

TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO ECOLÓGICA EM ARQUITETURA DE TERRA

Ruy Arini

Escola de Engenharia
Universidade do Minho
Campus de Azurém, 4800-058 - Guimarães, PORTUGAL
Tel 351.253.510.200/4 – Fax 351.253.510.217
E-mail: ruyarini@yahoo.com.br

Tema 1: Tecnologia e Construção

Palavras-chave: arquitetura, terra, tecnologia, ecologia, design

Resumo

A definição de um Sistema Construtivo que utiliza alvenaria de terra crua, produzida no canteiro de obras, sem adição de estabilizantes artificiais ou de energias para sua cura, com técnicas apropriáveis e não poluentes, garantindo maior equilíbrio ecológico e custo econômico, pode caracterizar uma forma construtiva, que tem como característica a economia e a rapidez da entrega da obra, que se apresenta com bonita estética arquitetônica.

Considerando os aspectos ecológicos, econômicos, bioclimáticos, termoacústicos e práticos, além da eficácia e durabilidade que envolvem a construção civil, o Sistema Construtivo que utiliza a Arquitetura de Terra, nas edificações urbanas, são formas de expressão cultural próprio às comunidades, reconciliando-nos com o sentido e uso da sabedoria popular local, criando, ao mesmo tempo, um laço de continuidade entre a história da sociedade, a realidade da atualidade e o futuro da comunidade.

1. Introdução

O Impacto Ambiental, Social e Econômico causado pelo processo construtivo da indústria da construção civil brasileira, quando da produção da alvenaria cerâmica, seu transporte e sua utilização na construção de unidades habitacionais para população de média e baixa renda, justifica um estudo de alternativas construtivas mais preocupadas com a preservação do Meio Ambiente, da Ecologia e com a Qualidade de Vida do Usuário.

Adotando o Sistema Construtivo em Arquitetura de Terra, caracterizado pela utilização de alvenaria de terra crua, serão eliminadas as energias necessárias para a produção e a cura da alvenaria e o seu respectivo transporte para os canteiros de obras, conseguindo, com isso, uma redução do custo final da alvenaria;

Utilizando um processo construtivo baseado na edificação das fundações, pisos, estrutura, paredes e cobertura, produzidas com tijolos, que possui um design diferente para cada função na estrutura da edificação, e que são assentados e encaixados na estrutura montada com perfis metálicos cortados, dobrados e parafusados, caracterizando as brocas, pilares, vigas baldrame e cinta de amarração, finalizando a etapa construtiva do respaldo da edificação.

Concluída a etapa do respaldo, é colocada uma forma metálica, em forma de arco abatido sobre as duas cintas de amarração, que foram projetadas e construídas em paralelo, cobrindo a edificação. A forma pode ser deslocada ao longo das referidas cintas de amarração, aonde são colocados os tijolos, também produzidos com design especial, assentados com argamassa produzida com terra e água, até preencher todo o espaço da forma, em seguida a forma será deslocada para receber outra camada, e assim sucessivamente concluir até a etapa da cobertura.

O elevado índice de compacidade, que retarda a passagem de energias térmicas, acústicas e mecânicas, qualidades que caracterizam os aspectos termoacústicos e de elevada resistência à compressão dessa alvenaria, e a pintura externa na cor branca, permitem eliminar forro, sem perder a qualidade do conforto ambiental da edificação.

Considerando a redução do custo final da alvenaria, limitando utilização de madeiras para execução de formas, eliminando os materiais de regularização e acabamento das

paredes, racionalizando a colocação das instalações hidráulicas e elétricas, que são colocadas nas aberturas previstas pelo design do tijolo e com a substituição dos ferros dos pilares e vigas pela estrutura metálica, reduzindo o tempo de construção, eliminando as telhas, o forro e as madeiras que são utilizadas para a construção do telhado e do forro, conseguiremos reduzir o custo final da obra, conforme a Tabela Análise Comparativa Custo x Benefício que se pode verificar abaixo, sem perder a qualidade final da construção civil, que passa a utilizar uma mão de obra, de forma mais racional e especializada. Com a redução do custo final do metro quadrado construído, poderemos propor uma habitação com dimensões mais adequadas, com outra estética arquitetônica, melhor acabamento e maior durabilidade, e com um custo final compatível com a renda familiar da maior parte da população brasileira.

2. Alvenaria

2.1 Produção

Todos os tijolos serão produzidos no canteiro de obras, utilizando o solo recolhido no canteiro, ou de suas proximidades, sempre numa profundidade entre 1,50 e 2,50 metros, o solo deve ser peneirado, hidratado e compactado em equipamento hidráulico ou mecânico, com uma capacidade de carga equivalente a 20 000 kgf.

Após a compactação, os tijolos devem ser colocados em local arejado e com sombra, empilhados em três unidades por fiada, em até 10 fiadas, sendo necessário ter a primeira hidratação somente 6 horas após a sua produção e depois a cada 6 horas, até completar 48 horas, etapa inicial da cura a frio, após esse período, os tijolos podem ser transportados para serem utilizados na edificação, aonde ficarão em até 28 dias, tempo necessário para sua cura definitiva.

2.2 Design

O Design do tijolo com encaixes horizontais e verticais, utilizado para edificar as paredes foi desenvolvido objetivando conseguir resistir os esforços horizontais e verticais, e que possam ser assentados com pequena quantidade de cola à base de PVA, junto às estruturas metálicas.

Todos os tijolos terão duas aberturas internas quadradas, exatamente idênticas, de tal forma que possam ser assentados com junta a prumo ou com junta cruzada, que além de reduzir o seu peso específico, possam facilitar a colocação das instalações elétricas e hidráulicas nas paredes.

As estruturas metálicas que compõem as vigas baldrames, os pilares e as cintas de amarração superior, são projetadas e cortadas em perfis de aço laminado dobrado, de forma a receber os tijolos que definem as paredes de canto, paredes de dois lados, cruzamento de três paredes, e de cruzamento de quatro paredes.

As vigas, os pilares e as cintas de amarração superior, são projetadas e cortadas em perfis de aço laminado dobrado, depois transportadas para o canteiro de obras, para serem adequadamente montadas e fixadas. Os pilares junto com as vigas baldrames, nas suas partes inferiores e os pilares junto com as cintas de amarração superior, nas suas partes superiores, sempre nas suas extremidades, através de parafusos, arruelas e porcas.

Para a construção da cobertura, uma vez concluídas todas as paredes verticais, que são finalizadas com a fixação das cintas de amarração superior, travadas nas partes externas e internas, sempre em cima de paredes, através de cintas de amarração superior, é colocada uma forma, de forma perpendicular às cintas longitudinais, para receber os tijolos da cobertura.

Antes de iniciar a cobertura, a forma deve ser elevado em 1 centímetro, através da colocação de uma cunha em cada canto da forma, iniciando a colocação dos tijolos de cobertura, em “espelho”, com um design que tem na sua parte superior a dimensão de 5 centímetros, e na sua parte inferior tem a dimensão de 4 centímetros, numa altura de 11 centímetros, formando um trapézio, padrão dimensionado para vencer um vão de 320 centímetros.

3. Sistema Construtivo

3.1 Fundações

Para que as obras das Fundações sejam iniciadas, é necessário a fazer a limpeza, a regularização e a demarcação da obra no terreno, em seguida, conforme a definição do Sistema Construtivo, que objetiva a construção de um pilar em cada cruzamento de paredes, são escavadas valas com 30 centímetros de diâmetro, e com profundidade de aproximadamente 100 centímetros, aonde serão colocados os perfis metálicos correspondentes à função estrutural de cada pilar na edificação.

3.2 Estrutura

A estrutura é composta de pilares de canto, de passagem, de cruzamento de 3 paredes e cruzamento de 4 paredes; Todos os **pilares** serão fixados **nas vigas baldrames**, em sua parte inferior, e nas **cintas de amarração superior**, em sua parte superior; Esta etapa de trabalho consome aproximadamente 120 minutos para uma edificação de 50 metros quadrados. Finalizada a etapa de fixação dos pilares, das vigas baldrames e das cintas de amarração da estrutura, é despejado o concreto nas valas que estão abaixo da superfície, fixando assim as denominadas **brocas**, que acima da superfície são denominados **pilares**;

Nos vãos das paredes que contém esquadrias, são colocadas as vergas, também projetadas em perfis metálicos, onde serão fixadas as portas e janelas; Para as janelas são colocadas, na sua parte inferior, as vergas inferiores, que são parafusadas junto aos pilares laterais que determinam o vão, e as vergas superiores, que são colocadas na sua parte superior, que são parafusadas junto aos pilares laterais que determinam o vão.

Para a colocação das portas, os batentes são fixados nas vigas baldrames, em sua parte inferior e na parte superior da porta, o batente é fixado na verga superior, que são parafusadas entre os pilares laterais que determinam o vão.

3.3 Alvenaria

Esta etapa se caracteriza pelo assentamento dos tijolos, utilizando uma fina demão de cola à base de PVA, nos vãos definidos entre os pilares laterais e entre as vigas baldrames e às cintas de amarração superior, tijolos estes que são encaixados e travados, horizontal e verticalmente, devido às reentrâncias e saliências horizontais e verticais definidas pelo design do tijolo, conforme figura 1.

3.4 Cobertura

Os tijolos que compõem a Cobertura, quando colocado em “espelho”, possuem a forma trapezoidal, com uma altura igual a 11 centímetros, tem na parte superior uma largura igual a 5 centímetros, e na parte inferior uma largura igual a 4 centímetros, e seu comprimento sempre igual a 23 centímetros.

Uma vez concluída a etapa do respaldo, é colocada uma forma com formato em arco abatido, produzida em aço laminado, sobre as cintas de amarração superior, alinhando-se horizontal e verticalmente, em seguida são colocados cunhas, uma em cada um dos quatro cantos da forma, elevando-se a forma em 1 centímetro, os tijolos são apoiados e assentados, em espelho, com uma fina demão de cola à base de PVA, até preencher o espaço definido pela forma.

Para dar continuidade à construção do arco, depois de preenchida toda a forma, são retirados as cunhas, a forma é rebaixada e pode ser deslocada até o alinhamento da metade da última fiada de tijolo assentada, quando, de novo são colocadas as cunhas, de forma cuidadosa, para conseguir o alinhamento paralelo e dar continuidade à construção do arco, este procedimento deve ser repetido até que se complete aquela parte da edificação.

Na parte da cobertura em que a cinta de amarração está apoiada sobre uma parede externa da edificação, os primeiro tijolos devem ser colocados em pé, apoiados na parte elevada da cinta de amarração superior, que tem um formato triangular em toda sua longitude, de forma que sua altura seja 23 centímetros, diferente dos 11 centímetros dos demais tijolos da cobertura, isto se faz para que sejam criados os espaços para que sejam canalizadas as águas de chuva, substituindo as calhas convencionais.

Na parte da cobertura em que, a cinta de amarração está apoiada sobre uma parede interna da edificação, o primeiros tijolos devem ser colocados deitados, apoiados na parte elevada da cinta de amarração superior, que tem o formato triangular em toda sua longitude, permitindo a colocação dos tijolos que iniciarão o outro arco lateral, permitindo com isso o acabamento e a canalização das águas de chuva, conforme figura 2.

Sobre o arco construído, deve ser aplicado em sua parte superficial externa, uma demão de argamassa preparada com terra, água e material impermeabilizante, criando uma camada de regularização dos arcos da cobertura, e depois de seca, deve ser aplicada duas demãos de tinta plástica ou acrílica, de cor branca. Esse mesmo produto deve ser aplicado na parte superficial interna da cobertura, diretamente sobre os tijolos.

3.5 Instalações

As Instalações Elétricas e Hidráulicas serão colocadas, no sentido vertical, durante à construção das paredes, nos vãos que existem na parte interna dos tijolos, e que para sua distribuição no sentido horizontal, as instalações deverão percorrer as partes internas do triângulo existente das cintas de amarração superior até encontrar as instalações verticais, anteriormente colocadas quando da edificação das paredes.

Exceção é feita quando da colocação das caixas de tomadas, de interruptores e saídas de água, quando se prepara um tijolo com dimensões especiais. O projeto prevê a iluminação da edificação colocando pontos de luz nas partes laterais internas, nas sancas criadas entre o final da cinta de amarração e o início da cobertura, caracterizando uma iluminação indireta do ambiente.

3.6 Pisos

Para a construção dos pisos das áreas consideradas secas, os tijolos serão produzidos sem os furos internos, de forma maciça, e são assentados, em espelhos, de tal forma que a espessura do piso fique com 11 centímetros, no formato “espinha de peixe”, deixando entre o assentamento de um tijolo e outro, um espaço lateral de 1 centímetro, que deve ser preenchido com argamassa de assentamento convencional, conforme figura 3.

Essa argamassa de assentamento deve deixar um espaço de 1 centímetro na altura, espaço esse que será, posteriormente, preenchido com argamassa preparada com cimento colorido, areia e uma quantidade maior de água, cujo excesso deverá ser retirado com um puxador de água junto à superfície dos tijolos, aumentando a resistência das partes externas dos tijolos assentados e de suas respectivas arestas, resultando um piso resistente e colorido, que depois de pronto deve ser aplicado duas demãos de cera de carnaúba incolor. Para a construção dos pisos das áreas consideradas molhadas, serão utilizados pisos de cerâmica vitrificada, de cor contrastante às cores das louças sanitárias, que deve ser rejuntado com massa de cor preta.

3.7 Revestimentos

Uma vez concluída a edificação, suas paredes externas, caracterizando alvenaria aparente, recebem duas demãos de verniz acrílico incolor, conforme figura 4; as paredes internas, objetivando maior qualidade de iluminação no interior da edificação, recebem duas demãos de verniz acrílico branco. Na parte externa da cobertura, é aplicada duas demãos de pintura plástica, de cor branca sobre a argamassa de regularização devidamente seca. Na parte interna da Cobertura, é aplicada duas demãos de verniz acrílico branco ou massa acrílica branca, diluída em água, diretamente sobre os tijolos.

4. Análise Comparativa: Custos x Benefícios do Sistema Construtivo em Arquitetura de Terra

A eficiência econômica pode ser demonstrada a partir de uma análise comparativa dos tijolos de terra crua em relação à alvenaria convencional. Para captar, preparar, peneirar, hidratar, prensar e hidratar os tijolos produzidos com um volume de, aproximadamente, 1 m³ de terra, suficiente para a produção de 1000 tijolos de 5 x 11

x 23 centímetros, normalizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, se utiliza a mão de obra que tem um custo médio equivalente a 1,50 sacos de 50 kg de cimento.

O tijolo cozido convencional produzido, em olaria, para ser utilizado de forma aparente, tem seu custo equivalente a 30 sacos de 50 kg de cimento para cada 1000 tijolos, enquanto que o tijolo cozido produzido em olaria para ser utilizado como simples vedação e revestido, tem seu custo equivalente a 6,60 sacos de 50kg de cimento para cada 1000 unidades.

Devendo ainda ser considerado que os tijolos de olaria possuem dimensões, que variam entre 5x10x20 e 4x9x19 centímetros, sendo necessários, em média 98 tijolos para edificar 1 metro quadrado de alvenaria, enquanto que, para os tijolos de terra prensada, com dimensões 5x11x23 centímetros, são necessários 70 tijolos para edificar o mesmo metro quadrado.

TABELA DE CUSTOS COMPARATIVOS RELATIVOS À EDIFICAÇÃO

<i>Item</i>	<i>Descrição das etapas de obra</i>	<i>Arquitetura convencional Em %</i>	<i>Arquitetura de terra em %</i>
01	Parâmetros/ revestimentos	18,50	5,00
02	Vãos/ portas/ janelas/ domos	16,50	16,50
03	Vedos/ paredes/ painéis	15,00	7,00
04	Estrutura	11,00	5,00
05	Equipamentos hidro-sanitários	10,50	10,50
06	Pavimentos/ revestimentos/ Pisos/ Escadas	8,00	3,00
07	Cobertura / telhas / forros / Calhas	8,00	3,00
08	Equipamentos eletro-mecânicos / Energia/ luz	4,50	4,50
09	Diversos / limpeza / jardins	3,50	3,50
10	Instalações de canteiro	3,00	3,00
11	Fundações	1,00	0,50
12	Terrapleno	0,50	0,50
	TOTAL	100,00	62,00

Obs.:A parte referente à arquitetura convencional foi extraída da dissertação de mestrado do arquiteto Khaled Ghoubar - "Arquitetura e Economia do Edifício"/FAUUSP 1980, e a parte referente à arquitetura de terra é resultado de uma mensuração média de diversas obras já edificadas.

BIBLIOGRAFIA:

- AGARVAL, A. - "Bâtir en terre. Le Potentiel des Matériaux à base de terre pour l'habitat du Tiers Monde"
Londres - Earthscan - 1981.
- ALVARENGA, Maria A.A. - "Arquitetura de Terra - Uma opção Tecnológica de Baixo Custo" in III Simpósio Ibero-Americano sobre Técnicas Construtivas Industrializadas para Habitação de Interesse Social.
São Paulo - IPT – 1993, p 508 -516
- ARINI, Ruy - "Avaliação de Sistema Construtivo em Solocimento - Sistema Construtivo para Habitações de Interesse Social"
São Paulo, FAUUSP – 1994 – Dissertação (Mestrado).
- _____ - "Evolução Dimensional Conjuntos Habitacionais"
São Paulo – 1995 - Trabalho Apresentado na Disciplina AUT 809-Modelos de Dimensionamento da Habitação ministrada pelo Prof.Dr. Jorge Boueri Filho
- _____ -"Arquitetura de Terra e as Habitações de Interesse Social" in Anais Workshop Arquitetura de Terra; São Paulo, 1995 . p 81 - 94.
- _____ -"Arquitetura de Terra, Solo Cimento e Cal"
São Paulo, FAUUSP – 2000 – Tese de Doutorado

- DICKSON, David - "Tecnologia Alternativa: Política del Cambio Tecnológico"
Madrid - Blume - 1978.
- GALDIERI, E. - "Le meraviglie dell'architettura in terra cruda"
Roma - Laterza - 1982.
- HOUBEN, Hugo., GUILLAUD, Hubert - "Traité de Construcion en Terre"
Marselha - Parenthèses - 1989.
- ORNSTEIN, Sheila. ROMÉRO, Marcelo - "Avaliação Pós Ocupação do Ambiente Construído"
São Paulo - Studio Nobel / Edusp - 1992
- STECHAHN, Carlos - "Projeto e Apropriação do Espaço Arquitetônico de Conjuntos Habitacionais de Baixa Renda"
São Paulo – FAUUP – 1989 - Tese (Doutoramento)

NOTA FINAL

Ruy Arini: Arquiteto Mestre Doutor FAUUSP São Paulo Brasil, Pós Doutorando UMINHO Guimarães Portugal

Legendas das Figuras

Figura 1 - Habitação Unifamiliar – Itapecerica da Serra / São Paulo / 615,00 m2 -2004

Figura 2 - Assentamento dos Tijolos de Cobertura – Guapiaçu / São Paulo

Figura 3 - Assentamento do Piso – Ilha Bela / São Paulo

Figura 4 - Habitação Unifamiliar – Itapecerica da Serra São Paulo / 545,00 m2 -1980

(T1-01)

TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO ECOLÓGICA EM ARQUITETURA DE TERRA

Ruy Arini

Tema 1: Tecnologia e Construção

Figuras com Legendas



Figura 1 - Habitação Unifamiliar – Itapecerica da Serra / São Paulo / 615,00 m2 -2004



Figura 2 - Assentamento dos Tijolos de Cobertura – Guapiaçu / São Paulo



Figura 3 - Assentamento do Piso – Ilha Bela / São Paulo



Figura 4 - Habitação Unifamiliar – Itapecerica da Serra São Paulo / 545,00 m2 -1980

TABELA DE CUSTOS COMPARATIVOS RELATIVOS À EDIFICAÇÃO

<i>Item</i>	<i>Descrição das etapas de obra</i>	<i>Arquitetura convencional Em %</i>	<i>Arquitetura de terra em %</i>
01	Parâmetros/ revestimentos	18,50	5,00
02	Vãos/ portas/ janelas/ domos	16,50	16,50
03	Vedros/ paredes/ painéis	15,00	7,00
04	Estrutura	11,00	5,00
05	Equipamentos hidro-sanitários	10,50	10,50
06	Pavimentos/ revestimentos/ Pisos/ Escadas	8,00	3,00
07	Cobertura / telhas / forros / Calhas	8,00	3,00
08	Equipamentos eletro-mecânicos / Energia/ luz	4,50	4,50
09	Diversos / limpeza / jardins	3,50	3,50
10	Instalações de canteiro	3,00	3,00
11	Fundações	1,00	0,50
12	Terrapleno	0,50	0,50
	TOTAL	100,00	62,00

Obs.:A parte referente à arquitetura convencional foi extraída da dissertação de mestrado do arquiteto Khaled Ghoubar - "Arquitetura e Economia do Edifício"/FAUUSP 1980, e a parte referente à arquitetura de terra é resultado de uma mensuração média de diversas obras já edificadas.

Legendas das Figuras

Figura 1 - Habitação Unifamiliar – Itapecerica da Serra / São Paulo / 615,00 m2 -2004

Figura 2 - Assentamento dos Tijolos de Cobertura – Guapiaçu / São Paulo

Figura 3 - Assentamento do Piso – Ilha Bela / São Paulo

Figura 4 - Habitação Unifamiliar – Itapecerica da Serra São Paulo / 545,00 m2 -1980