

LIMPEZA E REVESTIMENTO DE TUBULAÇÕES ASSENTADAS(*)

ENG.º ISAAC ZINGEREVITZ (**)

1. SUMÁRIO

O presente trabalho apresenta considerações gerais sobre a reabilitação com argamassa de cimento de tubulações assentadas; os processos apresentados são tecnicamente possíveis em tubulações velhas ou novas, de ferro fundido ou aço, em diâmetros que vão de 100 mm até 6,0 m.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Com o aumento das populações urbanas das cidades brasileiras e o objetivo de proporcionar equipamento urbano adequado a estas populações, desenvolvem-se em nosso país grande número de projetos para aumento de capacidade de oferta de água potável aos centros urbanos. Novas técnicas de tratamento permitem melhorias sensíveis nesta fase do processo a custos inferiores aos de soluções tradicionais. Até o presente, com relação à adução e à distribuição, a solução para o seu aumento estava baseada em colocação de tubulação em paralelo às já existentes, à colocação de «boosters» quando compatíveis ou, se possível, trocas de rotores em sistemas de recalque existentes.

Utilizado há mais de trinta anos nos Estados Unidos, Canadá e outros países,

ao que nos consta no Brasil, nenhuma tubulação de água foi reabilitada no local, aumentando o seu coeficiente de vazão, usualmente expresso por «C» de Hazen-Williams.

Com a introdução da técnica de reabilitação de tubulações assentadas no Brasil, o aumento de adução de água quer nos sistemas públicos, quer nos privados, passa a ter as seguintes alternativas:

1. Instalação de novas tubulações em paralelo às existentes, sem entrar em consideração quanto à melhoria de capacidade destas últimas;
2. Colocação de «boosters»;
3. Modificação de capacidade de sistemas elevatórios;
4. Limpeza periódica das tubulações existentes para garantir que a capacidade das tubulações não fique abaixo de determinado valor;
5. Limpeza das tubulações existentes e tratamento químico da água para que a capacidade de vazão não caia abaixo de certo valor, aumentando o período das limpezas periódicas;
6. Limpeza e revestimento das tubulações já assentadas, procedendo à sua completa reabilitação; tal processo aumenta a vida útil da tubulação e permite que esta volte a trabalhar com coeficiente de vazão análogo e às vezes superior ao da época de sua instalação.

(*) Trabalho apresentado no VII Congresso da ABES - Salvador - Bahia (novembro 1973).

(**) Prof. Assist. de «Hidráulica e Saneamento» da Escola de Engenharia Mauá - S. Paulo. Gerente da Ameron Revestimento de Tubos Ltda. Ex-eng.º chefe da Seção de Pesquisas Pitométricas da SAEC - S. Paulo.

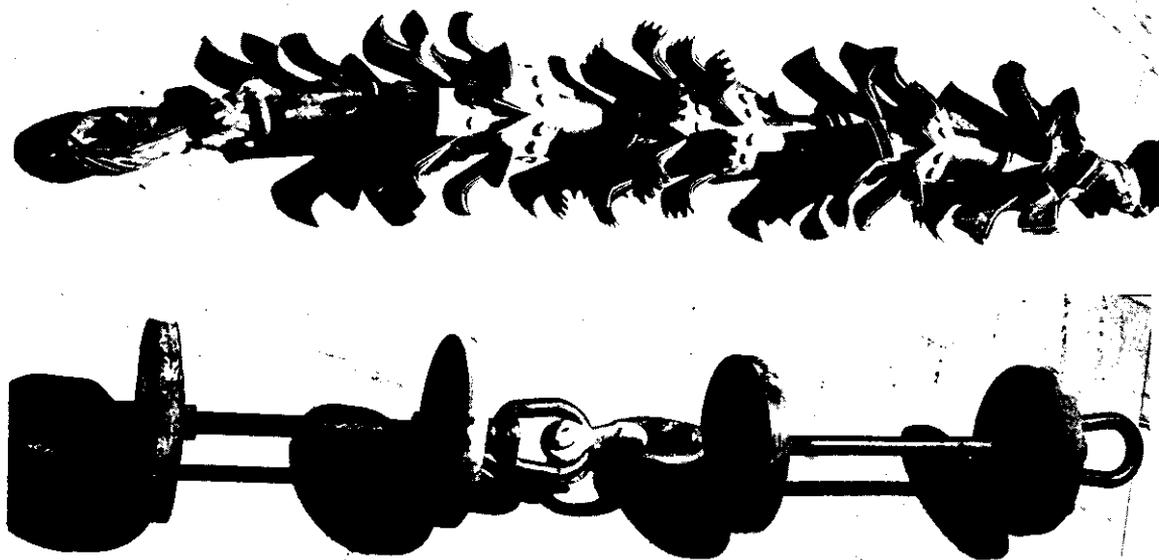


Figura 1

Além de cada processo acima, muitas vezes a melhor solução é a que combina duas ou mais das alternativas expostas.

3. LIMPEZA DE TUBULAÇÕES

A limpeza de tubulações já assentadas é uma das formas de manter a capacidade de um sistema de adução e distribuição. No caso usual o objetivo da limpeza é a retirada de tubérculos e escamas; não nos preocuparemos com a limpeza de certos tipos de desenvolvimentos de material gelatinoso nas paredes da tubulação, que apesar de serem de espessura reduzida, podem causar apreciável diminuição da capacidade de vazão (5)*, (6), (7).

Para tubérculos e outros materiais estranhos aderidos às paredes da tubulação os processos mais eficientes de limpeza baseiam-se em raspagem da tubulação por meio de lâminas de aço. No Brasil, há casos conhecidos de limpeza por este processo, com os denominados «tatus» (1).

As principais dificuldades encontradas referem-se a obstruções imprevistas e estas ocorrem quando existem curvas não assinaladas em plantas, variação de diâmetro de tubulação, juntas defeituosas ou

com excesso de chumbo, saliências na tubulação, existência de válvulas não assinaladas em planta e raramente devido à existência de corpos estranhos.

Os três processos principais de limpeza são apresentados a seguir.

3.1. Processo de arraste mecânico

Este processo, usual para tubulações de pequenos e médios diâmetros (até \varnothing 500 mm), consiste em passar pela tubulação um equipamento com lâminas de aço, dispostas como na fig. 1, em que o eixo longitudinal que contém o porta-lâminas é articulável a cada dois conjuntos, permitindo a sua passagem por curvas não acentuadas da tubulação; atrás do conjunto de lâminas coloca-se um conjunto de rodos circulares de borracha que arrasta o material solto pelas lâminas para fora do tubo; o conjunto lâminas-rodos é puxado por um guincho mecânico, através de cabos de aço, de um extremo a outro do trecho em fase de limpeza.

A operação de limpeza é repetida pelo número de vezes necessárias até que nenhum material estranho seja arrastado pelos rodos.

A limpeza por este processo é feita em trechos de tubos de até 300 metros de extensão, dependendo da planta e perfil do desenvolvimento da tubulação, e condições internas da tubulação.

* Os números entre parêntesis correspondem às referências citadas no final do trabalho.



Figura 2

3.2. Processo de arraste hidráulico

O processo de arraste hidráulico é análogo ao anterior, mas exige, para cada diâmetro de tubo a ser limpo, água em quantidade e pressão suficientes para que esta movimente o raspador (fig. 2). Este possui diafragmas que permitem o controle da passagem da água por dentro do raspador lavando e carreando a sujeira desprendida para a frente do limpador. Uma válvula a jusante controla a vazão que por sua vez condiciona a velocidade de avanço do limpador.

Deve-se prever local adequado para a disposição da água utilizada na movimentação do limpador, bem como do material retirado da tubulação.

A extensão de cada «corrida» do limpador depende das condições de plantas e no caso favorável pode-se fazer a limpeza da ordem de quilômetros em uma «corrida».

Este processo é o que proporciona as melhores condições de limpeza do tubo, além de ser usualmente o método mais rápido de limpeza.

3.3. Processo mecânico

Para tubulações de grande diâmetro quando não é possível o processo hidráulico, a limpeza da tubulação é feita por processo mecânico. A fig. 3 mostra o equipamento utilizado neste processo.

Um carro é introduzido na tubulação e enquanto avança por esta, as lâminas existentes nos braços rotatórios raspam completamente tubérculos e matéria estranha incrustados na tubulação. Pode-se, em certos casos, substituir as lâminas por escovar, cortadores, etc.

Este processo é o mais oneroso dos

três, pois há mais mão-de-obra envolvida, particularmente na retirada dos detritos de dentro da tubulação, apesar de permitir uma ótima limpeza do tubo.

4. A LIMPEZA PERIÓDICA

O processo de limpeza por qualquer dos métodos acima permite que seja obtido praticamente o coeficiente «C» original da tubulação. Apesar da melhoria nas condições de escoamento, se não for feita alguma proteção quer na tubulação, quer no tratamento químico da água, após um tempo bastante curto a tubulação volta ao mesmo valor do coeficiente existente imediatamente antes da limpeza. Na fig. 4 apresentamos um gráfico (2), onde verifica-se que no curto espaço de dois anos a tubulação limpa e não protegida tem um coeficiente «C» reduzido de 130 para 60 com queda de 54% do valor original. Para evitar a limpeza periódica é necessário um recobrimento protetor das paredes internas da tubulação. O tratamento químico é oneroso, difícil e simplesmente aumenta o período necessário entre duas limpezas sucessivas.

5. O REVESTIMENTO DAS TUBULAÇÕES E OS PROCESSOS UTILIZADOS

Os revestimentos internos possíveis para evitar a corrosão em tubos de ferro fundido e aço podem ser classificados em dois tipos: os inibidores e os impermeabilizadores.

Os revestimentos impermeabilizantes são os asfaltos, betuminosos ou sintéticos. A sustentação da capa impermeabilizante é conseguida por adesão e isto exige que o tubo esteja perfeitamente limpo e que

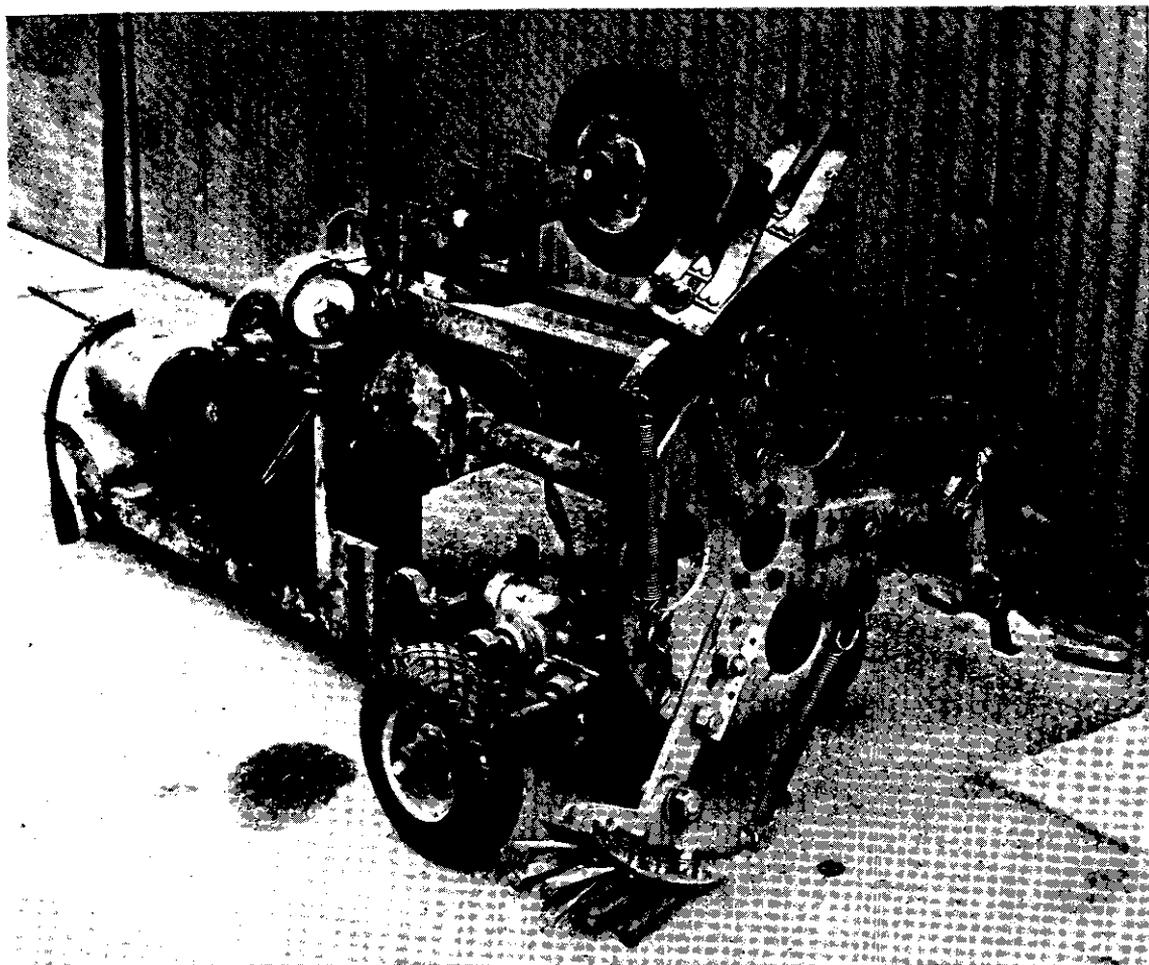


Figura 3

a capa seja absolutamente estanque, de forma a evitar qualquer umidade entre a capa e o tubo; outros fatores que exigem cuidados especiais referem-se à temperatura do impermeabilizante, no caso dos betuminosos, para evitar evaporações ou segregações que diminuirão a vida útil do revestimento. Para os sintéticos é necessária perfeita limpeza do tubo por jateamento de areia.

O revestimento com argamassa de cimento apresenta inúmeras vantagens como protetor de corrosão. A inibição da corrosão é conseguida através de uma camada de água alcalina que se forma ao redor do tubo. A fig. 5 apresenta um esquema desta condição.

Outra vantagem da argamassa de cimento como revestimento interno de tubulações é que a argamassa tem alta resistência à compressão. Quando imersa

na água há expansão da argamassa, e o tubo age como um anel tensionador, comprimindo a argamassa; a ação do tubo, comprimindo a argamassa, mantém o revestimento em firme contato com a parede do tubo.

Em anexo apresentamos a espessura recomendada da argamassa de cimento para tubulações assentadas, de acordo com a norma C 602-67 da AWWA.

5.1. O processo «Tate»

O processo de revestimento mais antigo, conhecido por processo Tate, foi desenvolvido na Austrália e consiste de um cone colocado na tubulação, seguido de argamassa depositada no interior do tubo e um «plug» que segura a argamassa entre este e o cone; com a movimentação do conjunto a argamassa é compri-

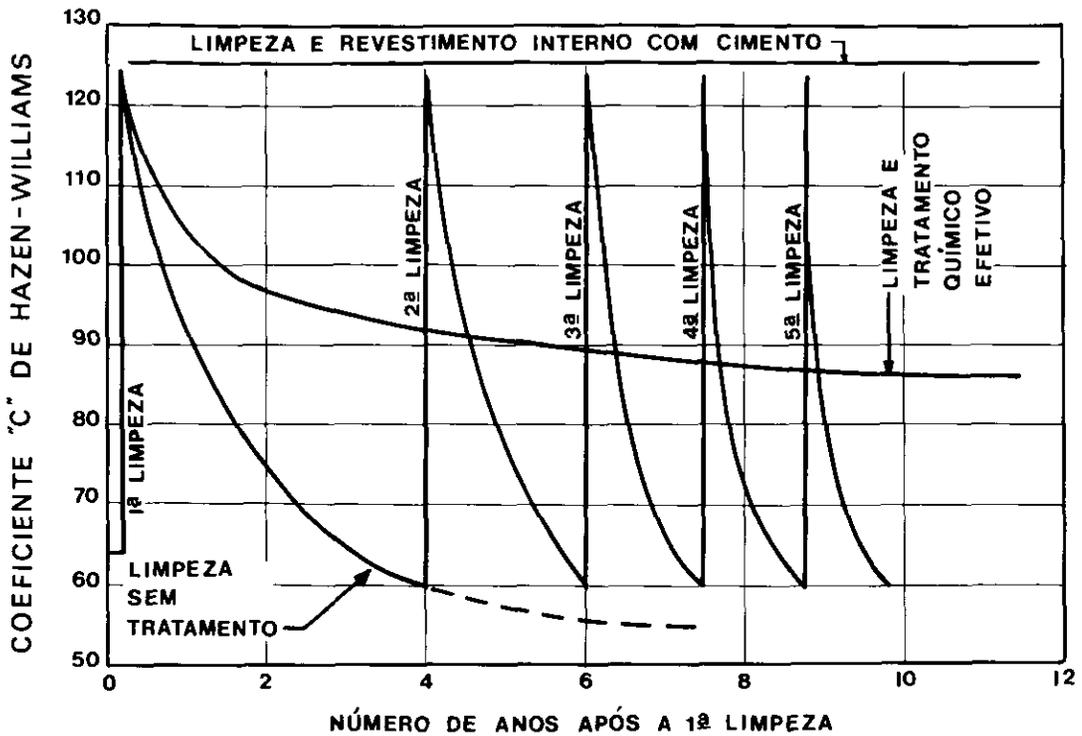


Figura 4

Princípios da proteção com revestimento interno com argamassa de cimento

SOLO

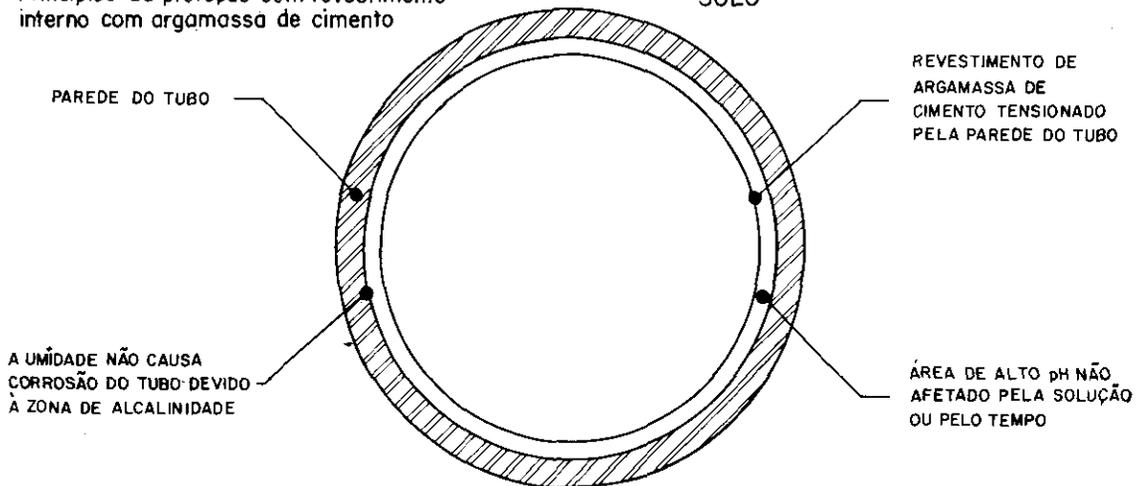


Figura 5

mida entre a parede do tubo e o cone, ficando depositada na parede. Este processo exige que todas as derivações sejam bloqueadas, para não permitir a passagem da argamassa que irá obstruí-las completamente.

Tal processo pode ser usado em diâmetros de 100 a 400 mm.

A fig. 6 mostra tal processo em utilização.

5.2. O processo centrífugo

O processo centrífugo pode ser usado para qualquer diâmetro a partir de 100 mm, sendo que os maiores diâmetros re-

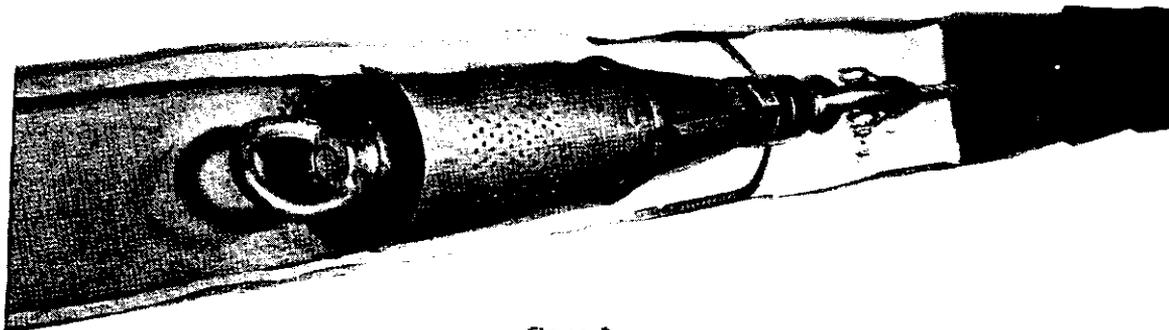


Figura 6

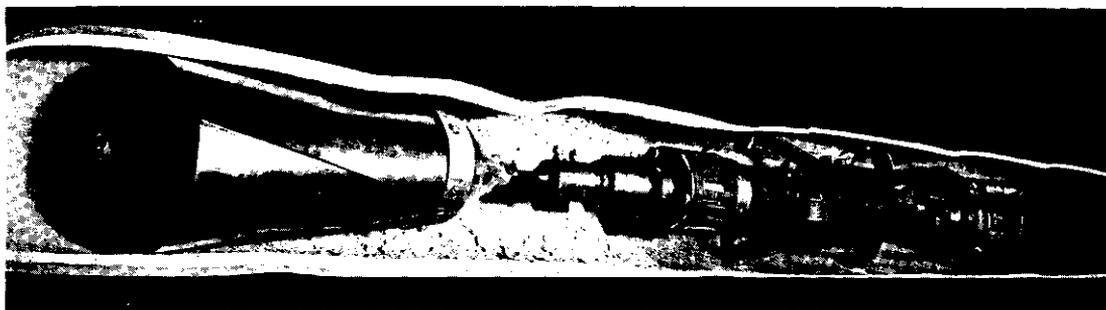
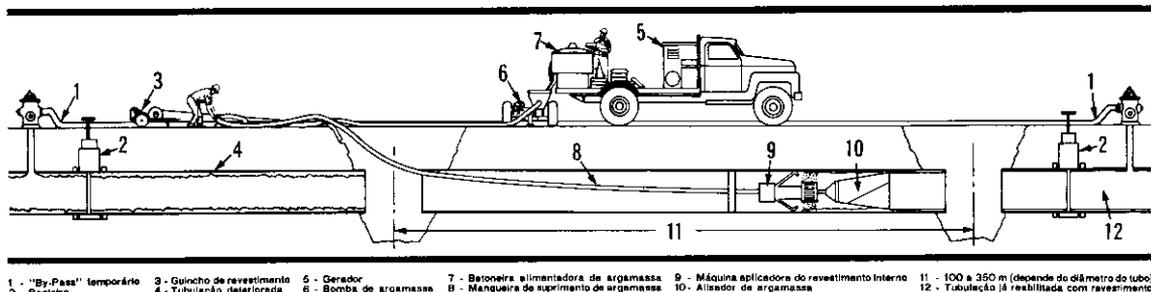


Figura 7



1 - "By-Pass" temporário 2 - Registro 3 - Guincho de revestimento 4 - Tubulação deteriorada 5 - Gerador 6 - Bomba de argamassa 7 - Bateeira alimentadora de argamassa 8 - Mangueira de suprimento de argamassa 9 - Máquina aplicadora do revestimento interno 10 - Alisador de argamassa 11 - 100 a 350 m (depende do diâmetro do tubo) 12 - Tubulação já reabilitada com revestimento

Figura 8

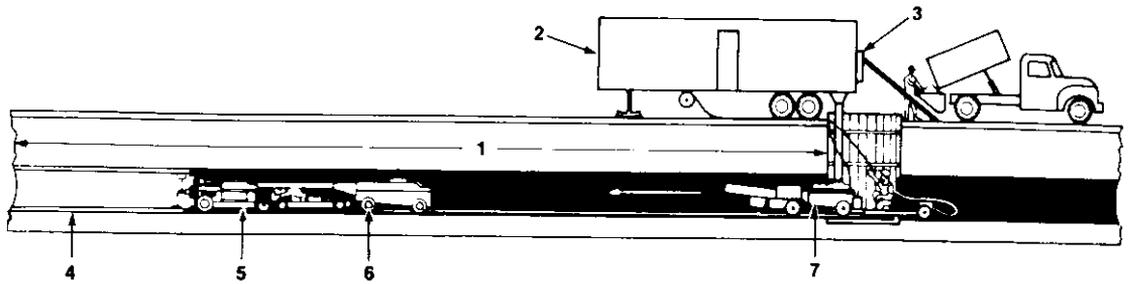
vestidos pelo processo **Spunline** até o presente chegam a mais de 6 metros (20 pés); convém salientar que este valor não é um limite superior pois para o projeto do sistema adutor do sul da Califórnia, em diâmetros superiores a 6 m, uma das alternativas prevê revestimento com argamassa de cimento imediatamente após o assentamento das tubulações, e antes da entrada das linhas em operação.

Este processo consiste basicamente de um cabeçote que, girando em alta velocidade, asperge argamassa na parede do tubo; a aspersão da argamassa e particularmente o seu grau de umidade, são tais que não acarretam nem a segregação da areia nem o seu escorregamento pelas paredes do tubo.

Se bem que o cabeçote de aspersão seja semelhante para todos os diâmetros, diferenças existem tanto na forma de alimentação de argamassa ao cabeçote, como no modo de alisamento da argamassa após a sua aplicação.

Para diâmetros até 1.000 mm, o processo **Spunline** alimenta o cabeçote através de bombeamento e mangueiras de alta pressão; o conjunto que mantém o cabeçote arrasta um cone de aço inox, que adensa e alisa a argamassa contra a parede do tubo.

As figs. 7 e 8 mostram o esquema de funcionamento do equipamento e o conjunto cabeçote-cone de alisamento.



1 - Distancia entre pontos de acesso: 100 a 600 m. 3 - Betoneira de perfeita homogeneização 5 - Máquina revestidora com palhetas de alisamento 7 - Suprimentos de argamassa
 2 - Gerador 4 - Tubulação já reabilitada com argamassa 6 - Alimentador da máquina revestidora

Figura 9

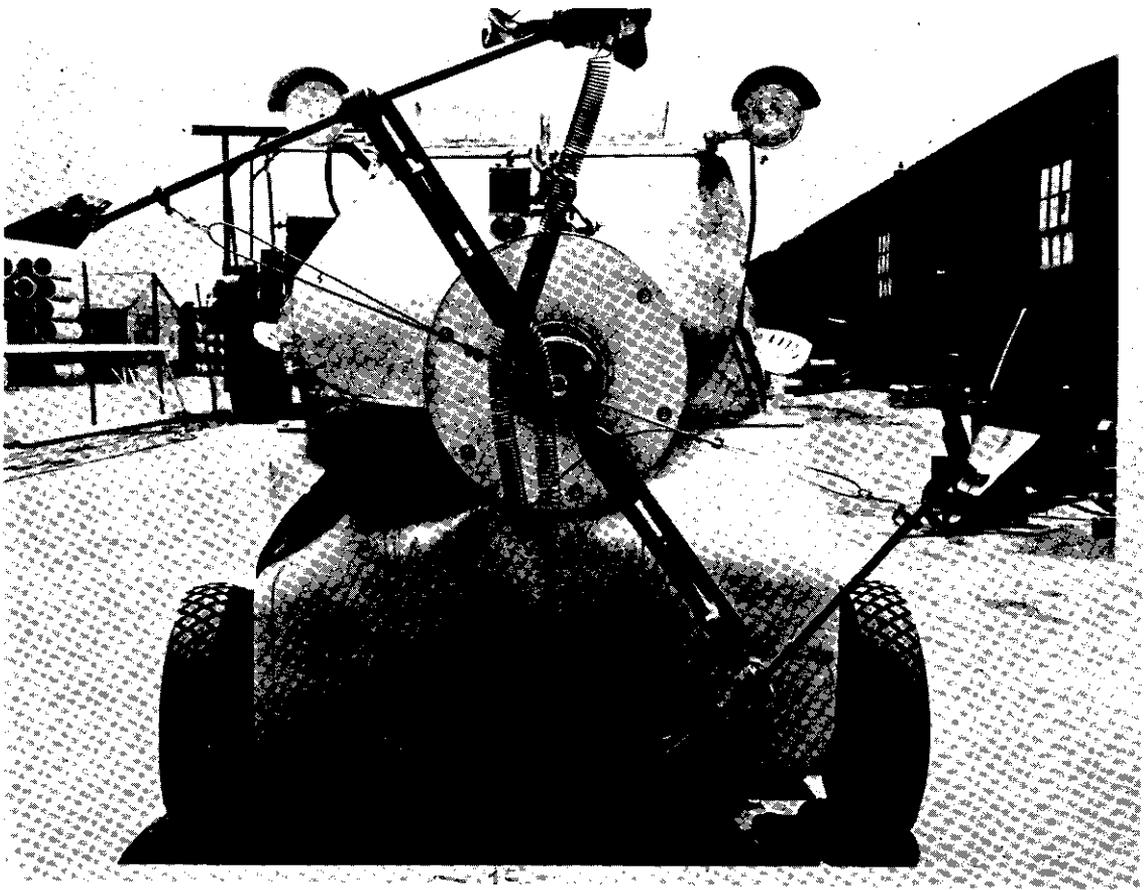


Figura 10

Para diâmetros maiores, a alimentação da argamassa é feita por carros elétricos operados manualmente e que alimentam tremonha que vai alimentar o cabeçote aspersor; em seguida ao cabeçote existem braços rotatórios com palhetas nas pontas, que fazem as mesmas funções da do cone de aço inox.

As figs. 9 e 10 mostram o esquema

de funcionamento para o caso acima, bem como o cabeçote aspersor e os braços com as palhetas.

5.3. Serviços complementares

Os pontos que não foram revestidos mecanicamente, como tês, cruzetas, curvas de raio curto, etc., são revestidos a

mão, com espátula de aço, imediatamente após o revestimento dos trechos retos. As derivações de 50 mm ou menos, nas quais ficarão pequenas calotas de argamassa, são desobstruídas com ar comprimido em contra-corrente.

A lavagem e cloração das linhas pode ser feita logo após o término dos serviços de revestimento, em geral, 48 horas.

6. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ECONÔMICAS

O custo de serviços de reabilitação

O custo de serviços de reabilitação variam, a grosso modo, de 10 a 60% do custo de instalação de uma nova linha. A variação deve-se às condições de obstruções, pavimentação existente, número de aberturas necessárias para acesso do equipamento, extensão da linha, etc., bem como com o diâmetro da tubulação; o custo relativo da reabilitação decresce à medida que aumenta o diâmetro.

Para um sistema de tubulações de \varnothing 500 mm, de ferro fundido, com extensão de 40 km, existente em São Paulo, o custo previsto da reabilitação, em meados de 1973, foi estimado em Cr\$ 110,00 a Cr\$ 125,00 o metro linear. Para adutoras de \varnothing 1.000 mm, de ferro fundido, com 20 km de extensão, o preço estimado da reabilitação, também em meados de 1973, ficou ao redor de Cr\$ 200,00 o metro linear.

Além dos dados acima, serviços executados nos Estados Unidos apresentam os seguintes valores:

Cidade de São Francisco (Califórnia), 9.300 m, tubos de aço, \varnothing 1.100 mm (1953)

Custo da reabilitação: US\$ 153.000

Custo da tubulação nova: US\$ 800.000

Cidade de Denver (Colorado) 6.300 metros, tubos de \varnothing 600 mm, \varnothing 750 mm e \varnothing 900 mm de f.º f.º e aço (1969)

Custo da reabilitação: US\$ 82.300

Custo da tubulação nova: US\$ 750.000

A cidade de Los Angeles (Califórnia), em 1961 estudou o custo comparado de aquisição e assentamento de tubulações de \varnothing 700 mm e da reabilitação das

tubulações. O estudo referia-se a serviços executados até aquela data e como resultado obteve que o custo médio por metro linear de tubulação reabilitada era de US\$ 23,00, ao passo que a tubulação nova custaria US\$ 164,00.

Mesmo no caso de tubulações por recalque, muitas vezes só a economia de consumo de energia elétrica viabiliza a reabilitação de tubulações assentadas.

Verifica-se (4), de forma simplificada, que a relação entre consumo de energia elétrica e coeficiente «C» para dois valores diferente de «C», varia na potência 1,85, isto é diminuindo «C» de 50%, o consumo de energia elétrica é aumentado de $2^{1,85} = 3,61$ (sem maiores considerações sobre a curva característica da bomba e sua curva de rendimento).

Exemplo desta economia ocorreu com a cidade de Coronado, no sul da Califórnia (4). De 1953 a 1956 foram reabilitados 8.900 metros de tubos de ferro fundido \varnothing 400 mm por um custo de US\$ 100.000. Com a reabilitação, as três estações de recalque existentes diminuíram o consumo de energia elétrica em 257.000 kwh, ao custo anual de US\$ 4.400,00.

Considerando amortização da reabilitação e juros, pode-se estimar a economia em US\$ 2.400,00 por ano, para a empresa que opera o sistema de água de Coronado.

Nos casos acima foram relacionados somente os custos diretos envolvidos, sem considerações quanto a custos indiretos de interrupção de tráfego e outros, custos de manutenção de duas linhas ao invés de uma, custos de vazamentos estancados, etc.

Claro está que o custo relativo também depende da condição da tubulação antes da reabilitação e portanto do aumento obtido, o que em geral é função dos coeficientes «C» antes e depois da reabilitação.

7. CONCLUSÕES

O processo de reabilitação de tubulações assentadas de ferro fundido e aço a partir de 100 mm de diâmetro é tecnicamente viável e dependendo das condições das tubulações mostra-se como processo economicamente viável para aumento de adução e distribuição.

Espessura recomendada de revestimento interno com argamassa de cimento em tubulação já assentada

TABELA 1

Norma C602-67 da AWWA Standard for Cement-Mortar Lining of Pipelines in Place

Tipo de Tubo

Reabilitando Fº Fº			Reabilitando Aço			Fº Fº Novo			Aço Novo		
Diâmetro		Espessura do revestimento * (nominal) em poleg. (mm)	Diâmetro		Espessura do revestimento * (nominal) em poleg. (mm)	Diâmetro		Espessura do revestimento * (nominal) em poleg. (mm)	Diâmetro		Espessura do revestimento * (nominal) em poleg. (mm)
Poleg.	mm		Poleg.	mm		Poleg.	mm		Poleg.	mm	
4-10	100-250	1/8 (3,2)	4-12	100-300	1/4 (6,35)	4-10	100-250	1/8 (3,2)	4-12	100-300	3/16 (4,8)
12-36	300-900	3/16 (4,8)	14-22	350-550	5/16 (7,9)	12-36	300-900	3/16 (4,8)	14-36	350-900	1/4 (6,35)
acima 36	acima 900	1/4 (6,35)	24-60	600-1500	3/8 (9,5)	acima 36	acima 900	1/4 (6,35)	42-60	1000-1500	3/8 (9,5)
			acima 60	acima 1500	1/2 (12,7)				66-90	1600-2300	7/16 (11,1)
									acima 90	acima 2300	1/2 (12,7)

* Para tubos muito deteriorados ou com uso anormal, o contratante poderá especificar espessuras maiores de revestimento, conforme o julgamento de sua divisão de engenharia. Em todos os casos, a tolerância da espessura do revestimento será mais 1/8" (3,2 mm), sem tolerância para menos.

Obs.: A norma original em inglês não apresenta grandezas métricas; a conversão e seu arredondamento são de nossa responsabilidade.

8. REFERÊNCIAS

1. ARAUJO MELLO, J. E. e MARTINS, J. — «Adução: As Adutoras da Baixada Santista» — VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária — 1971.
2. DUTTING, Richard F. — «Cleaning and Lining Water Mains in Place» — Trabalho apresentado em 15 de Fevereiro de 1968 na Water Works School, de New England Water Works Association.
3. WOLFE, J. E. — «Cement Mortar Lining of Large Diameter Water Pipelines» — Proceeding No. 6170 da ASCE.
4. BENDER, K. E. — «Cement Mortar Lining of Water Pipelines In-Place» — XIII Congresso da AIDIS, Assunção, Paraguai, 1972.
5. RAVIV, H. — «Cleaning and Re-lining of Pipes» — Congresso da International Water Supply Association, New York, 1972.
6. BRYANT, R. S. — «Internal Cement Mortar Linings for Cast Iron, Ductile Spun Iron, and Steel Pipes» — Congresso da International Water Supply Association, New York, 1972.
7. BASIC WATER WORKS MANUAL — «American Concrete Pressure Pipe Association» — 1958.