

# MONTAGEM E MANUTENÇÃO DE TUBULAÇÕES EM PEAD COM GRANDES DIÂMETROS

## **Renato Augusto Costa dos Santos**

Engenheiro da Divisão de Manutenção Mecânica e Caldeiraria da Superintendência de Manutenção Estratégica da Sabesp.

Engenheiro Mecânico pela Universidade Estadual Paulista - Unesp.

e-mail: racsantos@sabesp.com.br

## **José Leandro Alves de Oliveira**

Engenheiro da Divisão de Manutenção Mecânica e Caldeiraria da Superintendência de Manutenção Estratégica da Sabesp.

Engenheiro Mecânico pela Universidade São Francisco - USF.

e-mail: oliveirajla@sabesp.com.br

## **Felipe Augusto Eiras de Resende**

Engenheiro do Departamento de Engenharia da Manutenção da Superintendência de Manutenção Estratégica da Sabesp.

Engenheiro Mecânico pela Universidade Paulista - Unip.

e-mail: fresende@sabesp.com.br

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta os métodos utilizados, vantagens e considerações importantes relativos à montagem e manutenção em campo de tubulações em PEAD (Polietileno de Alta Densidade) com grandes diâmetros por parte da Sabesp, que no caso são iguais ou maiores que 900 mm. São abordados cuidados durante a execução e pós-operação das tubulações, e também são evidenciadas algumas facilidades na utilização de tubulações em PEAD quando comparado aos materiais convencionalmente utilizados para adução no saneamento, como o aço e o ferro fundido (fofo).

Conforme pode ser visto, muitas considerações estão relacionadas ao ambiente onde o serviço é realizado, e sua observância é fundamental para o bom funcionamento da tubulação. Baseado na experiência adquirida na montagem e manutenção de tubulações em PEAD com grande diâmetro, e a experiência em manutenção em adutoras feitas de outros materiais, este trabalho apresenta ainda outras oportunidades de aplicação de tubulações em PEAD no saneamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Montagem e manutenção, Tubulações em PEAD, Grandes diâmetros.

## **INTRODUÇÃO**

Até pouco tempo atrás não era usual a utilização de tubulações em PEAD (Polietileno de Alta Densidade) com grandes diâmetros e para altas pressões, visando à adução de água. A utilização deste tipo de material no caso da Sabesp estava restrita basicamente para redes e ramais de distribuição de água (pequenos diâmetros e baixas pressões) e emissários submarinos (grandes diâmetros, porém com baixas pressões), sendo que os materiais mais adotados para adução eram os metálicos (aço e ferro fundido) ou, mais antigamente, de concreto/fibrocimento. As figuras de 1 a 4 ilustram os materiais mencionados.



**Figura 1: Adutora em aço**



**Figura 2: Adutora em fofa**



**Figura 3: Adutora em concreto**



**Figura 4: Adutora em PEAD**

## **PROPRIEDADES DO PEAD**

O PEAD apresenta as seguintes propriedades:

- Baixa densidade (material leve, densidade =  $0,95 \text{ g/cm}^3$  menor do que a densidade da água =  $1,00 \text{ g/cm}^3$ );
- Baixo módulo de elasticidade (alta flexibilidade, facilidade em manuseio e instalação);
- Elevada resistência ao impacto;
- Elevada resistência química;
- Imune a corrosões galvânicas (não requer proteção catódica);
- Impermeável (estanqueidade);
- Atóxico (conduz alimentos, água potável, etc.);
- Baixa incrustação e rugosidade (baixa perda de carga);
- Baixa resistência térmica (termoplástico);
- Alto coeficiente de dilatação;

A tabela 1, presente em Bonadie (2005) e modificada conforme o contexto deste trabalho, traça um comparativo entre o PEAD, o aço e o ferro fundido.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>AÇO</b>	<b>FOFO (Dúctil)</b>	<b>PEAD</b>
Resistência ao escoamento (C)	130	130	150
Resistência à pressão interna	Alta	Alta	Baixa (máx. 120 mca)
Resistência ao choque	Forte	Forte	Forte
Resistência a solos ácidos	Fraco	Depende de revestimentos especiais	Forte
Resistência a cargas externas	Forte	Forte	Fraco
Vazamentos	Pouco	Tem	Pouco
Resistência à corrosão	Depende de suas proteções	Forte	Forte
Facilidade de reparos	Médio	Médio	Médio
Assentamento e recobrimento	Média facilidade	Fácil	Exige cuidados especiais
Montagem	Exige cuidados com solda e revestimento	Fácil	Média facilidade
Diâmetro Máximo	2500 mm	1200 mm	1600 mm

**Tabela 1: Comparação de propriedades dos materiais utilizados em tubulações de adução de água.**

## **OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivos a apresentação de vantagens e considerações importantes na montagem e manutenção de tubulações em PEAD com grandes diâmetros, bem como fomentar a disseminação de conhecimentos e o debate a respeito do material, que tende a ser utilizado cada vez mais no setor de saneamento.

## MÉTODOS DE UNIÃO DE TUBOS DE PEAD

As uniões de tubos de polietileno utilizados em redes, adutoras e ramais de água são realizadas basicamente através de 3 métodos:

- Solda de topo por termofusão;
- Solda por eletrofusão;
- Junta mecânica.

Os principais métodos utilizados na união de tubos em PEAD com grandes diâmetros, em obras da Sabesp, são:

- Solda por Termofusão: na construção das adutoras e na instalação de acessórios tais como ventosas, descargas, etc.;
- Juntas mecânicas: utilização de uniões flangeadas (colarinho + flange) para acoplamento entre tubos de PEAD ou para promover a transição entre estes e bombas, válvulas ou tubos de aço.

## TERMOFUSÃO

É a forma mais tradicional e utilizada na soldagem de tubos de polietileno, sendo chamada também de topo, pois os tubos são soldados face a face. Requer equipamentos e ferramentas especiais, sendo que o equipamento de termofusão é composto de unidade de alinhamento, unidade de faceamento, unidade de aquecimento e unidade hidráulica (para promover a pressão de arraste e de solda), entre outros. A solda de topo por termofusão realiza-se através de basicamente 4 etapas: preparação, aquecimento (fusão), solda e resfriamento. Essas etapas são detalhadas a seguir:



Figura 5: Máquina de Solda de Termofusão

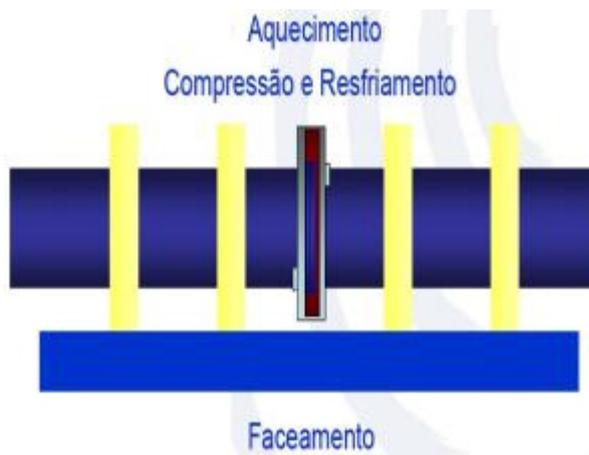


Figura 6: Procedimentos de Solda de Termofusão



Figura 7: Execução Solda de Termofusão



Figura 8: Placa de Aquecimento Máquina de termofusão

## 1 – Preparação

- Alinhamento dos tubos e/ou conexões;
- Limpeza das superfícies de solda;
- Faceamento das extremidades de solda, assegurando o perfeito paralelismo das partes e a remoção de possível camada oxidada;
- Medição da pressão de arraste.

## 2 – Aquecimento (fusão)

- Pré-aquecimento: objetiva, primordialmente, assegurar que as superfícies de solda estejam totalmente em contato com a placa de aquecimento. É de curta duração e de pressão elevada.
- Aquecimento: se processa a baixas pressões, praticamente zero, e por tempo correlacionado com a superfície de solda, para que o material atinja a temperatura de fusão apropriada.

## 3 – Solda

A solda consiste na compressão das superfícies de solda fundidas, para que ocorra a penetração e a interligação molecular das duas partes. A pressão de solda deve ser mantida até que a temperatura caia abaixo da temperatura de fusão do material.

## 4 – Resfriamento

- Resfriamento durante a solda (com pressão elevada);
- Resfriamento após a solda;
- Resfriamento para aplicar carga e pressão (operação da tubulação).

## ELETROFUSÃO

A solda pelo processo de eletrofusão é realizada através da fusão da superfície interna da conexão com a superfície externa do tubo. A aplicação de uma tensão elétrica nos terminais (conectores) da conexão gera uma corrente elétrica na resistência inserida no corpo da mesma, gerando calor, por efeito Joule, que leva à fusão do material da conexão e do tubo. O material da conexão, quando se funde, expande-se para dentro, em direção ao tubo e o material do tubo quando se funde expande-se para fora em direção à conexão. Dessa forma os dois materiais são empurrados, um contra o outro, gerando uma pressão de solda, fazendo com que os mesmos se misturem.

Quando a corrente elétrica cessa, os materiais começam a resfriar lentamente, até a temperatura ambiente, formando novos cristalitos com a mistura dos dois materiais, soldando-se, tal como na solda de termofusão.

Este tipo de solda requer equipamentos e ferramentas especiais, tais como máquina de solda de eletrofusão, ferramenta de alinhar tubos, raspadores para preparação das superfícies a serem soldadas, fornecimento de energia, etc.



Figura 9: Máquina de Solda de Eletrofusão

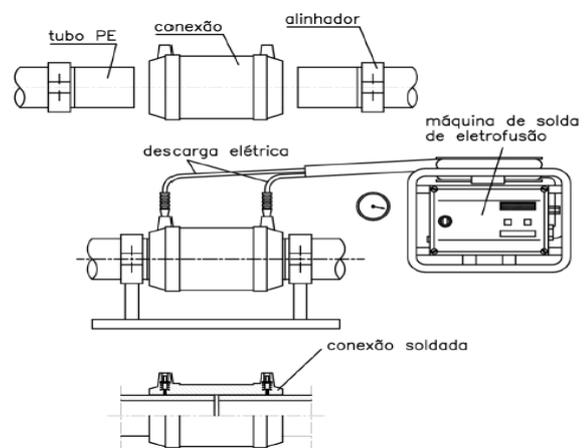


Figura 10: Procedimento de Solda de Eletrofusão



Figura 11: Luvas de Eletrofusão



Figura 12: Máquina de Solda de Eletrofusão

## JUNTAS MECÂNICAS

Este tipo de união realiza o acoplamento de tubos de forma mecânica, mesmo que eles sejam de materiais diferentes, e dispensa o uso de equipamento de solda termoplástica. Pode ser realizada com a linha úmida ou molhada, sendo ideal para manutenções de tubulações e aplicação em locais de difícil acesso. Confere uma maior rapidez na operação de união entre tubos, pois é de fácil execução. Por fim, essa união pode ser desmontada e reaproveitada em outra montagem (é intercambiável).

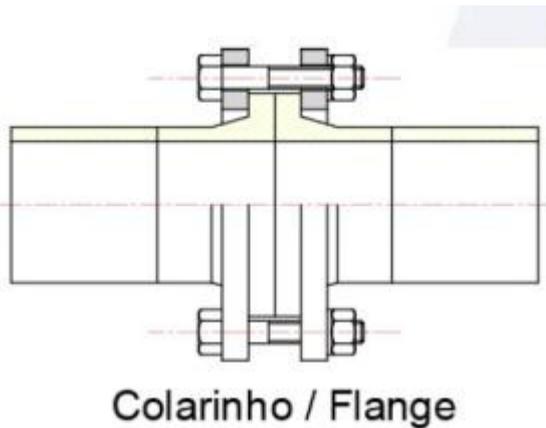


Figura 13: Junta Mecânica (Colarinho + Flange)



Figura 14: União de Tubos (Colarinho + Flange)

## VANTAGENS

A utilização de tubulações em PEAD com grande diâmetro tem mostrado algumas vantagens quando comparado com os materiais comumente utilizados no saneamento, como o aço, o ferro fundido e o concreto. Em suma, estas se devem às suas características mecânicas, que ao longo do tempo tem se aprimorado, de modo que hoje é possível a aplicação de tubulações em PEAD com grandes diâmetros no saneamento. Abaixo estão listadas algumas vantagens percebidas durante a utilização deste material:

a) Agilidade para montagem:

Considerando que em condições favoráveis para a soldagem (ausência de chuva e facilidade para alimentação da máquina de solda) é possível executar quatro soldas entre tubos em PEAD DN 1200 mm, e que cada barra de tubo tem 12 metros de comprimento, em um único dia é possível preparar um trecho de 60 metros.

Por outro lado, para a soldagem de um tubo em aço com este mesmo diâmetro, considerando um passe de selagem, um passe de raiz, dois de enchimento e acabamento da junta soldada, executada com dois soldadores

qualificados e bem treinados, nas mesmas condições favoráveis citadas anteriormente, em um dia é possível executar duas soldas. Uma vez que cada barra de tubo de aço tem 6 metros, no período citado é possível preparar um trecho de apenas 18 metros.

Percebe-se então que para tubulações de grande diâmetro, onde a soldagem do tubo de aço é mais demorada, a produtividade é maior quando se utiliza o PEAD.



**Figura 15: Máquina de soldagem de tubo em PEAD pelo processo de termofusão.**

b) Facilidade para movimentação:

Em ocasiões onde o prazo seja exíguo para o assentamento de tubulações, percebe-se que a tubulação em PEAD favorece a agilidade no assentamento, por ser mais leve e flexível. A tabela 2 mostra, a título de comparação, a massa linear dos tubos em PEAD, aço e ferro fundido, todos com diâmetro nominal de 1200 mm e classe de pressão PN 10 kgf/cm<sup>2</sup>.

Material	Massa linear (kg/m)
PEAD SDR 17	243
Aço espessura 3/8"	283
Ferro fundido classe K7	412

**Tabela 2: Massa linear de tubulações DN 1200 mm.**

Além da significativa diferença da massa linear do PEAD com relação ao aço e ao ferro fundido, outra característica preponderante que o diferencia positivamente com relação aos demais é a sua flexibilidade. Uma vez que os locais de assentamento da adutora foram os mais adversos e de difícil acesso, seria necessário um material que permitisse a movimentação de grandes comprimentos, como pode se observar na figura 16. A estratégia adotada neste sentido consistiu na soldagem de várias barras de tubo em PEAD, e posteriormente estes tramos eram movimentados por meio de máquinas escavadeiras.



**Figura 16: Movimentação de um tramo de tubulação em PEAD com máquinas escavadeiras.**

c) Aplicação em locais adversos:

Durante o assentamento de adutoras, é comum deparar-se com locais de difícil acesso, e traçados irregulares ou com grande declividade. Em alguns casos, o traçado da adutora passa por rios ou represas e, dessa forma, merece destaque a montagem de tubulações em PEAD sobre a água. A aplicação de tubulação em aço ou ferro fundido demanda obras civis de grande porte, que poderiam inviabilizar os prazos de execução. No entanto, a utilização de tubulações em PEAD pode viabilizar o cumprimento dos prazos estabelecidos.

Para a montagem de tubos sobre a água, pode-se adotar uma metodologia que consiste na soldagem por termofusão na margem do corpo d'água. Uma escavadeira posiciona os tubos na máquina de soldagem por termofusão, e após a soldagem outra escavadeira puxa a extremidade do tramo soldado. Este tramo, por sua vez, é deslocado sobre roletes (tarugos em PEAD) em direção à água. As figuras 17 e 18 ilustram a metodologia supracitada.



**Figura 17: Alimentação da máquina de soldagem de tubos em PEAD.**



**Figura 18: Após a soldagem, movimentação dos tubos em PEAD em direção ao corpo d'água.**

Uma vez lançada a extremidade da tubulação na água, toda a movimentação é feita utilizando-se de uma escavadeira sobre uma balsa. Com este equipamento, posiciona-se a tubulação em PEAD sobre estruturas flutuantes previamente preparadas, que consistem em segmentos de tubos também em PEAD, com comprimento aproximado de 6 metros, instaladas a cada 30 metros aproximadamente. A figura 19 mostra o esquema de montagem supracitado.



**Figura 19: Esquema de montagem de tubulação em PEAD sobre a água.**

Em alguns casos é necessário executar o assentamento da tubulação em regiões pantanosas. Nesta situação o PEAD também se mostra vantajoso, pois à medida que a soldagem ocorre na margem de um corpo d'água, e a tubulação avança pelos diversos tipos de terreno, não é necessária grande mobilização de equipamentos para executar a união de barras de tubos em PEAD em regiões críticas. Com isso, devido à facilidade de manuseio e utilizando-se apenas de escavadeiras sobre uma plataforma de madeira, por exemplo, é possível movimentar a tubulação e acomodá-la. A figura 20 ilustra a situação supracitada.



**Figura 20: Montagem de tubulação em PEAD em terreno pantanoso.**

Podem ocorrer situações nas quais o traçado da adutora em PEAD passa por taludes com grande inclinação. A figura 21 mostra um trecho no qual ocorreu esse tipo de situação. O assentamento da adutora neste local se mostrou muito complexo, e a flexibilidade do PEAD foi uma característica favorável, pois permitiu a movimentação do tramo utilizando retroescavadeiras.



**Figura 21: Assentamento da adutora em talude com grande inclinação.**

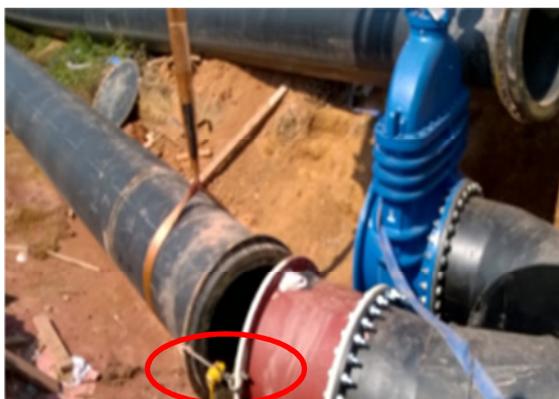
## CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES

A seção a seguir trata sobre considerações importantes acerca da montagem, operação, manutenção e mesmo desativação de tubulações em PEAD com grandes diâmetros, sendo expostos alguns casos que ilustram tais considerações.

**Caso 1:** Alinhamento entre tubos na montagem de uniões flangeadas e condições para executar o torque dos parafusos.

Devido ao lançamento das tubulações em PEAD sobre terrenos adversos, em valas ou no interior de um corpo d'água, em alguns casos não é possível efetuar uniões soldadas entre as partes, devido à falta de acesso para as máquinas de soldagem ou isenção de umidade no local, sendo necessário recorrer às uniões flangeadas. Neste tipo de situação, pode não ser possível obter um bom alinhamento entre os tubos, fazendo com que as faces dos flanges não fiquem paralelas, dificultando o aperto uniforme de todo o perímetro da união e favorecendo posteriores vazamentos.

Outro potencial problema nesse sentido é a falta de condições de se efetuar o torque dos parafusos de maneira adequada. Isso ocorre principalmente após o início de operação da tubulação, quando há a necessidade de se efetuar o reaperto ou desmontagem da união para alguma manutenção. No caso, ela pode estar parcial ou totalmente enterrada, submersa, ou em outra condição impeditiva para execução do torque correto, propiciando vazamentos.



**Figura 22**



**Figura 23**



**Figura 24**



**Figura 25**

**Figura 22:** Desalinhamento entre flanges, sendo utilizada talha para efetuar o fechamento da união.

**Figura 23:** Vazamento em união flangeada que estava enterrada.

**Figura 24:** Manutenção em união flangeada dentro d'água.

**Figura 25:** Manutenção em união flangeada lançada sobre um terreno pantanoso.

Portanto é necessário executar as uniões flangeadas com bastante cuidado em termos de alinhamento entre as partes, e propiciar condições necessárias para se efetuar o aperto e reaperto dos parafusos no torque e sequência corretos. Essa consideração aplica-se especialmente em trechos enterrados ou alagados, nos quais existe uma maior dificuldade para realização de montagens e manutenções.

### **Caso 2:** *Tipo de junta utilizada entre colarinhos.*

Em tubulações em PEAD com grandes diâmetros, o tipo de junta utilizada entre os colarinhos pode ser um fator crítico para se evitar vazamentos. Normalmente são utilizadas juntas de borracha, mas em alguns casos elas podem ser ineficientes e romper após um período relativamente curto de operação. Pode-se atribuir tal ineficiência ao aperto excessivo de apenas uma parte da união flangeada para compensar o desalinhamento entre as faces, ou ao torque desigual dos parafusos, conforme posto no tópico anterior.



**Figura 26:** Junta de borracha expulsa durante a operação da tubulação.

A literatura diz que a junta entre colarinhos pode até ser dispensada, dependendo da pressão de operação da tubulação e da possibilidade de se efetuar o torque adequado dos parafusos da união. Na impossibilidade de aplicação do torque adequado recomenda-se, por segurança, a utilização de juntas de papelão hidráulico, que apresentam propriedades melhores que às das juntas de borracha.

### **Caso 3:** *Movimentação das tubulações.*

É importante que se faça o manuseio cauteloso das tubulações durante o seu assentamento, para se evitar quaisquer danos aos colarinhos, paredes dos tubos ou cordões de solda, que posteriormente podem resultar em vazamentos ou outra consequência mais severa. Também é importante evitar que existam sujeiras nas paredes e interior do tubo, o que dificulta o processo de soldagem.



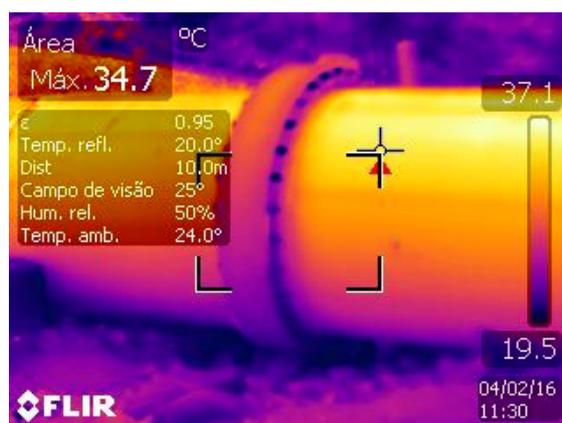
**Figura 27:** Face de colarinho danificada durante a movimentação da tubulação.

É recomendável que, durante a movimentação da tubulação na etapa de montagem, suas extremidades estejam devidamente tamponadas, de forma a proteger as faces dos colarinhos e evitar a entrada de sujeira. É importante também evitar que ocorra a movimentação da tubulação sobre pedras e outros objetos pontiagudos, que possam danificar as paredes dos tubos ou as soldas efetuadas. Outro ponto é que, ao movimentar-se uma

tubulação em PEAD na água, a mesma deve estar com as extremidades bem lacradas. Uma tubulação na água, sem estar com as extremidades perfeitamente impermeáveis, permite a entrada de fluido em seu interior e faz com que a mesma afunde em mais de 90% de seu diâmetro externo, dificultando bastante a montagem posteriormente.

#### **Caso 4:** *Dilatação térmica em tubulações aparentes.*

Quando uma tubulação em PEAD possui trechos aparentes, é necessário levar em consideração que as variações de temperatura atmosférica podem alterar substancialmente seu comprimento e diâmetro. Isto se deve à grande elasticidade do material, e pode provocar dilatações, contrações e tensões indesejáveis. Outro aspecto importante é que a variação de temperatura ao longo da seção da tubulação é desigual, conforme mostrado na figura 28, o que também pode causar os efeitos mencionados.



**Figura 28:** Imagem termográfica mostrando a variação de temperatura ao longo da seção de uma tubulação em PEAD.

Com base nisso, é recomendável prever sobras no comprimento da tubulação, para acomodar as deformações decorrentes de variação térmica do ambiente e da distribuição desigual de temperatura longo da seção do conduto.

#### **Caso 5:** *Instalação de válvula borboleta.*

Ao se instalar uma válvula borboleta em uma tubulação em PEAD, é necessário considerar o fato de que o diâmetro interno de um tubo deste material é menor que o diâmetro interno de um tubo de aço ou ferro fundido. Com isso, pode ser que o obturador da válvula colida contra a parede do colarinho, inviabilizando qualquer manobra.



**Figura 29**



**Figura 30**

**Figura 29:** Válvula borboleta montada em posição inadequada, causando interferência entre o obturador e o colarinho da tubulação.

**Figura 30:** Válvula borboleta montada em posição correta, entre dois trechos metálicos da tubulação.

Assim sendo, é prudente certificar-se de que o diâmetro interno da tubulação em PEAD na qual será acoplada uma válvula borboleta seja suficiente para permitir a movimentação do obturador. Caso não seja, considerar a utilização de carretéis metálicos de transição, ou ainda trocar o tipo de válvula, empregando uma do tipo gaveta, por exemplo.

**Caso 6: Soldagem de derivações.**

Assim como para efetuar a união entre dois tubos, a soldagem de derivações em uma tubulação de PEAD pode ser feita tanto pela técnica de termofusão quanto pela de eletrofusão. De acordo com a ocasião, uma ou outra técnica se apresentará mais adequada, sendo que a termofusão é mais barata, porém mais dependente da habilidade do operador do equipamento de soldagem, enquanto a eletrofusão é mais cara, porém mais robusta e de execução mais simples.



**Figura 31**



**Figura 32**

**Figura 31: Derivação executada pela técnica de termofusão.**

**Figura 32: Derivação executada pela técnica de eletrofusão.**

Outra consideração importante em relação às derivações é que se devem evitar esforços cortantes/perpendiculares sobre as mesmas, como o peso de uma válvula por exemplo. Um esforço perpendicular pode causar o rompimento da derivação, sendo necessário neste caso transmiti-lo a um apoio, ou mudar a derivação para uma posição mais favorável.

**Caso 7: Deformação durante a inatividade.**

Foi observada uma acentuada deformação em algumas tubulações em PEAD após certo período de inatividade das instalações onde elas foram aplicadas. Não foi possível avaliar ainda se é uma deformação elástica ou plástica, porém foi constatado que as deformações são oriundas de um esforço das tubulações sobre seus apoios, o que propicia forças cortantes.



**Figura 33: Tubulações deformadas após um período de inatividade.**

É importante estar consciente que os tubos podem deformar consideravelmente. Então é necessário verificar se o traçado ou posição na qual a tubulação esteja instalada não facilitará a deformação durante a inatividade, o

que poderá eventualmente dificultar a retomada do fluxo, bem como forçar outros pontos da tubulação. Deve-se definir e observar criteriosamente os pontos de apoio de uma tubulação em PEAD, de forma que sejam evitadas deformações tanto durante a operação quanto durante a inatividade da mesma.

**Caso 8:** *Execução de travessias aéreas.*

Na execução de travessias aéreas utilizando tubulações em PEAD é necessário considerar a flexibilidade do material, o que demanda a construção de estruturas de apoio mais robustas e complexas. Outro fato é que numa travessia aérea, a tubulação também fica exposta, suscetível a todos os efeitos já mencionados. Uma alternativa é utilizar para a travessia uma tubulação de aço, mais rígida e que exige estruturas de apoio menores, fazendo a transição para o PEAD através de sistemas de colarinhos e flanges, nos pontos à montante e jusante da travessia aérea.



**Figura 34:** Travessia aérea de uma tubulação em PEAD.

## CONCLUSÃO

No caso da Sabesp, a solução em termos de tubulação para diversas obras necessariamente passava pelo PEAD, em virtude de todas as dificuldades envolvendo o ambiente de trabalho, grandes diâmetros, o alto rendimento necessário para os serviços e prazos bastante reduzidos. Provavelmente com a utilização de outro material não seria possível cumprir as demandas.

Além disso, conclui-se que a utilização de tubulações em PEAD com grande diâmetro evidencia sua aplicabilidade no saneamento básico em diversas ocasiões, como adução de água, no remanejamento de adutoras e na substituição de trechos com corrosão acentuada ou em regiões com potencial para corrosão. Todavia é sempre importante se levar em conta todas as considerações mencionadas neste trabalho, de forma a evitar retrabalhos durante a montagem e dificuldades na manutenção das tubulações.

## BIBLIOGRAFIA

DANIELETTO, J.R.B. Manual de tubulações de polietileno e polipropileno, 3ª ed. São Paulo, 2014.

BONADIE, D.P. A utilização de tubulação de PRFV – poliéster reforçado com fibra de vidro - em adutoras sobre pressão, de água bruta ou tratada: um estudo de caso do Sistema Produtor Santo André em Santana de Parnaíba. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp150158.pdf>>. Acesso em 21.03.2016

Sites da internet:

- PIPA (Plastics Industry Pipe Association of Australia) – <http://www.pipa.com.au/>
- Plastics Pipes Institute – <http://plasticpipe.org/>
- Tenaris Confab – <http://www.tenaris.com/tenarisconfab/pt/default.aspx/>
- FGS Brasil - <http://www.fgsbrasil.com.br/>
- Saint-Gobain Canalização - <http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/home/>