

XII-129 - TUBOS DE PVC COM REFORÇO EXTERNO DE FERROCIMENTO: CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E APLICAÇÕES PRÁTICAS

Luciana N. de Magalhaes⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Fumec. Mestre e Doutora em Engenharia de Estruturas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professora na Universidade FUMEC.

Marcos R. Vianna

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da UFMG. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da UFMG. Professor do Programa de Mestrado em Sistemas Construtivos da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC (FEA/FUMEC). Engenheiro consultor.

Barbara Flávia Catalão

Acadêmica de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC (FEA/FUMEC).

Luciana Horta

Acadêmica de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC (FEA/FUMEC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Cobre, 200 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30310190 - Brasil - Tel: (31) 32283150- e-mail: lununes@fumec.br

RESUMO

O ferrocimento é um método construtivo pouco conhecido atualmente e que favorece, mesmo indiretamente, a questões ambientais. No Brasil começou a ser utilizado a partir de 1960 por um grupo de pesquisadores da Escola de Engenharia de São Carlos. Esse sistema é caracterizado pela sua economia nos gastos com materiais, pela pequena quantidade de resíduos produzidos e pela sua praticidade na execução dos processos, podendo assim, solucionar boa parte dos problemas sociais.

No caso específico da construção de estações de tratamento de água, em que os tubos apresentam pequenas extensões, a construção de reforço com o uso do ferrocimento é proposta nesse trabalho. Consiste, na montagem de um envoltório estrutural ao redor do tubo, utilizando armadura estrutural longitudinal e concêntrica ao tubo, executada utilizando vergalhões de aço estrutural envoltos por massa de cimento e areia que recobrem a estrutura. Testes de resistência dos tubos reforçados são apresentados na intenção de se iniciar um estudo de viabilidade do uso desse sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Ferrocimento, Argamasa armada, Estações de tratamento de água, Tubos hidráulicos.

INTRODUÇÃO

Estudos de SCHISTEK (2005), apresentam uma cisterna com capacidade de armazenamento de 16m³ para uso domiciliar usando a tecnologia do ferrocimento. Verificou-se a garantia de uma construção com baixos insumos de materiais, alta resistência e uma execução muito simples. Através dessa mesma tecnologia outra cisterna foi construída como solução para a escassez de água, no sudoeste do Paraná. Com a utilização desse método, os pesquisadores esperam conscientizar a comunidade para os assuntos ambientais. (CIESLIK *et al.*, 2011). Além desses, o Departamento Municipal de Água e Esgoto de Poços de Caldas para tentar despoluir os córregos e ribeirões que passam pela cidade utilizou revestimento para tubo de PVC de esgoto 150mm com ferrocimento. A opção por esse processo trata-se de questões econômicas e de resistência entre outras características.

Outros usos para a técnica de ferrocimento vem sendo analisadas como habitação. Através de um estudo que viabiliza uma solução prática e economicamente viável, MACHADO (1991), apresenta condições de habitabilidade que englobam moradores de baixa renda. Apesar das dificuldades encontradas inicialmente para avaliar custos e quantidades de ferrocimento necessários para a construção de casas pré-moldadas, existe possibilidade de desenvolver esse projeto com idealização de menor tempo, custo e ainda assim, satisfazendo os usuários. Alguns anos após o estudo de MACHADO (1991), PIMENTEL (2009) desenvolve uma linha de

pesquisa semelhante, viabilizando o uso de ferrocimento em habitações sociais, porém, além de vencer questões como custos e tempo, a proposta intervém na necessidade, que aumenta com o passar dos anos, de implantar nos mais diversos âmbitos da sociedade a sustentabilidade.

O ferrocimento é uma técnica de construção artesanal extremamente versátil e por suas características artesanais, tem se mostrado adequado às obras hidráulicas de cunho social permitindo o incentivo da participação popular. Com isto, é possível transferir para a comunidade a tecnologia do processo construtivo, que a utiliza para implantar pequenos reservatórios e bebedouros em suas propriedades particulares.

Além disto, ao participar da implantação das obras com seu trabalho pessoal, os membros de uma comunidade passam a se sentir corresponsáveis por elas e zelam por sua qualidade e conservação. Assim, esse trabalho tem como objetivo fornecer subsídios técnicos estruturais para usufruir desse material com o máximo de seu potencial no que tange à propriedades mecânicas e técnicas construtivas.

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA – vem construindo estações de tratamento de água e reservatórios em obras voltadas para o saneamento rural desde 1993. Quanto às estações de tratamento de água, dezenas delas encontram-se em operação em todo o estado de Minas Gerais, tratando vazões desde 4 até 150 litros por segundo. A Figura 1 apresenta esquematicamente as concepções típicas adotadas na maior parte dessas estações.

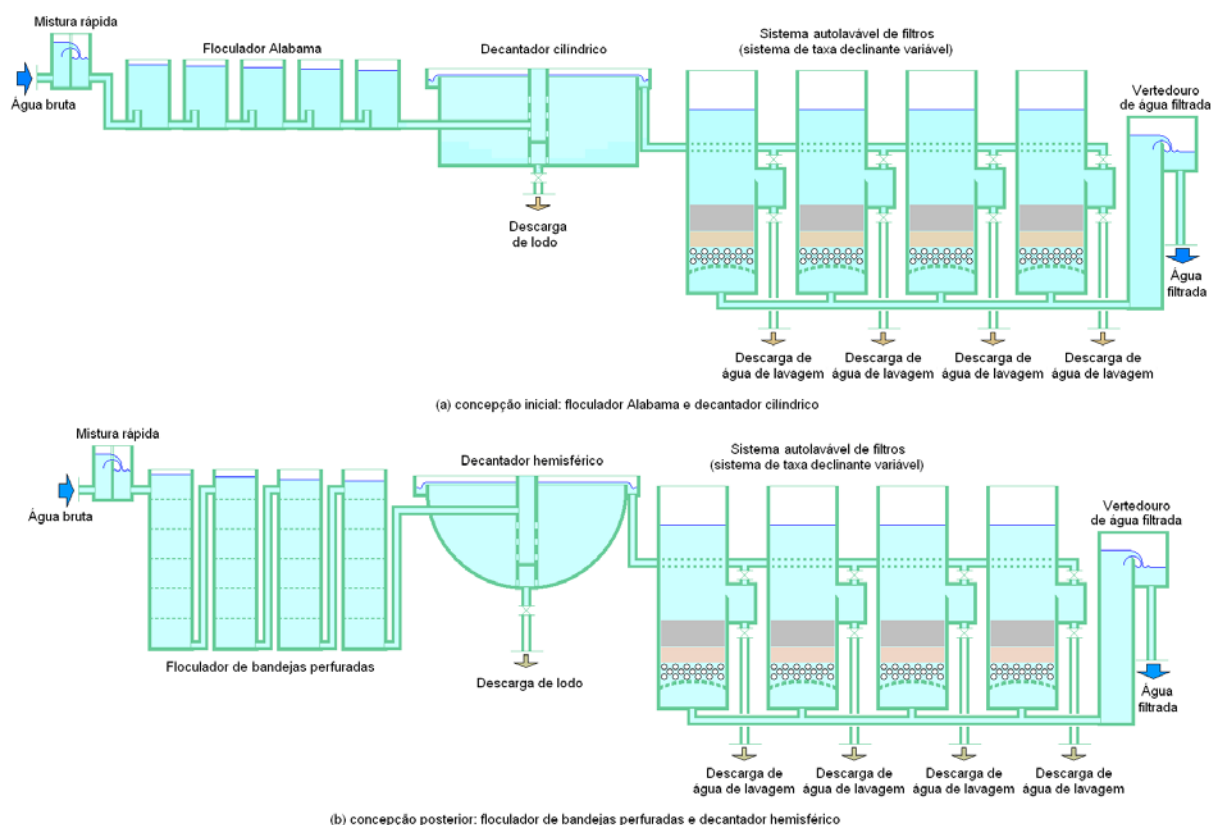


Figura 1. Estações de tratamento de água de ferrocimento: concepções típicas implantadas (VIANNA, M. R.; MAGALHÃES, L. N. de, 2012).

O ferrocimento permite a construção de unidades de tratamento com paredes esbeltas e rigidez estrutural favorecida pela combinação de elementos com predominância de formas curvas. As características de impermeabilidade e baixo custo o tornam apropriado para se construírem estruturas em casca, com espessuras mínimas de três centímetros e recobrimento de 1 cm.

Não obstante, os projetos estruturais e os traços da argamassa utilizada são ainda empíricos, não havendo uma norma brasileira a respeito do assunto. Na realidade tem sido observada a ausência de estudos técnicos visando à determinação das características estruturais das peças construídas utilizando essa técnica, acompanhados dos desejáveis estudos de laboratório que permitam validá-los. Estudos desse tipo culminarão futuramente na elaboração de diretrizes cientificamente embasadas para o projeto e construção de obras de ferrocimento.

Na construção dessas estações, vêm sendo utilizados tubos de PVC tipo esgoto, através dos quais é feita a interligação hidráulica das diversas unidades de tratamento: câmara de chegada e mistura rápida, câmaras de floculação, decantadores e filtros, ver Figura 2. Esses tubos recebem reforço estrutural de ferrocimento e constituem o primeiro foco dos estudos a esse respeito que vêm sendo desenvolvidos na Universidade.

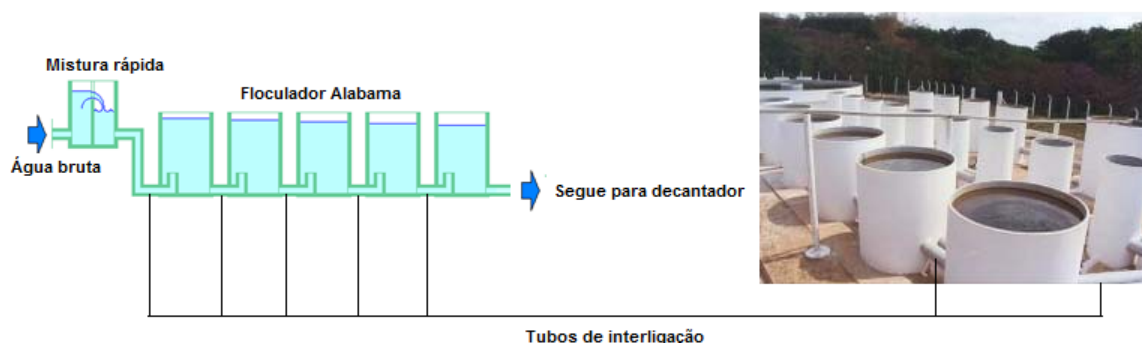


Figura 2 – Tubos utilizados na interligação hidráulica entre as unidades de tratamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

No caso específico da construção de estações de tratamento de água, em que os tubos apresentam pequenas extensões, a metodologia para a construção do reforço pretendido é extremamente simples.

Nesse trabalho a metodologia utilizada na montagem do envoltório estrutural ao redor do tubo, foi a utilização de armadura estrutural longitudinal e concêntrica ao tubo, executada utilizando vergalhões de aço estrutural. Essa armadura será a responsável pela absorção das solicitações estruturais. Ao redor dela, foi implantada a denominada armadura de reforço, ou armadura difusa, que será a responsável pela distribuição dos esforços em toda a massa de cimento e areia que envolve e recobre a estrutura. Uma vez instaladas as armaduras, a massa é aplicada manualmente sobre elas, conforme mostrado na Figura 3.

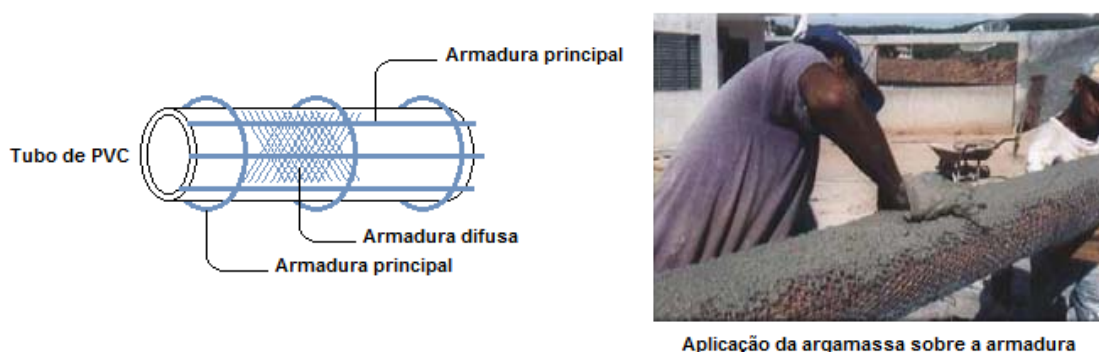


Figura 3 – Metodologia construtiva: representação esquemática.

Entretanto, quando utilizados em maior escala, o reforço dos tubos pode ser feito de modo mais industrial. Silva (2004) descreve a instalação industrial montada pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto da cidade de Poços de Caldas, especificamente destinada à implantação de interceptores de esgoto naquela cidade em locais de difícil construção, ver figura 4.

Os aspectos envolvidos no projeto estrutural de tubos de seções circulares são ainda pouco explorados, sendo que testes específicos para tubos desse tipo ainda não estão normalizados



Figura 4 – Tubos de PVC reforçados com ferrocimento operando como interceptores de esgoto sanitário, segundo Silva (2004).

Com bibliografia voltada para tubos de concreto armado de grandes seções ou tubulares metálicos, na engenharia de estruturas o concreto armado, na maioria dos casos, faz papel de elemento de preenchimento de tubos metálicos ou elementos pré-moldados.

A determinação da resultante das cargas verticais de ruptura, que é um dos objetivos desse trabalho, quando em tubos de concreto depende das condições de assentamento. Assim, torna-se pouco viável uma análise de correspondência, entre esses elementos e os tubos de ferrocimento, uma vez que sua utilização é em via aérea. Entretanto, se conhecida a capacidade de resistência dessa estrutura flexionada, pode-se propor novos assentamentos com economia em quantitativos de suportes, regulamentando a distância entre eles além de e facilitadores no processo de inspeção no suporte de cargas.

Na contribuição de Silva (2004), a metodologia de técnica de montagem é descrita e utilizadas como parâmetro para esse trabalho.

A massa do ferrocimento que é um tipo especial de concreto, sem adição de aglomerado graúdo, com impermeabilidade natural é obtida a partir da combinação de pasta de material cimentício na proporção de 500 a 600 kg/m³, com um agregado miúdo (areia lavada) e água. A cura das reações até o endurecimento do cimento deve dispor de água em quantidade superior à exigida pelo concreto armado, devido à perda de água nas reações de amassamento, e por evaporação, dada a grande superfície de contato, típico das estruturas em casca.

Os tubos de PVC tipo esgoto DN 150 mm são reforçados com armaduras principais compostas por 6 vergalhões de aço CA 60, sentido longitudinal, comprimento de 6,40 m, diâmetro de 4,20 mm e 33 estribos de 12 mm de diâmetro, espaçados a cada 20 cm, aço CA 60, diâmetro de 4,20 mm e amarrados entre si com arame recozido número 18, envolvidos com telas hexagonais de malha de 12mm (1/2" - viveiro) e fio de 0,559 mm (24 BWG), com traspasse das armaduras de 30 cm na ponta do tubo de PVC conforme representado na Figura 5. Segundo o autor, testes de flexão realizados utilizando carga de 15 KN não produziram o aparecimento de fissuras.

O comportamento estrutural da casca de ferrocimento é o mesmo que de um reservatório cilíndrico, divide-se em duas parcelas: a teoria da membrana e a teoria da flexão. Na primeira é considerado o mecanismo resistente de membrana, que resulta em solicitações por força normais e cisalhamento. Na segunda são consideradas as flexões, que resulta na casca curva em solicitações por momentos, esforços normais, cortante e cisalhamento longitudinal (MEDRANO, 2005). Daí a opção por iniciar estudos por testes de flexão.

No ferrocimento, a camada de argamassa de concreto é responsável por tornar impermeável a estrutura de aço, para tal, a NBR11173 (ABNT, 1992a), estabelece os valores admissíveis de absorção de água e resistência

mecânica para a mistura. Entretanto, todas as tensões a serem absorvidas recairão sobre as barras de aço (armadura principal) e arame soldado (armadura difusa) ilustrado na Figura 5.

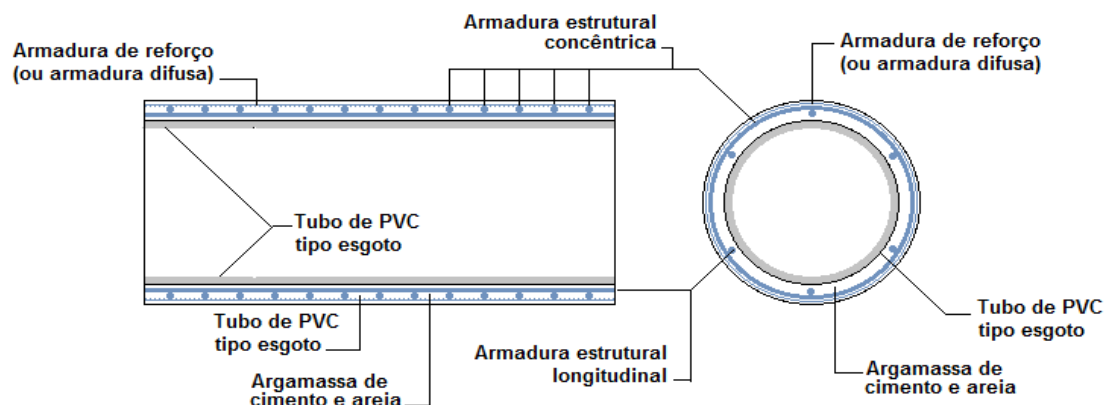


Figura 5 – Esquema de armadura dos tubos de PVC reforçados com ferrocimento

TESTES E RESULTADOS

Tendo por base essas informações, simulou-se situações para tubos de mesmo conjunto de materiais, porém com diâmetros de 100 e 150 mm, com 2200mm de extensão entre apoios. Na montagem foi possível entender que o sistema exige bastante habilidade de quem executa, tanto para levantar o esqueleto de arame, quanto para a aplicação da argamassa. Para essas situações, foram averiguadas as cargas de ruptura na flexão para cada caso.

Foram ensaiados três corpos de prova de cada diâmetro a uma velocidade 10mm/min na máquina de ensaios universal do laboratório de ensaios de sistemas construtivos da FUMEC, LESC. Os dados de carga foram medidos pela célula de carga da máquina e armazenados. A extensão do vão entre apoios adotada foi de 200cm com carregamento aplicado no centro; Os resultados correspondentes à ruptura são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Carga de ruptura dos corpos de prova dos tubos com ferrocimento

TUBOS DE FERROCIMENTO/PVC mm	CP	CARGA DE RUPTURA kN
100	CP1	12,15
	CP2	13,20
	CP3	11,90
	CP1	23,99
150	CP2	21,50
	CP3	21,05

Até o momento, os resultados obtidos nas situações práticas em que foram utilizados vêm mostrando a aplicabilidade dos tubos, não apenas na interligação das unidades componentes das estações de tratamento de água, como também na implantação de interceptores e trechos aéreos de tubulações.

Quanto aos resultados dos ensaios de flexão, muitos ainda são os aspectos a serem estudados para justificativa dos valores, suas variações e adaptações em normas. Entende-se que a resistência apresentada nesse primeiro momento além de ser compatível com tubos em concreto armado os tubos podem ser utilizados com o objetivo proposto.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Não obstante o sucesso das situações práticas descritas anteriormente, deve ser ressaltado que tais situações constituem fruto de orientações empíricas, baseadas na experiência pessoal de seus construtores. Assim sendo, o sucesso de sua utilização não pode ser atribuído à elaboração de cálculos normalizados.

Assim sendo, a construção de outros protótipos, acompanhada de ensaios de laboratório destinados a avaliar suas resistências às solicitações normais, é altamente desejável

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 11173- Projeto e execução de argamassa armada. ABNT, Rio de Janeiro, 1992a, 10p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 12216 - Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público Procedimento. ABNT, Rio de Janeiro, 1992b. 18p.
3. GAIO, M.M. O ferrocimento na COPASA MG: um breve histórico – comunicação pessoal. Belo Horizonte, 1993.
4. SILVA, Ailton Donizeti da (2004). Coletores de esgotos de tubo PVC revestido com ferrocimento. Anais da Assembléia Nacional da ASSEMAE, 34. Caxias do Sul.
5. VIANNA, M. R.; MAGALHÃES, L. N. de (2012). Estações de tratamento de água construídas de ferrocimento no estado de Minas Gerais, Brasil.
6. VIANNA, Marcos R. (2008). Hidráulica para engenheiros civis. Volume 2: sistemas de produção, reservação e distribuição de água potável. Belo Horizonte, FUMEC/FEA. 354p.