas em operação em 1988, sem vazamentos, arrebentamento ou qualquer outra intervenção registrada. Todas foram fabricadas pela empresa Dutoflex, instaladas pela empresa Transpavi-Codrasa S/A e eram tubos com diâmetro externo (DE) 90 mm, tipo PE-5-A, de cor preta, produzidos de acordo conforme norma alemã DIN 8075. Foram implantadas na época com uma extensão de 500 metros no bairro Vila São José, de população de baixa renda sem abastecimento de água e coleta de esgoto até então e operavam em uma pressão diurna de 15 mca e noturna de 53 mca. Para a pesquisa, foi retirada uma amostra de 10 metros de extensão da tubulação, na época com 20 anos de operação (2008) e enviada para laboratório para análises. Em complemento, foi realizada uma análise dimensional e visual da tubulação in loco, obtendo os resultados apresentados nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 - Dados das Tubulações com 20 anos de Operação - Flores, V., & Pierozam, R. (2009, p.20).

Indicador Analisado	Resultados
Cor	Preto
Diâmetro Externo Nominal	DE 90 mm
SDR	32
Deformação Diametral	Imperceptível
Fissuras/Trincas	Imperceptível
Deposição/Incrustações	Não

Quadro 4 - Análise Laboratorial das Tubulações com 20 anos de Operação Flores, V., & Pierozam, R. (2009, p.21)

Indicador Analisado	Requisitos NBR	Resultados	Unidade	Norma
IF 190°C/5kg	<1,3	0,63	g/10 min	ASTM D1238
OIT	>20	16,6	min	ASTM D3895
Teor NF	2 a 3	2	%	ASTM E1131
Dispersão	-	Insatisfatória	-	-
PHI	>1000	-	h	-

As tubulações do grupo 2 foram instaladas e colocadas em operação no ano de 1998, já em conformidade com a norma ISO 4427 (Tubos de Polietileno para Distribuição de Água – Especificação), ainda em vigor. A resina utilizada foi o PE 80 e os tubos eram de diâmetro de 110 mm, PN 10, SDR 13,6, de cor preta e produzidos em barras de 12 metros de comprimento. Seu fabricante foi a Brastubo S/A e a empreiteira que realizou suas instalações foi a Ribas Construções, na região próxima a estrada de Ponta Grossa, região sul de Porto Alegre. A região era ocupada por uma população de média\baixa renda, sem coleta de esgoto, com pressões médias na rede de distribuição de aproximadamente 25 mca de dia, e 48 mca a noite. Assim como as no grupo 1, as tubulações deste grupo foram analisadas ainda instaladas, para posteriormente serem avaliadas visualmente e suas dimensões conferidas. Foram obtidos os resultados apresentados nos Quadros 5, 6 e 7.

Quadro 5 - Dados das Tubulações com 10 anos de Operação Flores, V., & Pierozam, R. (2009, p.22).

Indicador Analisado	Resultados
Cor	Preto
Diâmetro Externo Nominal	DE 110 mm
SDR	13,6
Deformação Diametral	Imperceptível
Fissuras/Trincas	Imperceptível
Deposição/Incrustações	Não

Quadro 6 - Análise Laboratorial das Tubulações com 10 anos de Operação Flores, V., & Pierozam, R. (2009, p.22).

Indicador Analisado	Requisitos NBR	GM 5010 T2 Padrão	Resultados	Unidade	Norma
IF 190°C/5kg	<1,3	0,35-0,55	0,41	g/10 min	ASTM D1238
Densidade	>0,938	0,955	0,9559	g/cm ³	ASTM D1505
Tensão de escoamento	>25	22	23,1	Mpa	ASTM D638
Alongamento Ruptura	>350	800	785	%	ASTM D638
OIT	>20	>60	(externo) 102	min	ASTM D3895
			(central) 101	min	ASTM D3895
			(interno) 75	min	ASTM D3895
Teor NF	2 a 3	2 a 3	3	%	ASTM E1131

Quadro 7 – Teste Hidrostático das Tubulações com 10 anos de Operação Flores, V., & Pierozam, R. (2009, p.23).

T(°C)	Mpa	Requisito (tempo para ruptura)	Tempo de Ruptura
20	10	100 horas	>400 horas - Interrompido
80	4,6	165 horas	>400 horas
80	4	1.000 horas	>400 horas

Os resultados das análises das tubulações do grupo 1, de PE 63, instaladas e postas em operação no ano de 1988, apontaram deficiência relativas a OIT e dispersão de pigmentos, indicativos de um possível comprometimento da sua vida útil. Apesar disso, durante os vinte anos de operação contínua as tubulações não apresentaram ocorrências de vazamentos e a amostra recolhida suportou o teste hidrostático de 1.000 horas. Já no grupo 2, das tubulações de PE 80 em operação há 10 anos, estas apresentaram melhores resultados, com todos os parâmetros atendidos com folga. Os resultados indicam que a vida útil estimada de 50 anos será atendida ou até superada por estas tubulações.

CONCLUSÕES

O trabalho apresentou um breve histórico do uso do polietileno em tubulações de sistemas de abastecimento de água no país, e estudo de casos apresentando resultados da experiência com o uso dessas tubulações em redes de distribuição de água no DMAE de Porto Alegre e da Sabesp em São Paulo. A flexibilidade do material, com fornecimento em bobinas para diâmetros mais comuns nas redes de distribuição e o uso da solda termoplástica nas juntas trazem um potencial enorme de redução de perdas reais. Após as primeiras aplicações e a instalação dos primeiros fabricantes no país nas décadas de 1970 e 1980, e uma fase onde problemas na qualidade da instalação e na fabricação prejudicaram o desempenho dos sistemas, o surgimento de novas resinas e normas mais rígidas para fabricação, fornecimento e montagem trouxeram maior confiança para a sua aplicação em maior escala. No caso da Sabesp, assim como em boa parte do país, o uso do material ainda representa uma fração muito pequena do total de redes instaladas, mas o seu uso na ampliação e substituição de redes foi bastante intensificado nos últimos cinco anos. No caso do DMAE, pioneiro no país, o uso intensivo do polietileno há mais de vinte anos mostrou excelentes resultados tanto na redução de perdas como na frequência de problemas e gastos com manutenção das redes instaladas: as perdas totais foram reduzidas de perto de 50% em 1990 para 26% em 2014, com o polietileno utilizado hoje em cerca de 50% das redes na área atendida pela empresa.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que sejam realizadas novas pesquisas sobre o ganho do uso do PEAD em redes de distribuição de água, havendo hoje escassez de dados sobre este tema. Com o crescimento do uso nos últimos anos, será possível levantar dados mais abrangentes como redução na frequência de vazamentos e arrebentamentos e custos de operação, podendo ser feita análise durante toda a vida útil das tubulações. Outro ponto que deve ser melhor pesquisado é uma análise mais detalhada no balanço dos diversos componentes das perdas, com a separação do benefício obtido na redução das perdas reais de outras medidas que auxiliam o controle das perdas aparentes.

REFERÊNCIAS

1. Arabplast & Tekno Tube - Apresentação realizada em Dubai International Convention and Exhibition Centre (2011)
2. Danieletto, J. R. B. (2014). *Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno - Características, Dimensionamento e Instalação*. São Paulo.
3. Flores, V. (2009). Polietileno, 20 anos, uma história de sucesso, 13–24.
4. Gabriel, H. L. (1998). History and Physical Chemistry of HDPE. In *The Complete Corrugated Polyethylene Pipe Design Manual and Installation Guide*.
5. Mesquita, B. I. O. A. (2010). *Modificação das propriedades do polietileno de alta densidade por diferentes condições de extrusão*.
6. Peres, F. M. (2005). Desenvolvimento de métodos alternativos para a avaliação da resistência à fratura por fluência de resinas de polietileno utilizadas para a extrusão de tubos de água.
7. Plastics Pipe Institute ® Handbook of Polyethylene Pipe. (n.d.), (March 2009).
8. Rocha, A. L., Barreto, D., & Neto, P. J. C. (1999). *Aprimoramento dos ramais prediais de PEAD*.
9. Rodrigues, J. C. S. (2012). *O Monitoramento do Emissário Submarino como Ferramenta na Evolução do Padrão de Qualidade na Baía de Santos*.
10. Sarzedas, G. L. (2009). Planejamento para a substituição de tubulações em sistemas de abastecimento de água. Aplicação na rede de distribuição de água da Região Metropolitana de São Paulo.