

8/01  
II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Salvador, 26 a 29 de agosto de 1986

FERROCIMENTO: UMA TECNOLOGIA ALTERNATIVA  
PARA EQUIPAMENTOS DE SANEAMENTO

Alexandre Diógenes

Suetônio Mota

Márcio Antonio Nogueira Andrade

Francisco Araújo Carneiro

TEMA: Tecnologia de Baixo Custo para Países em  
Desenvolvimento

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Centro de Tecnologia

PROJETO FERROCIMENTO

Campus do Pici

Fortaleza - Ceará

60.000

II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Salvador, Bahia, 26 a 29 de agosto de 1986

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS - A P R H

FERROCIMENTO: UMA TECNOLOGIA ALTERNATIVA  
PARA EQUIPAMENTOS DE SANEAMENTO

Alexandre Diógenes (+)

Suetônio Mota (+)

Márcio Antonio Nogueira Andrade (++)

Francisco Araújo Carneiro (+++)

(+) Professores do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará

(++) Engenheiro Civil, do Projeto FERROCIMENTO/U.F.C.

(+++)  
Engenheiro de Operações, Gerente do Projeto FERROCIMENTO/U.F.C.

## RESUMO

O trabalho apresenta resultados da utilização do ferrocimento na construção de equipamentos simplificados de saneamento, tais como: cisternas, privadas, filtros de pressão, destiladores solares, biodigestores, canalizações, pequenos sistemas de tratamento de esgoto, entre outros. O ferrocimento é um material composto de um aramado de ferro finamente subdividido e distribuído, revestido por uma argamassa rica de cimento e areia. A Universidade Federal do Ceará desenvolve, desde 1982, o Projeto Ferrocimento, com ênfase para a sua aplicação de forma artesanal. Entre as obras já executadas, várias foram de equipamentos de saneamento, observando-se vantagens na sua utilização, comparando-se com outros materiais, principalmente com relação a: facilidade de moldagem das peças nas formas desejadas; baixo custo; facilitando o transporte dos mesmos e a execução em qualquer lugar; utilização intensiva de mão-de-obra. O trabalho descreve os diversos equipamentos de saneamento já construídos em ferrocimento, apresentando informações sobre técnicas construtivas, custos e funcionalidade, em comparação com outros materiais.

## 1. INTRODUÇÃO

O trabalho se propõe a mostrar a utilização do ferrocimento na construção de equipamentos simplificados de saneamento, relatando a experiência da Universidade Federal do Ceará.

Desde 1982 vem a U.F.C. realizando experiências com o ferrocimento, na execução de diversas obras, entre elas alguns equipamentos de saneamento. Os trabalhos vêm sendo desenvolvidos através do PROJETO FERROCIMENTO.

As experiências realizadas mostram vantagens da utilização do ferrocimento na construção de equipamentos, como cisternas, privadas, biodigestores, destiladores solar, filtros, entre outros.

Após a apresentação de algumas informações sobre a tecnologia do ferrocimento, com ênfase para a experiência da U.F.C., são mostradas algumas aplicações na construção de equipamentos de saneamento.

## 2. O FERROCIMENTO

O Ferrocimento é um material composto por uma armadura subdividida e distribuída, constituída de telas, arames e fios de aço de pequeno diâmetro, e argamassa rica de cimento e areia com traço 1:2:0,4. A disposição da armadura finalmente subdividida possibilita a aproximação entre o aço e a argamassa, de tal maneira que um ponto da argamassa fique apenas alguns milímetros

de um ponto de aço, conseguindo-se construir chapas finas, de 1 a 3 cm de espessura, e conferindo ao material características de resistência e impermeabilidade simultaneamente, possibilitando o seu uso econômico em diversas aplicações como: embarcações, piscinas, reservatórios, silos, coberturas, etc.

#### - Origem e Expansão Mundial

O ferrocimento teve origem no século passado, na França. O primeiro documento sobre o assunto é a patente intitulada FER-CIMENT, registrada por Joseph Louis Lambot, em 1855. O novo material tinha por objetivo servir de sucedâneo das madeiras de construção, sobretudo aquelas sujeitas à umidade. Um pequeno barco construído naquele tempo encontra-se atualmente na Holanda em condições que ainda permitiriam sua utilização. O italiano Pier Luigi Nervi, conhecido internacionalmente por suas arrojadas construções em concreto armado e estruturas metálicas ficou impressionado quando tomou conhecimento das características de resistência e impermeabilidade do ferrocimento. Passou então a estudá-lo tecnologicamente nos laboratórios da Universidade de Milão. Daí resultou o emprego do ferrocimento em grandes estruturas.

No Brasil, a Universidade de São Paulo estuda desde 1960 na Escola de Engenharia de São Carlos, objetivando aplicações estruturais segundo as inspirações de Nervi. A Universidade Federal do Ceará começou a estudá-lo em fins de 1982, juntamente com o NUTEC, sob o enfoque das aplicações artesanais, de acordo com o conceito primitivo de Lambot.

#### - O Ferrocimento Artesanal

O ferrocimento artesanal é construído de modo semelhante à taipa, dispensando o uso de formas e outros equipamentos. Escolhemos este tipo de ferrocimento por considerarmos mais adequado a nossa região, devido a propensão artesanal do povo nordestino e de situar-se adequadamente no contexto sócio-econômico da região, uma vez que emprega mão-de-obra não especializada e ser

de fácil alcance para as pessoas.

### 3. UTILIZAÇÃO DO FERROCIMENTO NA CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO<sup>S</sup> DE SANEAMENTO

#### 3.1. Cisternas

As cisternas constituem uma solução indicada, principalmente, para regiões onde ocorrem grandes períodos de estiagem, como na Região Nordeste do Brasil.

A construção destes reservatórios possibilita a acumulação de água, durante a época de precipitação, para utilização no período seco, para abastecimento humano e outros fins.

Cisternas de diversas capacidades já foram construídas a partir do Projeto FERROCIMENTO, sempre com vantagens, entre as quais destacam-se:

- Impermeabilidade do material
- Facilidade de execução: muitos operários foram treinados pelo Projeto e fazem a difusão da tecnologia, no interior; Muitas cisternas foram construídas sob a responsabilidade de pessoas treinadas que já transmitem os conhecimentos para outros.
- O peso da obra é bem inferior quando se utiliza o ferro cimento, como mostrado abaixo:

PESO DOS MATERIAIS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO	CISTERNA COM 20m <sup>3</sup>	CISTERNA COM 30m <sup>3</sup>
Convencional	22,9t	32,6t
Ferrocimento	3,6t	4,5t

- As cisternas de ferrocimento têm custo bem inferior aos do reservatórios convencionais, principalmente para capacidades superiores a 7m<sup>3</sup>. Alguns custos, para diferentes capacidades, são mostrados a seguir, observando-se uma grande vantagem das cisternas de ferrocimento:

CAPACIDADE DA	CUSTOS (em Cz\$1.000,00)	
	CISTERNA CONVENCIONAL	CISTERNA EM FERROCIMENTO
5.000	1,7	1,8
10.000	2,9	2,4
20.000	5,3	4,1
30.000	7,5	5,7
50.000	13,5	8,1
75.000	21,0	11,2
100.000	30,0	13,1

Obs: Preços de 1986

Um exemplo mais detalhado de comparação de custos está indicado no Quadro seguinte, onde são apresentados dados relativos a dois tipos de cisternas:

Convencional - em alvenaria de tijolos maciços, sobre base de concreto e tampa de laje PM, com capacidade de  $20,9m^3$ .

De ferrocimento - com capacidade de  $21,2m^3$ .

Observa-se uma grande vantagem da cisterna em ferrocimento, cujo custo é aproximadamente igual à metade do da cisterna convencional.

### 3.2. Privadas

Aproveitando a experiência desenvolvida em Zimbábwe, pelo Banco Mundial, foram construídas três privadas tipo fossa seca, em uma favela onde a U.F.C. desenvolve um trabalho multi-profissional de extensão universitária.

Estas privadas têm a forma de espiral e cobertura, também, em ferrocimento. Elas dispõem de um tubo de ventilação o qual tem a finalidade de possibilitar a saída de gases maus cheirosos e de reter (em uma tela existente em sua extremidade) as moscas que por acaso queiram entrar ou sair da fossa.

QUADRO  
COMPARAÇÃO ENTRE CUSTOS DE UMA CISTERNA CONVENCIONAL E UMA  
DE FERROCIMENTO

INSUMOS				CUSTO (em CZ\$)		
DESCRIÇÃO	UNID	CONVENC	FERROCIMENTO	UNIT. (*)	CONVENC.	FERROCIMENTO
<b>MATERIAIS</b>						
Cimento	saco	29	17	55,00	1.595,00	935,00
Ferro (3,4mm)	kg	-	60	7,80	-	468,00
Tela Hexag. 1/2 e fio nº 22	m <sup>2</sup>	-	55	18,00	-	990,00
Arame Galv. nº 18	kg	-	18	15,00	-	270,00
Areia de Rio	m <sup>3</sup>	2,5	1,3	120,00	300,00	156,00
Tij. Maciço	milh	1,65		450,00	742,50	
Brita ou sexio rol.	m <sup>3</sup>	2		230,00	460,00	
Areia Fina	m <sup>3</sup>	2		100,00	200,00	
Impermeabi- lizantes	kg	7,5		15,00	112,50	
Ferro (CA-50) Ø0/16	kg	120		7,50	900,00	
Tij. PM para laje de tam- pa	milh	0,32		1.500,00	480,00	
Ferro (CA-50) Ø3/16	kg	34		7,50	255,00	
Arame recoz. 1	kg	2		12,00	24,00	
MÃO-DE-OBRA	-	-	-	-	1.500,00	1.400,00
<b>CUSTOS TOTAIS EM MIL CRUZADOS</b>					<b>6,6</b>	<b>4,2</b>

(\*) Preços médios da praça de Fortaleza, em maio de 1986.

Visando observar os vários métodos construtivos, as privadas foram construídas de três formas diferentes:

- Totalmente artesanal, moldada como taipa, com tela hexagonal e aço 3,4mm.
- pré-moldada, com uso de tela hexagonal e aço 3,4mm.
- pré-moldada, com uso de fibras de arame picado e aço 3,4mm.

Todos os três tipos apresentam bons resultados em termos construtivos e de funcionamento.

Em termos de custos, estas privadas apresentam vantagem, principalmente as dos tipos artesanal, conforme pode ser constatado no Quadro seguinte, onde são feitas comparações com outros tipos de materiais.

QUADRO  
COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE PRIVADA CONSTRUÍDA EM FERROCIMENTO  
ARTESANAL COM OUTROS TIPOS DE MATERIAIS

LATRINA COM FOSSA VENTILADA								
DESCRIÇÃO UNID	Cz\$	ALVENARIA (1)	PRÉ-MOLDA- DO DE CON- CRETO (2)	F.A. (3)	(1)	(2)	(3)	
<b>MATERIAIS:</b>								
CIMENTO	saco	55	2,0	7,5	4,5	100	412,5	247,5
FERRO $\phi$ 0,34mm	kg	7,8	-	-	21	-	-	163,80
ARAME Nº18	kg	12	0,04	0,5	2,0	0,48	6	24
AREIA	m <sup>3</sup>	120	0,20	0,9	0,6	24	108	72
BRITA Nº 0	m <sup>3</sup>	230	0,24	1,3	0,24	55,2	299	55,2
ANÉIS DE CONCRETO $\phi$ 1,2m, h=0,5m	Un	120	3	-	-	360	-	-
TELHA HEXAG.	m	18	-	-	21	-	-	378
TELHA COLO- NIAL	un	1,8	80	-	-	144	-	-
RIPA	m	2	8	-	-	16	-	-
CAIBRO	m	3	6	-	-	18	-	-
MANILHA DE BARRO h=0,5m $\phi$ 150mm	un	20	5	-	-	100	-	-
TIJOLO FOR- RADO (6F)	un	0,8	250	-	-	200	-	-
FERRO 1/4"	kg	7,8	4,5	35,1	-	35,1	273,78	-
TELHA DE NYLON	m	15	0,15	0,15	0,15	2,25	2,25	2,25
TUBO PVC 150mm	m	148,67	-	2,00	-	-	446,01	-
<b>MÃO-DE-OBRA</b>								
PEDREIRO	dia	60	4	5	2	240	300	300
SERVENTE	dia	40	4	4	5	160	160	200
<b>CUSTOS TOTAIS</b>						1455,03	2007,54	1442,75

\* Preços em cruzados em junho/86 na praça de Fortaleza

### 3.3. Destiladores Solar

Vários destiladores, com diversos tamanhos, foram con-  
truídos em ferrocimento, objetivando observar a utilização do ma-  
terial na execução deste tipo de equipamento.

Nos destiladores construídos foram utilizados como iso-  
lante térmico o isopor ou tijolo de diatomita, e como cobertura  
foi usado o vidro.

Os destitadores executados em ferrocimento apresenta -  
ram bons resultados, em termos de construção e funcionamento, sen-  
do suas principais vantagens: facilidade de execução e de aquisi-  
ção dos materiais; uso de mão-de-obra não especializada; peso re-  
duzido; baixo custo de construção e manutenção; impermeabilidade  
e resistência; durabilidade.

No Quadro seguinte apresenta-se uma comparação de cus-  
tos entre um destilador construído em ferrocimento (com tijolo  
maciço como isolante) e outro executado em alvenaria de tijolo. Am-  
bos os destiladores têm área de absorção de  $2,0m^2$  e cobertura de  
vidro.

QUADRO

COMPARAÇÃO DE CUSTO ENTRE UM DESTILADOR SOLAR CONSTRUÍDO EM FERROCIMENTO E OUTRO DE ALVENARIA DE TIJOLO, AMBOS COM ÁREA DE 2,0m<sup>2</sup>.

DESTILADOR SOLAR				
D E S C R I Ç Ã O	CONSUMOS		CUSTOS	
	ALVENARIA DE TIJOLO	FERROCIMENTO ARTESANAL	ALVENARIA DE TIJOLO	FERROCIMENTO ARTESANAL
<b>MATERIAIS:</b>				
. Cimento	2 sacos	1 saco	110	55
. Tela Hexagonal fio 22 e malha de 1/2"	-	3 m <sup>2</sup>	-	54
. Areia Média	0,35m <sup>3</sup>	0,1 m <sup>3</sup>	42	12
. Ferro Ø 3,4mm	-	2,5 kg	-	19,5
. Vidro 6mm	2,3 m	2,3 m	1.150	1.150
. Arame nº 18	-	0,5 kg	-	6
. Tijolo maciço	380 un	210 un	171	94,5
. Impermeabilizante	2,0 kg	-	30	-
. Cano PVC Roscável 3/4"	2,5 m	2,5m	27,5	27,5
. Catoneira L	2,3 m <sup>2</sup>	2,3 m <sup>2</sup>	34,5	34,5
. Tinta Preta	1,0 ℓ	1,0 ℓ	35	35
. Solvente	0,5 ℓ	0,5 ℓ	9	9
<b>Mão-de-Obra:</b>				
. Pedreiro	2,5 dia	3 dias	150	180
. Servente	2,5 dia	2 dias	100	80
<b>CUSTOS TOTAIS</b>			<b>1.859,00</b>	<b>1.757,00</b>

### 3.4. Biodigestores

Os biodigestores são dispositivos de grande importância, principalmente no meio rural, pelos benefícios que podem trazer, como a produção de gás (e, conseqüentemente, produção energética) e como fonte de biofertilizantes.

O seu uso, no entanto, não tem sido muito difundido, devido ao elevado custo e dificuldade de execução, na forma usual, com materiais convencionais.

Estes empecilhos podem ser vencidos utilizando-se o ferrocimento artesanal, que dispensa o uso de formas, além de não precisar de mão-de-obra especializada.

Vários biodigestores foram construídos em ferrocimento, inclusive algumas campânulas. Um grande biodigestor, com capacidade de  $400\text{m}^3$  foi construído em ferrocimento, para o sistema de tratamento de esgotos do Frigorífico Industrial de Fortaleza-FRIFOR.

Os trabalhos desenvolvidos até o momento indicam boas perspectivas quanto à utilização do ferrocimento na construção de biodigestores.

No quadro seguinte é apresentada uma comparação de custos entre um biodigestor em ferrocimento e outro em alvenaria e campânula de chapa de ferro nº 12, ambos com capacidade de produção de  $10,5\text{m}^3$  de biogás/dia.

QUADRO

COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE UM BIODIGESTOR EM FERROCIMENTO COM CAPACIDADE DE 10,50 m<sup>3</sup>/BIOGÁS/DIA, COM UM MODELO SIMILAR FEITO EM ALVENARIA E COM CAMPÂNULA EM CHAPA DE FERRO Nº 12.

DESCRIÇÃO	UNID	QUANTIDADE		VALOR EM ORTN (**)	
		CONV. (*)	F.C.	CONV.	F.C.
Cimento Portland comum classe 320	saco	35	32	21,86	19,98
. Ferro $\Phi$ 3,4mm (aço 60B)	kg	130	100	-	10,56
. Ferro $\Phi$ 3/8" (aço CA-60B)	kg	70	-	5,68	-
. Ferro $\Phi$ 3/16" (aço CA-60B)	kg	25	-	2,03	-
. Tijolo maciço (4x12x22)	und	5300	-	23,17	-
. Arame recozido nº 18	kg	1	5	0,10	0,50
. Areia média de rio	m <sup>3</sup>	8,3	2	12,44	3,00
. Brita nº 1	m <sup>3</sup>	2,2	-	4,95	-
. Cal Hidratada	m <sup>3</sup>	1,6	-	4,80	-
. Tela hexagonal arame galvanizado malha de 1/2" e fio 22	m <sup>2</sup>	-	125	-	23,42
. Tubo de PVC $\Phi$ 6"	m	9	-	13,74	-
. Tubo de ferro galvanizado $\Phi$ 2"	m	2,5	3	2,53	3,04
. Tubo de PVC rígido roscável $\Phi$ 2 1/2"	m	-	1,5	-	0,88
. Adaptador com rosca/ e flange para caixa d'água $\Phi$ 2 1/2" (PVC) roscável	un	-	2	-	3,65
. Adaptador com rosca e flange p/cx, d'água $\Phi$ 1 1/2" (PVC 1 1/2" (PVC roscável)	un	-	1	-	0,25
. Cap. de ferro galvanizado $\Phi$ 1"	unid	1	-	0,02	-
. Campânula de ferro	unid	1	-	40,83	-
Mão-de-obra:					
. Pedreiro	dia	25	25	15,62	15,62
. Servente	dia	67	60	29,29	26,23
CUSTOS TOTAIS				177,06	107,13

(\*) FONTE: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará

(\*\*) Conforme os preços médios da praça de Fortaleza, em janeiro de 1986  
1 ORTN = Cr\$ 80.048,00

### 3.5. Filtros de Pressão

Devido às características de impermeabilidade e resistência do ferrocimento, foram executados vários filtros de pressão para uso residencial para abastecimento d'água e para piscinas. Os filtros foram moldados artesanalmente, com uso de telas hexagonais, arames e fios de aço de pequeno diâmetro, formando uma malha entrelaçada que permite uma maior aproximação entre a argamassa e a armadura, de tal maneira que nenhum ponto de argamassa fique mais do que 3mm de distância de um ponto da armadura.

A argamassa é preparada com traço 1:2:0,4 (cimento, areia e água) que juntamente com a armadura subdividida proporcionam um material com alta resistência a propagação de fissuras, impermeável e durável.

Algumas residências em Fortaleza já usam filtros de ferrocimento que estão em perfeito funcionamento.

A seguir é apresentada uma comparação entre os custos de filtros de pressão, para piscinas, construídos em ferrocimento, aço e fiberglass.

## ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

(Filtros de pressão para piscinas com 50m<sup>3</sup>)

### - FILTROS DE FERROCIMENTO

INSUMO	UNIDADE	CONSUMO	PREÇO UNITÁRIO	CUSTO
Areia Média	m <sup>3</sup>	0,05	120	6,0
Arame galvanizado nº 18	kg	1,0	12	12
Cimento Comum	saco	0,5	55	27,5
Aço Ø 2,5mm	kg	15	7,80	117
Tela Hexagonal malha 1/2", fio 22	m <sup>2</sup>	4	18	72
Mão-de-obra	dia	4	60	240
			SUB-TOTAL.....	474,50
Sistema de recirculação e drenante.....				1.320,00
(Conexões, tubos, manômetros, registros etc)				
			TOTAL.....	1.800,00
- FILTRO DE AÇO.....				3.500,00
- FILTRO DE FIBERGLASS.....				4.200,00

Preços Coletados em Fortaleza no mês de Junho/86 (em cruzados)