FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ – FAACZ
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

CAIO SOEIRO DA SILVA
EVERTON MURTA
JEAN CARLOS NUNES
THIAGO FREDERICO KRAUSE

USO DO MÉTODO CONSTRUTIVO DO FERROCIMENTO PARA CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Aracruz
2018

CAIO SOEIRO DA SILVA
EVERTON MURTA
JEAN CARLOS NUNES
THIAGO FREDERICO KRAUSE

USO DO MÉTODO CONSTRUTIVO DO FERROCIMENTO PARA CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenadoria do Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Evandro José

Aracruz

2018

CAIO SOEIRO DA SILVA

EVERTON MURTA

JEAN CARLOS NUNES

THIAGO FREDERICO KRAUSE

USO DO MÉTODO CONSTRUTIVO DO FERROCIMENTO PARA CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenadoria do Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 29 de novembro de 2018.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Evandro José

Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ

Orientador

Prof. Kamilla Zamborlini Walderario

Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ

Prof. Harlley Davidson Gomes

Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Declaramos, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e aos autores.

Aracruz, 6 de dezembro de 2018.

Caio Soeiro da Silva
Everton Murta
Jean Carlos Nunes
Thiago Frederico Krause

RESUMO

A escassez de água para consumo humano é um dos principais problemas enfrentados pela população que vive no semiárido brasileiro, por isso as cisternas de ferrocimento apresentam-se como uma das formas de superar esse desafio, por se tratar de um reservatório cilíndrico, construído com tecnologia simples e acessível à população de baixo poder aquisitivo. Entretanto faz-se necessário o emprego de uma argamassa de qualidade, para que, posteriormente, o reservatório não venha apresentar fissuras que comprometeria o acúmulo de água na época de estiagem. Dessa forma o estudo dessa técnica (propriedades físicas, método construtivo, vantagens e desvantagens) deve ser considerado para uma potencialização no uso das cisternas de ferrocimento. O presente trabalho visa elaborar o dimensionamento e levantamento de custos da aplicação de uma cisterna construída pelo método do ferrocimento. Os resultados obtidos sugerem que o ferrocimento é uma solução eficiente para a construção de cisternas, devido ao alto valor de resistência a tração e compressão apresentado. Com relação ao custo, a construção de uma cisterna pelo método do ferrocimento apresentou uma economia de 32,05% comparada ao método tradicional de alvenaria.

Palavras-chave: Semiárido. Ferrocimento. Cisterna. Ferrocimento. Dimensionamento.

ABSTRACT

The scarcity of water for human consumption is one of the main problems faced by the population that lives without the Brazilian semi-arid, so, as the growth cisterns are one of the ways to overcome this challenge, because it is a cylindrical reservoir, built with simple technology and accessible to the low-income population. However, the work of quality acquisition, so that, later, the reservoir does not present cracks that compromise the water accumulator in the dry season. In this way the method of the technique (physical, constructive properties, advantages and disadvantages) should be considered for a potentialization in the use of ferrocement cisterns. The present work aims to elaborate the survey and survey of costs of applications of a cistern built by the ferrocement method. The results suggest that ferrocement is an efficient solution for the construction of cisterns, due to the high value of tensile strength and the presented compression. Regarding the cost, a construction of a cistern by the ferrocínio method presented a saving of 32.05% with parabolic to the traditional method of masonry.

Keywords: Semi-Arid. Fittings. Cistern Ferrocement. Sizing.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Superfície plana inclinada conforme NBR 15527/07 12
Figura 2 - Construção de cisterna de tijolos 15
Figura 3 - Iustração do preparo da armadura da base da cisterna..... 21
Figura 4 - Iustração da confecção da armadura lateral (programa cisternas 2013) 22
Figura 5 - Iustração da junção da armadura lateral com a base (programa cisternas 2013) 22
Figura 6 - Execução artesanal da estrutura de ferrocimento (VIANNA, 2012) 23
Quadro 1 - 25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
1.1 OBJETIVOS 9
1.1.1 Geral 9
1.1.2 Específicos 9
1.2 JUSTIFICATIVA 9
1.2.1 Acadêmica 9
1.2.2 Mercadológica 9
2 REFERENCIAL TEÓRICO 11
2.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO 11
2.2 CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL 11
2.2.1 Concepção do projeto 11
2.2.2 Proteção sanitária da cisterna, tratamento e uso da água de chuva 13
2.2.3 Fatores que interferem na qualidade da água da chuva 14
2.2.4 Padrão de qualidade para água de chuva armazenada em cisternas 14
2.3 TIPOS DE CISTERNAS ULTILIZADAS PARA O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA 15
2.3.1 Cisterna de tijolos 15
2.3.2 Cisterna de ferrocimento 16
2.3.2.1 Origem 16
2.3.2.2 Conceituação 17
2.3.2.3 Desempenho estrutural 17
2.3.2.4 Materiais, propriedades e funções 18
2.3.2.5 Método construtivo 20
3 METODOLOGIA 24
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS 25
4.1 DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA DE FERROCIMENTO PARA ESTUDO DE CASO 25
4.1.2 Materiais a empregar 25
4.2 ANÁLISE DO CUSTO NA CONSTRUÇÃO DA CISTERNA 26
CONCLUSÃO 28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29
APÊNDICES 30

1 INTRODUÇÃO

A escassez de água para consumo humano é um dos principais problemas enfrentados pela população que vive no semiárido brasileiro embora, segundo Malvezzi (2007), seja o semiárido mais chuvoso do planeta, com uma pluviosidade média de 750 mm/ano. Uma das formas mais eficazes de superar esse problema tem sido a construção de cisterna junto às habitações rurais. A água da chuva é captada através de tubulações conectadas ao telhado das residências e armazenada nestas cisternas para consumo humano e animal, quando necessário.

O armazenamento de água de chuva em reservatórios é uma técnica verificada em residências do Brasil colonial. No semiárido brasileiro, a cisterna foi introduzida no início do século XVII, sendo construída de tijolos e com formato retangular. Verificava-se, no entanto, fissuras, que provocavam o vazamento da água. O aperfeiçoamento da construção, com a substituição dos tijolos pelo método do ferrocimento e o novo formato cilíndrico, minimizou o problema das fissuras.

Na prática, as características do ferrocimento são parecidas com as do concreto armado. A argamassa, assim como o concreto, é mole nas primeiras horas e depois endurece. Portanto, também é moldável. E o aramado do ferrocimento faz a função da armadura do concreto armado. A grande diferença é que as peças de ferrocimento são bem mais finas (1,5cm a 3,5cm) que as de concreto armado. Exigem formatos arredondados para ficar resistentes. Além disso, as construções de ferrocimento podem ser feitas artesanalmente e sem o auxílio de formas, uma vez que a argamassa pode ser aplicada diretamente sobre o aramado, como ocorre no caso da taipa e do estuque.

A construção de cisternas são padronizadas pelos métodos tradicionais, e as utilizações de outros métodos ainda são pouco adepto no Brasil. Diante do exposto, a pesquisa pretende apresentar a resposta para a seguinte pergunta: É adequada, financeiramente, a utilização do ferrocimento como método alternativo para a construção de uma cisterna para captação de água da chuva?

Desta forma, este trabalho objetiva analisar a utilização do ferrocimento como alternativa de construção de uma cisterna no semiárido brasileiro. Para cumprir o objetivo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, elaborado o dimensionamento e levantamento de custos da aplicação do ferrocimento no estudo

de caso em referência. Com o estudo realizado foi possível comparar os resultados com a técnica convencional de alvenaria.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

O presente trabalho visa comparar os custos de uma cisterna construída pelo método do ferrocimento e uma construída com tijolos.

1.1.2 Específicos

- Apresentar características sobre o semiárido brasileiro e a utilização de cisternas na região;
- Descrever sobre as características principais das cisternas;
- Apresentar a cisterna de tijolos e a cisterna de ferrocimento;
- Apresentar comparativo de custos entre a cisterna de ferrocimento e de cisterna de tijolos.

1.2 JUSTIFICATIVA

1.2.1 Acadêmica

O estudo sobre o método construtivo do ferrocimento é relevante para a engenharia civil, pois apresenta como um método alternativo para a construção, visto que é pouco exigente de mão-de-obra qualificada, e apresenta diversas vantagens aos métodos tradicionais, como baixo custo e alta impermeabilidade.

1.2.2 Mercadológica

A utilização do método do ferrocimento não exige mão-de-obra especializada o que facilita a realização de programas governamentais. Outro fator que contribui é o baixo custo, viabilizando ser realizado inclusive pelos moradores. O tema proposto

foi escolhido, dadas as enormes interferências positivas que o mesmo desempenha na região semiárida brasileira, uma vez que se apresenta como uma das principais formas concretas e satisfatórias de armazenagem de água na época de estiagem fazendo com que haja a possibilidade de convivência com o semiárido por parte dos habitantes dessa região brasileira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Segundo Malvezzi (2007) trata-se do semiárido mais chuvoso do planeta com um regime pluvial médio de 750 mm/ano, com variação de 250 a 800 mm/ano, sendo também o mais populoso com cerca de 22 milhões de pessoas, que representa 46% da população nordestina e 13% da brasileira. O subsolo é formado em 70% por rochas cristalinas, rasas, o que dificulta a formação de mananciais perenes e a potabilidade da água, normalmente salinizada. Por isso a captação da água de chuva tornou-se uma das formas mais simples, viáveis e baratas para subsistência na região.

No Brasil, as áreas susceptíveis de desertificação são aquelas correspondentes às regiões semiáridas, localizadas em sua grande maioria na Região Nordeste, totalizando cerca de 980.000km². A região semiárida brasileira caracteriza-se por evapotranspiração elevada, ocorrência de períodos prolongados de seca, alta salinidade, baixa fertilidade e reduzida capacidade de retenção de água, o que limita seu potencial de produção. Além disso, muitos dos reservatórios naturais de água apresentam água salobra ou imprópria para consumo. Por isso, a captação da água de chuva tornou-se uma das formas mais simples, viáveis e baratas para se viver bem na região. (MALVEZZI, 2007)

2.2 CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

2.2.1 Concepção do projeto

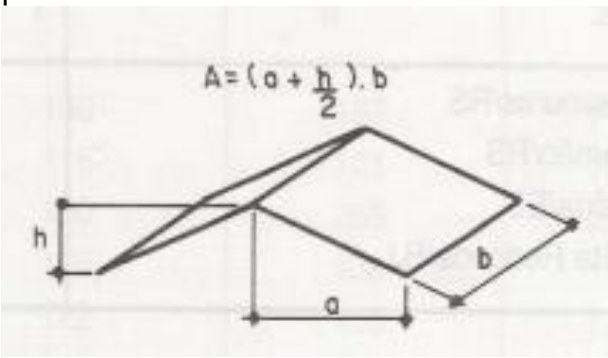
Segundo Plinio Tomaz (2005), os componentes principais para a captação de água da chuva são:

(a) Água de chuva - É a água coletada durante eventos de precipitação pluviométrica em telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou de pessoas. As águas de chuva que caem nos pisos residenciais, comerciais ou industriais não estão inclusas no sistema proposto.

(b) Área de captação – Área, em metros quadrados, da projeção horizontal da superfície onde a água é captada. As superfícies para a captação de água da chuva

consideradas são os telhados. Podem ser telhas cerâmicas, de fibrocimento, zinco, concreto armado, plástico, telhado plano revestido com asfalto, etc. Podem estar inclinados, pouco inclinados ou planos.

Figura 1 - Superfície plana inclinada conforme NBR 15527/07



Fonte: NBR 15527/07

Conforme ilustrado na Figura 1, a área de captação é calculada através da expressão:

$$AC=(a+\mathrm{h}/2)*b$$

(c) Calhas, condutores - As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844/89 sendo que tais dimensionamentos são baseados em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e do período de retorno escolhido. Podem ser de PVC ou metálicas.

(d) By pass - A primeira chuva, que contém muitas sujeiras dos telhados, pode ser removida normalmente com o uso de tubulações, os quais podem ser desviados dos reservatórios ou automaticamente, através de dispositivos de autolimpeza, em que não será preciso fazer nenhuma operação manual.

(e) Reservatórios - Podem estar apoiados, enterrados ou elevados. Os reservatórios podem ser de concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc. Depende muito da área disponível. Os reservatórios devem ser construídos como se fossem para armazenamento de água potável devendo ser tomados os devidos cuidados para não contaminar a água de chuva coletada dos telhados. Devem-se ficar distantes de fontes de contaminação, como córregos poluídos, locais de inundação, enxurradas e afastados de fossas, no mínimo 15m.

O reservatório enterrado economiza área útil, mas exige um emprego de bomba para levar aos pontos de consumo, deixando o projeto mais caro, como também terá um aumento no consumo de energia.

2.2.2 Proteção sanitária da cisterna, tratamento e uso da água de chuva

As águas de chuva captadas diretamente de telhados de edificações, apresentam a vantagem de serem de boa qualidade, daí a importância de evitar sua contaminação com outras fontes (OLIVEIRA; KUNZ; PERDOMO, 2005).

Os requisitos de qualidade estão diretamente relacionados ao uso que será dado a água. Quando a cisterna é destinada ao consumo doméstico, deverá atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (TAVARES, 2009).

Qualquer técnica que venha a ser implementada para o aproveitamento de água de chuva deve ser acompanhada de monitoramento constante das águas de chuva recolhidas através de ensaios que determinem suas características físicas, químicas e biológicas (TAVARES, 2009).

Segundo Annechini (2005 apud TAVARES, 2009) são os seguintes cuidados que devem ser tomados com relação aos reservatórios de armazenamento, visando a sua manutenção e a garantia da qualidade da água:

- A cobertura do reservatório deverá ser impermeável;
- A entrada de água no reservatório e o extravasor devem ser protegidos por telas para evitar a entrada de insetos e de pequenos animais no tanque;
- O reservatório deverá ser dotado de abertura, também chamado de visita, para inspeção e limpeza;
- A água deve entrar no reservatório de forma que não provoque turbulência para não suspender o lodo depositado no fundo do reservatório;
- O reservatório deve ser limpo uma vez por ano para a retirada do lodo depositado no fundo do mesmo (ANNECHINI, 2005 *apud* TAVARES, 2009).

2.2.3 Fatores que interferem na qualidade da água da chuva

A quantidade e a qualidade da água armazenada estão diretamente relacionadas às técnicas construtivas da cisterna. Pesquisas realizadas em Minas Gerais evidenciaram que algumas cisternas apresentaram falhas durante a construção, como trincas e vazamentos, levando em alguns casos, à perda total da água armazenada. A utilização de materiais de construção diferentes dos especificados, (como o emprego de areia mais grossa, por exemplo) e, ou mão de obra não devidamente qualificada pode ter ocasionado estas falhas. Outro problema detectado está relacionado à vedação das cisternas. Algumas tampas foram construídas com material passível de empenamento (zinco), o que facilita a entrada de partículas e pequenos animais no interior da cisterna, possibilitando contaminação das águas armazenadas. Outros problemas, observados no processo de construção de uma cisterna, foram relacionados ao excesso de cimento empregado e à falta de limpeza adequada no interior da cisterna, o que pode comprometer a qualidade da água futuramente armazenada (FUNASA, 2005 apud TAVARES, 2009).

Segundo Tavares (2009):

> "A composição da água da chuva varia com a condição meteorológica (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e com a carga poluidora" [...] Sirkis (1999 apud TAVARES, 2009).

2.2.4 Padrão de qualidade para água de chuva armazenada em cisternas

Segundo Tavares (2009) o principal problema que se deve enfrentar ao estudar a qualidade da água armazenada em cisternas destinadas ao consumo humano é a ausência de uma legislação específica para este tipo de água. Uma forma de contornar este inconveniente pode ser a utilização de padrões de referência para água potável de sistemas de abastecimento ou uso de sistemas alternativos segundo Portaria nº 518/2004 do Ministério de Saúde. Também há um consenso sobre a aplicação da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de mananciais destinadas ao abastecimento humano, em especial para as águas de classe especial, que precisam apenas de desinfecção antes do seu consumo. A Portaria nº

518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, rege a qualidade da água para o consumo humano e estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e orienta quanto a outras providências (TAVARES, 2009).

> [...] “Devido ao rigor da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, foram definidos indicadores mínimos para o monitoramento da qualidade da água no meio rural. Dentre estes indicadores são citados turbidez, cor, pH, cloro livre e coliformes” (TAVARES, 2009).

2.3 TIPOS DE CISTERNAS ULTILIZADAS PARA O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A construção de reservatórios apresenta-se como uma solução acessível para solucionar o problema da escassez de água, para o consumo humano, na região semiárida brasileira (INSA, 2008). Há algum tempo estão sendo construídos diversos tipos de sistemas de captação de água com a função de armazenar água para a época de estiagem. A captação pode ser feita através dos telhados, escavações no solo ou em áreas impermeabilizadas como afirma Malvezzi (2007).

2.3.1 Cisterna de tijolos

Figura 2 - Construção de cisterna de tijolos

Fonte: www.conidis.com.br

Segundo Gnadlinger (1997), a cisterna de tijolos é do tipo semienterrada, pois cerca de dois terços de sua altura fica abaixo do nível do solo. Este tipo de reservatório exige uma escavação maior, para que se possa trabalhar na parte externa da parede.

A parede circular de tijolos é levantada em uma base concretada. A espessura da parede é de 20 centímetros. A parede é rebocada pelas faces interna e externa, sendo que a face interna recebe uma nata de cimento. Para assegurar uma maior elasticidade, a argamassa deve ser feita com cimento e cal.

No entanto, essa técnica apresenta desvantagens, por exigir uma maior escavação, e uma grande quantidade de materiais, o custo acaba se tornando alto, e inacessível a parte da população da região de estudo.

2.3.2 Cisterna de ferrocimento

A pesquisa e conclusões descritas neste trabalho referem-se, especificamente, a este tipo de reservatório.

2.3.2.1 Origem

Em 1848 na França, o engenheiro Jean Louis Lambot, reconhecido como um dos pais do concreto armado (1814-1887), desenvolveu um material, o qual era constituído por “uma rede ou conjunto de arames ou barras metálicas encaixadas ou cimentadas juntas com cimento hidráulico de tal maneira a formar vigas ou pranchas, de qualquer tamanho desejado”, o qual denominou de “ferciment”, conforme descrito em HANAI (1981). Inicialmente, Lambot utilizou o novo material para construção de reservatório de água, vasos para plantas e pequenos barcos.

Somente após passados noventa e cinco anos, em 1943 na Itália, Pier Luigi Nervi contribuiu decisivamente para a evolução da argamassa armada, chamando-a de “ferrocimento”, na qual realizou varias experiências, com telas de arame de aço doce e várias obras de construção civil de vulto.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou uma comissão de estudos de argamassa armada, em 1986, sob a presidência de Hanai, com o objetivo de criar um texto normativo para o material. Em 1989, o texto do projeto de

norma NBR 1179 – Projeto e Execução de Argamassa Armada foram aprovados pela comunidade técnica do país. Em sua última atualização em 1992, a norma está em vigor até os dias de hoje.

Através do acompanhamento técnico do “Grupo de São Carlos”, juntamente com o arquiteto João Figueiras Lima, começaram a serem produzidos componentes pré-fabricados de argamassa armada, por meio do Centro de Desenvolvimento de Equipamentos Urbanos e Comunitários (CEDEC), da antiga Empresa Municipal de Urbanização (EMURB), atual SP Urbanismo, vinculada à Prefeitura de São Paulo.

2.3.2.2 Conceituação

As peças de ferrocimento, de acordo com a NBR-11.173, são definidas como aquelas de pequena espessura, composta de argamassa de cimento Portland, agregado miúdo e água, sendo a armadura composta de telas de aço com malhas de abertura limitada, distribuídas em toda seção transversal.

O panorama internacional é o de se tratar o ferrocimento, como material homogêneo, constituído por uma matriz de argamassa com altas taxas de armadura de telas, com eventual colocação de fios e barras complementares.

No âmbito nacional norma já citada indica que a argamassa pode ser vista como um tipo particular de concreto armado. O processo de industrialização, que se sentiu desde as primeiras aplicações no país, muito contribuiu para o desenvolvimento da argamassa armada em peças pré-fabricadas.

2.3.2.3 Desempenho estrutural

Já sabemos da teoria do concreto armado que quando ocorre a diminuição do diâmetro das barras de armadura melhora-se as condições de sua aderência com o concreto e, além disso, aumenta-se a taxa de armadura (diminuindo a deformação do aço), conseguindo um melhor controle da fissuração, reduzindo a abertura de fissuras e o espaçamento entre elas.

Portanto, é de se esperar, que no caso da argamassa, utilizando-se uma amadura difusa de telas soldadas, consiga-se um efetivo controle de fissuração.

O engenheiro italiano Pier Luigi Nervi já contestava em experiências, realizadas em meados dos anos 40, que o ferrocimento com uma densa armadura de telas de aço

apresentava maior alongabilidade sem o aparecimento de fissuras visíveis. Afirmava então que:

> "as duas qualidades mais importantes e de maior fecundidade construtiva, evidenciadas por essas experiências, foram a grande alongabilidade e infissurabilidade adquirida pela argamassa em consequência da extrema subdivisão e distribuição da armadura metálica, e o fato de que a argamassa pode ser aplicada sem a necessidade de formas."

A "infissurabilidade" da argamassa observada por Nervi pode ser explicada pela análise da estrutura interna da argamassa e o efeito da presença da armadura. A fratura de qualquer elemento de concreto ou argamassa, submetido a forças de tração ou de compressão, se dá por um processo de micro fissuração interno. A presença de elementos de reforço, muito próximos uns dos outros, dificulta à micro fissuração e assim torna-se necessária uma maior quantidade de energia para provocar o aparecimento de fissuras visíveis na superfície do elemento.

Portanto, para obtermos uma argamassa armada de alto desempenho, capaz de resistir a impactos localizados é necessária uma armadura densa (consumo superior a 300 kg/m³), extremamente subdividida e distribuída.

2.3.2.4 Materiais, propriedades e funções

Numa primeira divisão dos materiais componentes do ferrocimento, podemos distinguir argamassa e armadura. Estas, por sua vez, podem ter a seguinte constituição:

- **Argamassa:**

Cimento- além do cimento portland comum pode ser empregado outros cimentos especiais como o pozolânico, o de alta resistência inicial, o de alto forno, etc.

Agregados- podem ser empregadas areias naturais e britadas, pedriscos britado, seixos ralados, etc.

Água- como no caso de concreto, utiliza-se água potável.

Adições minerais- podem ser empregadas adições como micro sílica e outras pozolanas, visando à economia de cimento.

Aditivos- podem ser empregados diversos aditivos disponíveis para concreto, como os plastificantes e superplastificantes, etc.

- **Armadura:**

Telas soldadas de aço- as telas soldadas são compostas por fios retilíneos, dispostos de maneira a formar malhas quadradas ou retangulares, soldados por contato entre si nos cruzamentos. No Brasil, as telas soldadas mais utilizadas são aquelas de malhas de 50mm x 50mm, 25mm x 50mm e fios de aço CA-60 de diâmetro entre 2mm e 3mm.

Fios e barras de aço- fios e barras de aço para concreto armado são empregados juntamente com as telas de aço, para complementação das seções transversais necessárias de armadura e também como armadura construtiva.

Além desses materiais básicos, podem ser necessários nas construções de ferrocimento outros materiais e componentes, como espaçadores e distanciadores de plástico (para manutenção da espessura de cobrimento, da distância entre elementos da armadura ou da distancia entre faces da forma), tintas e vernizes de acabamento e proteção, impermeabilizantes, ou materiais isolantes.

A argamassa tem sido empregada no Brasil com parâmetros de dosagem e características físicas e mecânicas nos intervalos mostrados a seguir.

Composição da massa

- Relação agregado/cimento: 2 - 3,2
- Relação água/cimento: 0,35 – 0,45
- Consumo de cimento: 500 – 680 kg/m³

Consistência

- Índice “flow-talbe” (mesa de espalhamento): 160 – 250mm

Resistência aos 28 dias

- Compressão simples: 30 – 60 MPa
- Tração simples: 3 – 5 MPa

Módulo de deformação longitudinal inicial

- E= 30 – 45 MPa

Permeabilidade e absorção

- Coeficiente de permeabilidade: inferior a 10^{-11} cm/s
- Absorção: inferior a 8%

Massa específica

- Argamassa sem armadura: 2.200 – 2.400 kg/m³

A argamassa endurecida dá corpo, forma, componente ou estrutura, uma vez que a armadura ocupa no máximo 3,5% do volume total. Suas características devem ser em geral, tais que ela tenha:

- Resistência mecânica suficiente para suportar os esforços atenuantes;
- Rigidez suficiente para evitar deformações excessivas;
- Estabilidade física, química e dimensional, para se manter em cima dos limites mínimos durante a sua vida útil.
- Elevada compacidade e baixa permeabilidade para funcionar como barreira eficiente a passagens de líquidos e gases no seu interior.

Sabe-se da tecnologia do concreto armado que a argamassa, assim como no concreto, tem condições de atender todos esses requisitos. Mais uma vez, o que devemos lembrar no caso do ferrocimento é a pequena espessura das peças e sobre tudo do cobrimento da armadura.

A resistência à compressão da ordem de 30 – 60 MPa são facilmente obtidas com as dosagens usuais no ferrocimento.

2.3.2.5 Método construtivo

A cisterna de ferrocimento é um reservatório de água cilíndrico que permite a captação e o armazenamento de águas das chuvas a partir do seu escoamento nos telhados das casas, por meio da utilização de calhas de chapas galvanizadas ou PVC. O reservatório, fechado, é protegido da evaporação e das contaminações causadas por animais e dejetos trazidos pelo vento.

Esse tipo de cisterna, diferentemente da cisterna de tijolos e de placas, não fica enterrada no chão. Por esse motivo, deve ser construída na parte mais baixa do terreno ao redor da casa, para receber a água do telhado por gravidade. A tecnologia de ferrocimento garante alta resistência, além de envolver um processo construtivo com baixo consumo de materiais.

Para construção da base deve ser feita uma escavação pouco profunda, suficiente apenas para retirar a camada orgânica do solo.

Em uma base armada se coloca uma estrutura de tela metálica conhecida como “tela de alambrado”, de forma cilíndrica, já no tamanho da cisterna. Para permitir a aplicação de argamassa, a tela é envolta com sacaria do tipo usado para cebola. A

aplicação de quatro camadas finas de argamassa, sendo duas na parte interna e duas na parte externa, confere a resistência necessária à parede.

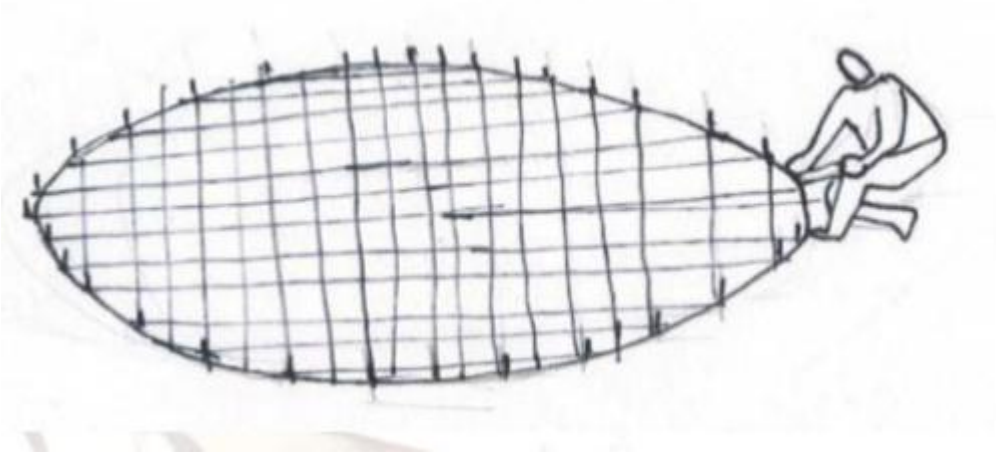
O processo de construção da cisterna ocorre a partir de quatro etapas principais, apresentadas abaixo com informações e recomendações técnicas.

1- Base da cisterna

Antes de iniciar a construção da base, o terreno deve ser nivelado e realizado um círculo do tamanho do fundo da cisterna. Além disso, deve ser instalado um cano de PVC de 40 milímetros centralizado, o qual servirá para esgotamento da água de limpeza da cisterna. Feito isso, a terra deve ser recoberta com a malha de aço utilizada e preenchida com argamassa até o recobrimento.

Para construção da base deve-se escavar de 0,15 m da superfície do solo para retirada da camada orgânica. O raio da escavação deve ser de 1,80 m.

Figura 3 - Ilustração do preparo da armadura da base da cisterna



Fonte: PROGRAMA CISTERNAS (2013)

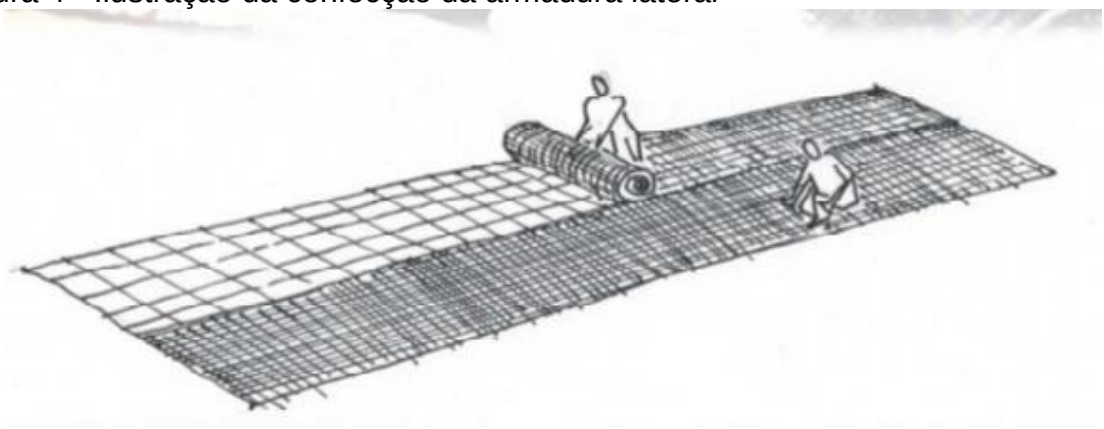
Antes de iniciar a marcação e a construção da base da cisterna devem-se verificar os seguintes aspectos.

- A construção deve ser próxima a casa;
- O tipo de terreno influi na profundidade da escavação da base da cisterna;
- Não construir próximo a árvores.

2- Confecção da armadura da parede da cisterna

Para a confecção da armadura da parede da cisterna, desenrole 11,60 m de malha de aço 15x15 4.2mm, equivalente ao perímetro da cisterna mais 30 cm. Em seguida, fazer o mesmo com tela para aves, amarrando com arame recozido. Sendo a tela necessária para garantir a fixação da argamassa na malha de ferro.

Figura 4 - Ilustração da confecção da armadura lateral

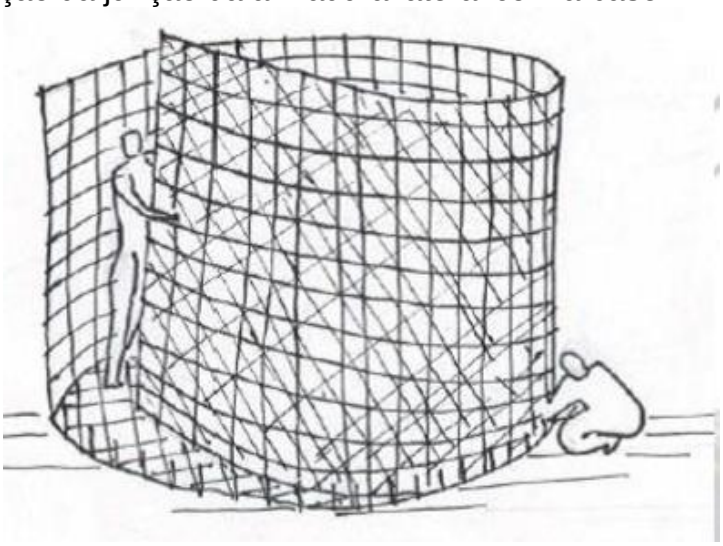


Fonte: Programa cisternas (2013)

3- Instalação e fixação da armadura

Colocar a armadura sobre a base, em seguida, fazer um gancho com o arame para amarrar as sobras da tela do fundo que foram dobradas para cima na tela da parede, procurando a coincidência entre elas.

Figura 5 - Ilustração da junção da armadura lateral com a base



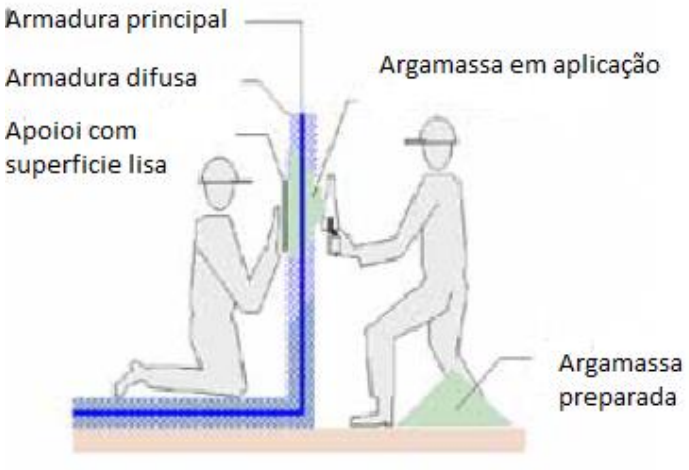
Fonte: Programa cisternas (2013)

4- Aplicação do Reboco

O reboco deve ser aplicado de baixo para cima, inicialmente aplicado na parede externa. Após a primeira mão aplicada na parte externa, dever aplicado uma mão na parte interna. Depois de um período de 12 horas de cura, dever ser aplicado a segunda mão externa e interna, bem como os acabamentos necessários.

O trabalho diário dever ser programado de modo que seja aplicada uma camada inteira a cada dia, pois não se devem fazer emendas, o que pode permitir vazamentos.

Figura 6 - Execução artesanal da estrutura de ferrocimento



Fonte: VIANNA (2012)

3 METODOLOGIA

Para melhor tratamento dos objetivos e melhor apreciação deste estudo, ele pode ser classificado como pesquisa bibliográfica exploratória, pois fez-se o uso de materiais já elaborados: livros, artigos científicos, revistas e documentos eletrônicos na busca e alocação de conhecimento sobre a utilização do ferrocimento na construção de cisternas na região do semiárido brasileiro, correlacionando tal conhecimento com abordagens já trabalhadas por outros autores.

Também se entende como um procedimento técnico importante, o estudo de caso, no qual a pesquisa assume implantação de cisternas como solução para a seca atenuante no nordeste brasileiro, proporcionando maior familiaridade com o problema.

Feito isso, foi elaborado o dimensionamento e detalhamento da aplicação do ferrocimento no estudo de caso em referência, além do levantamento de custos para o sistema proposto.

Para levantar o custo total da utilização do ferrocimento tomou-se como base o Manual para Elaboração de Orçamentos do IOPES (Instituto de Obras Públicas do Estado do Espírito Santo), que descreve os componentes e principais termos e conceitos utilizados no orçamento técnico de uma obra.

A princípio foi realizada uma pesquisa entre fornecedores do material, serviço e equipamentos, objetivando a obtenção de preço destes insumos, de modo que se pode calcular um valor representativo do material pesquisado. Com a composição de custo unitário definiu-se o valor financeiro a ser despendido na execução do respectivo serviço, elaborando-se com base em coeficientes de produtividade, de consumo e aproveitamento de insumos e seus preços coletados no mercado. Ressaltamos que, para a determinação dos coeficientes de mão de obra para execução, utilizou-se como base informações passadas pelo Programa cisternas, que foi responsável pela a implantação de dezenas de cisternas no semiárido brasileiro.

Os resultados obtidos foram apresentados e comparados com a técnica convencional de alvenaria, utilizada na maioria dos casos de construção de cisterna.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

4.1 DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA DE FERROCIMENTO PARA ESTUDO DE CASO

Nesse exemplo de cálculo, apresenta-se um reservatório com parede cilíndrica de 3,6 m de diâmetro, e atura de 1,5 m (sendo que a altura máxima recomendada pela norma para estruturas de ferro cimento é de 2 m), que pode acumular cerca de 15 m³ de água. A cobertura é feita com casca cônica, com abertura no topo para inspeção.

Nesse exemplo, em particular, será demostrado apenas o dimensionamento da parede. O dimensionamento da laje de fundo e da cobertura não é apresentado, podendo, no entanto, adiantar que essas partes podem perfeitamente ser executadas com elementos de pequena espessura.

A parede isolada tem o comportamento de um tubo de parede fina submetido a pressão hidrostática interna, e portanto os esforços são esforços anelares a tração. Como se poderá constatar, mesmo com esses esforços de tração, uma parede de ferrocimento com espessura de apenas três centímetros é suficiente para atender ás condições de segurança e utilização.

4.1.2 Materiais a empregar

Para a construção do reservatório do estudo em questão, são necessários os seguintes materiais:

Quadro 1 – Materiais utilizados na construção de cisterna de ferrocimento.

Especificação	Un.	Ferrocimento
Escavação	m³	1,53
Tijolos	Unid.	0
Cimento Portland Comum CP I-32 50kg	Saco	11
Cal	Saco	0
Areia média	m³	1,1
Brita	m³	0
Malha de ferro 15x15 4.2 mm	m²	42,81
Tela para aves	m²	42,81
Mão-de-obra	Dias	4

Fonte: Projeto

Quadro 2 – Materiais utilizados na construção de cisterna de tijolos.

Especificação	Un.	Tijolos*
Escavação	m³	10,17
Tijolos	Unid.	4000
Cimento Portland Comum CP I-32 50kg	Saco	15
Cal	Saco	10
Areia média	m³	1
Brita	m³	0,5
Malha de ferro 15x15 4.2 mm	m²	10,17
Tela para aves	m²	0
Mão-de-obra	Dias	6

Fonte: João Gnadlinger, em Sergipe (2012)

Quadro 3 – Comparativo de materiais utilizados.

Especificação	Un.	Ferrocimento	Tijolos*
Escavação	m³	1,53	10,17
Tijolos	Unid.	0	4000
Cimento Portland Comum CP I-32 50kg	Saco	11	15
Cal	Saco	0	10
Areia média	m³	1,1	1
Brita	m³	0	0,5
Malha de ferro 15x15 4.2 mm	m²	42,81	10,17
Tela para aves	m²	42,81	0
Mão-de-obra	Dias	4	6
*Dados para quantidade de material na construção da cisterna de tijolos obtidos através de um projeto executado por João Gnadlinger, em Sergipe.			

Fonte: Projeto

Destacam-se as principais diferenças destes dois modelos de construção sendo a malha de aço, muito presente na cisterna de ferrocimento, e empregada apenas na construção da cobertura da cisterna de tijolos, e a quantidade de escavação, onde na cisterna de ferrocimento é feita apenas nos primeiros 15 cm, para limpeza e compactação do terreno, e na cisterna de tijolos é necessário que 2/3 do reservatório esteja enterrado.

4.2 ANÁLISE DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO DA CISTERNA

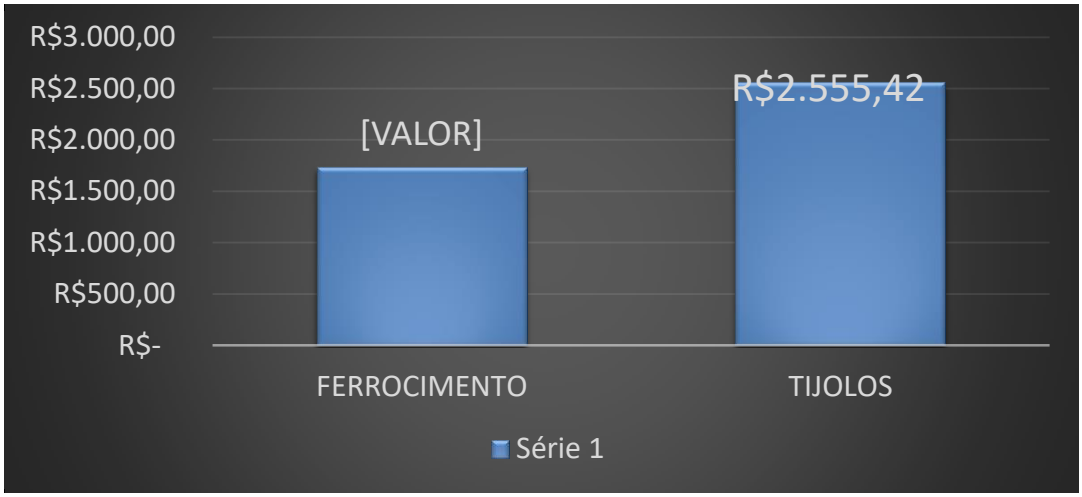
Para o levantamento do custo relacionado a construção da cisterna de ferrocimento, foi realizada a cotação no mercado e gerada a planilha orçamentária. Para melhor entendimento e comparação com o custo do serviço, todas as planilhas estão disponíveis para consulta nos apêndices.

Apêndice B - resumo orçamentário do método ferrocimento

Apêndice C - resumo orçamentário do método de tijolos

Conforme os dados apresentados nos Apêndices é possível verificar que o método ferrocimento apresenta um custo total avaliado em R$ R$ 1.736,55 , quanto o método de tijolos está avaliado em R$ R$ 2.555,42 , o que apresenta uma redução de 32,05% do valor total, economizando R$ 818,87 na construção de um reservatório de mesma capacidade.

Gráfico 1: Comparativo de custos do método ferrocimento e tijolos.



Fonte: Projeto, 2018

CONCLUSÃO

O presente trabalho visa elaborar o dimensionamento e levantamento de custos da aplicação de uma cisterna construída pelo método do ferrocimento na região do semiárido brasileiro. A proposta do estudo era compará-la com uma solução já adotada no local: a cisterna de tijolos.

Do ponto de vista econômico o reservatório de armazenamento de água construído pelo método ferrocimento, se mostrou mais viável, visto o custo ser 32,05% mais econômico comparado ao método tradicional de tijolos.

Em relação ao tempo de execução (contando um pedreiro e um servente), para a construção da cisterna de ferrocimento é estimado um período de quatro dias, enquanto para a de tijolos, o tempo estimado é de seis dias.

Sendo assim, conclui-se que é adequada, financeiramente, a utilização do ferrocimento como método alternativo para a construção de uma cisterna para captação de água da chuva, visto que seu custo é inferior comparado ao método tradicional de tijolos.

Este estudo limita-se a comparar a técnica de aplicação de ferrocimento à técnica convencional de tijolos, e não a outros métodos, o que pode apresentar conclusões diferentes se os parâmetros de referência forem outros.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de ensaios de resistência e a aplicação in loco de uma peça de ferrocimento, para clareza dos resultados da pesquisa bibliográfica realizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuvaAproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** 1 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2007. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** 3 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** 1 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 1989. 13 p.

ASA-BRASIL. **Articulação no Semi-Árido Brasileiro.** Disponível em: <http://www.asabrasil. org.br/>. Acessado no dia 01 out 2018.

GNADLINGER, J.; IRPAA. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-Árido Brasileiro.** 1º Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro, Petrolina, 1997.

HANAI, João Bento de. **Construção de Argamassa Armada: Fundamentos Tecnológicos para Projeto e Execução**. São Paulo: Pini, 1992.

HANAI, João Bento de. **Argamassa Armada: Projeto estrutural e dimensionamento com telas soldadas.** Volume 2. São Paulo, IBTS, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-11173: Projeto e Execução de Argamassa Armada – Procedimento.** 1990, 10 p

APÊNDICES

APÊNCIDE A – DIMENCIONAMENTO DA CISTERNA DE FERROCIMENTO

Calculo do volume da cisterna

A fórmula para calcular o volume/capacidade, em Litros, de uma cisterna cilíndrica é:

$$V= r^2*\pi*h$$

Sendo=	
h (altura da cisterna, em metros)	1,5
r (raio da cisterna, em metros)	1,8
v (volume ,em litros)	15,2604

Construção da parede

Este calculo é feito para sabermos o comprimento da parede da cisterna para o raio que desejamos.

L= 2* π * r	
11,304	m

Para uma melhor resistência da cisterna, é indicado que a malha e as telas sobreponham 30 cm da parede, então.

11,604	m

Cálculo para a circunferência, metros quadrados de malha para fazer o entorno da cisterna:

L* h	m²
17,406	

Cálculo para fazer a base da cisterna:

base=

π*(r+0,3)²	
13,8474	m²

Cálculo para fazer a tampa da cisterna:

π*(r+0,2)²	
12,56	m²

Somando todas as áreas de malhas necessárias, temos o

valor total

TOTAL MALHA DE FERRO	
43,8134	m²

Quantidade de cimento e areia

No preparo da argamassa, para cada saco de cimento, foram adicionados 4 latas de areia média, sendo necessário para cobrir uma área de 3 m², com espessura entre 2 cm e 3 cm.

CIMENTO

A total/3	
14,60	
15 sacos	

AREIA

Q. Cimento * 4	
58,4	latas
1,1	m³
1,1 m³ de areia	

APÊNDICE B – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA CSITERNA DE FERROCIMENTO

Data base: Outubro, 2018.

CONSTRUÇÃO DE CISTERNA DE 15 M³ PELO MÉTODO DO FERROCIMENTO						
Item	Descrição dos serviços	Unid.	Quant.	Preço	Preço total	Referencia
1	Serviços preliminares					
1.1	Escavação manual em campo aberto em solo exceto rocha até 2,0 metros de profundidade	m²	1,53	24,29	37,1637	0 79478
2	Armadura					
2.1	ARMACAO EM TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA Q-138, ACO CA-60, 4,2MM, MALHA 10X10CM	m²	43,81	11,76	515,2056	Projeto
2.2	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,24 MM, MALHA25 X 25 MM	m²	43,81	8,57	375,4517	Projeto
3	Reboco					
3.1	REBOCO COM ARGAMASSA PRE-FABRICADA, ESPESSURA 5CM, PREPARO MECANICO DA ARGAMASSA - (INCLUSO MATERIAL E MÃO DE OBRA PARA REPAROS NO REBOCO DA CAIXA D'AGUA E DEMAIS)	m²	43,81	18,46	808,7326	100301
	TOTAL GERAL				R$ 1.736,55	

APÊNCIDE C – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA CISTERNA DE TIJOLOS

Data base: Outubro, 2018.

CONSTRUÇÃO DE CISTERNA DE 15 M³ PELO MÉTODO DE TIJOLOS						
Item	Descrição dos serviços	Unid.	Quant.	Preço	Preço total	Referencia
1	Serviços preliminares					
1.1	Escavação manual em campo aberto em solo exceto rocha até 2,0 metros de profundidade	m³	10,17	24,29	247,0293	79478
2	Fundação					
2.1	CONCRETO MAGRO 1:4:8 (CIMENTO + AREIA GROSSA + PEDRA BRITADA NR 2 OU 25 MM), COM PREPARO MANUAL, CONSUMO CIMENTO 210 KG/M³	m³	1,017	254,09	258,408513	6047
3	Paredes					
3.1	Alvenaria de blocos cerâmicos 10 furos 10x20x20cm, assentados c/argamassa de cimento, cal hidratada CH1 e areia traço 1:0,5:8, esp. das juntas 12mm e esp. das paredes s/revestimento, 10cm (bloco comprado na fábrica, posto obra)	m²	16,95	50,25	851,7375	100301
3.2	REBOCO PAULISTA (MASSA UNICA) TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESSURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	m²	33,92	13,66	463,3472	73927/9
3.3	Chapisco de argamassa de cimento e areia média ou grossa lavada, no traço 1:3, espessura 5 mm	m²	33,92	5,64	191,3088	120101
4	Cobertura					
4.1	LAJE PRE-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, COM LAJOTAS E CAPEAMENTO COM CONCRETO FCK=20 MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, COM ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA, INCLUSIVE CAPEAMENTO TRAÇO 1:3:4 (CIMENTO + AREIA GROSSA LAVADA E PENEIRADA + BRITA NO 1 OU 20 MM)	m²	10,17	53,45	543,5865	74202/2
	TOTAL GERAL				R$ 2.555,42	

APÊNCIDE D – MEMORIAL DE CALCULO DA CISTERNA DE TIJOLOS

CONSTRUÇÃO DE CISTERNA DE 15 M³ PELO MÉTODO DE TIJOLOS					
Item	Descrição dos serviços	Unid.			
1	Serviços preliminares		Área da base	Profundidade	
1.1	Escavação manual em campo aberto em solo exceto rocha até 2,0 metros de profundidade	m³	10,17	1	10,17
2	Fundação		área da base	Espessura	
2.1	CONCRETO MAGRO 1:4:8 (CIMENTO + AREIA GROSSA + PEDRA BRITADA NR	m³	10,17	0,1	1,017
3	Paredes		Raio	h (altura)	
3.1	Alvenaria de blocos cerâmicos 10 furos 10x20x20cm, assentados c/argamassa de cimento, cal hidratada CH1 e areia traço 1:0,5:8, esp. das juntas 12mm e esp. das paredes s/revestimento, 10cm (bloco comprado na fábrica, posto obra)	m²	1,80	1,5	16,956
3.2	REBOCO PAULISTA (MASSA UNICA) TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESSURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	m²	1,80	1,5	33,912
3.3	Chapisco de argamassa de cimento e areia média ou grossa lavada, no traço 1:3, espessura 5 mm	m²	1,80	1,5	33,912
4	Cobertura		Raio		
4.1	LAJE PRE-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, COM LAJOTAS E CAPEAMENTO COM CONCRETO FCK=20 MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, COM ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA, INCLUSIVE CAPEAMENTO TRAÇO 1:3:4 (CIMENTO + AREIA GROSSA LAVADA E PENEIRADA + BRITA NO 1 OU 20 MM)	m²	1,80	$\pi * R^2$	10,17