



## **ANÁLISE COMPARATIVA PARA ESCOLHA DE VEDAÇÃO EM TERRA CRUA PARA O SISTEMA ESTRUTURAL PILAR-VIGA EM EUCALIPTO. ESTUDO DE CASO: CONSTRUÇÃO DE MORADIAS NO ASSENTAMENTO RURAL SEPÉ-TIARAJÚ, SERRA AZUL, SP**

**Rafael Torres Maia, Akemi Ino, Ioshiaqui Shimbo, Ivan Manoel Rezende do Valle**

HABIS – Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, USP  
Avenida Trabalhador São-carlense, 400 – São Carlos/SP. CEP: 13560-970.  
Tel: (55 16) 3373-9304; rafamaia@yahoo.com

**Palavras-chave:** sistemas de vedação, pilar-viga, construção em terra, viabilidade de materiais alternativos

### **RESUMO**

Materiais considerados alternativos e mais sustentáveis como adobe (bloco de terra crua), tijolo ecológico (solo-cimento) e taipa de mão (pau a pique) são utilizados como vedação, por motivos que variam desde o reduzido impacto ambiental até como tendência do mercado na busca de materiais com apelo ecológico. Entretanto, a escolha sem prévia análise da viabilidade técnica e das condições de execução destas opções pode resultar em custos e problemas maiores do que com o uso de materiais convencionais, como o bloco baiano (bloco cerâmico alveolar).

No assentamento Sepé-Tiarajú, localizado no município de Serra Azul-SP, 77 famílias estão construindo suas casas com financiamento do Convênio INCRA/CAIXA e assessoria técnica do Grupo HABIS (Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade) da EESC/USP e UFSCar. Dentre estas, 4 famílias optaram por utilizar o sistema estrutural pilar-viga, em madeira de eucalipto serrado e roliço, e com cobertura em painéis pré-fabricados de madeira. Todos os componentes são produzidos em mutirão pelos próprios moradores. A solução do sistema pilar-viga tem a vantagem de cobrir antes de iniciar a execução das paredes, independente das condições climáticas.

O presente trabalho tem como objetivo analisar as alternativas de vedação em adobe, bloco ecológico, taipa de mão e bloco cerâmico, comparando as variáveis em relação a: custo, ritmo de produção, facilidade de execução e impactos causados. Para coleta de dados pesquisou-se a literatura técnica e científica sobre o tema, os registros de pesquisa do grupo HABIS e consulta a profissionais e pesquisadores da área de construção em terra. A escolha da vedação será conduzida em uma discussão coletiva entre a assessoria e as famílias a partir de um Quadro Comparativo das alternativas, com os respectivos dados das variáveis consideradas. Como resultado foi detectado que as vedações em terra crua apresentam inúmeras vantagens sobre as vedações industrializadas, porém, a perda das características e qualidades através das gerações aumenta o preconceito de que esse tipo de construção é característica da miséria, inviabilizando o uso de técnicas de terra como solução de moradia rural de baixa renda.

### **1. INTRODUÇÃO**

O avanço tecnológico da construção civil tem beneficiado economicamente seus investidores por meio da otimização nos processos construtivos, uso de novos materiais e diminuição dos riscos aos operários. Porém, em se tratando da escolha dos elementos construtivos que irão compor as edificações, não são analisadas as conseqüências de tal avanço. Materiais usuais como o bloco cerâmico, concreto, PVC, aço e vidro, apesar de serem potenciais geradores de emprego e renda, causam elevado impacto ambiental, devido ao consumo excessivo de energia para sua fabricação e no transporte, o que gera volume elevado de resíduos durante a sua construção, descartados, muitas vezes, de modo inadequado.

Diversas instituições de pesquisa têm realizado estudos sobre materiais mais sustentáveis para construção de edificações, porém, os maiores beneficiados continuam sendo as classes economicamente mais favorecidas, assim como a indústria da construção civil, que são os maiores financiadores de tais estudos. A população de baixa renda, como trabalhadores do campo, operários, assalariados, tem dificuldades para investir em melhorias habitacionais, o que os leva a morar em edificações construídas com pedaços de madeira, lonas, costaneiras.

Isso é o que acontece no Assentamento rural Sepé-Tiarajú, localizado no município de Serra Azul – SP, local em que vivem 77 famílias pertencentes ao MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra), em condições precárias. No ano de 2006, as famílias foram beneficiadas com um recurso federal para construção de suas casas, e o Grupo HABIS está assessorando a construção nesse local. Do total das 77 famílias, 4 são membros do grupo denominado Grupo Alternativo e terão suas casas construídas em estrutura de Pilar-Viga em eucalipto. Em discussão nesse grupo, algumas famílias queriam construir as vedações para essa estrutura com blocos cerâmicos assentados com argamassa de cimento e areia, já outros defendiam o uso de materiais ecologicamente corretos, que causassem menor impacto ambiental. Foram citadas as técnicas construtivas usando terra crua como o adobe, a taipa de mão e o solo-cimento. Todos tinham conhecimento a respeito desses materiais e, por já terem morado e até mesmo construído casas em terra crua, todas as opiniões foram consideradas, impossibilitando que houvesse um consenso.

A assessoria técnica sugeriu a elaboração de um quadro comparativo, em que seriam listadas as alternativas existentes para vedação e comparadas com diversas variáveis, de acordo com conceitos e princípios da sustentabilidade, tempo de execução e custo. Dessa forma poderiam analisar comparativamente o quadro e tomar decisões baseado nas necessidades de cada família.

Analisando relatos do Grupo HABIS relacionados a discussões e conflitos inter-pessoais e com experiência adquirida do autor deste artigo em outras discussões envolvendo esses mesmos atores, foram listadas variáveis já mencionadas como custo e tempo de execução, além de outras previstas que possivelmente entrariam em discussão futuramente como acesso a tecnologia e equipamentos necessários para execução das vedações.

Com a análise da literatura técnica e científica sobre o tema, as pesquisas do Grupo HABIS, consulta a pesquisadores e profissionais da área de construção, foram levantados os dados necessários para preencher o quadro comparativo. A próxima etapa será a apresentação do quadro comparativo para as famílias do Assentamento Rural Sepé-Tiarajú, para análise, discussão das propostas, e tomada de decisão sobre as vedações das casas de pilar-viga.

O artigo está organizado da seguinte forma: o item 2 apresenta o objeto de estudo da pesquisa, o Assentamento Rural Sepé-Tiarajú. O item 3 traz o grupo de famílias com casas em pilar-viga, o sistema estrutural em pilar-viga de eucalipto e as opções de vedação. No item 4 será apresentado o quadro comparativo e sua respectiva análise, para que no item 5 sejam feitas as considerações finais, avaliando a viabilidade das opções de vedação, de acordo com as necessidades das famílias.

## **2. O ASSENTAMENTO RURAL SEPÉ-TIARAJÚ**

O Assentamento Rural Sepé-Tiarajú é composto por 80 famílias de baixa renda que, em posse da terra, buscam melhorias das suas condições de vida trabalhando na construção de suas casas e produzindo alimento dentro de um sistema produtivo sustentável com o mínimo impacto no meio ambiente. A comunidade é formada por 4 núcleos com cerca de 20 famílias cada, denominados: Dandara, Chico Mendes, Paulo Freire e Zumbi. O recurso para construção das casas provém de subsídio pela CAIXA Econômica Federal (CEF), com recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e financiado pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). O assentamento faz parte do Programa de

Desenvolvimento Sustentável (PDS). Para o trabalho de construção das casas, 77 famílias da comunidade se organizaram em brigadas e também foram criadas comissões para atividades específicas como: compra de materiais, recebimento de materiais e controle financeiro.

No dia 9 de fevereiro de 2007 foi assinado o Termo de Ajuste de Conduta (TAC), entre o Ministério Público, Promotores de Justiça do Meio Ambiente e de Conflitos Fundiários, o INCRA e os beneficiário-concessionários (assentados). O TAC é um instrumento que estabelece regras de proteção ambiental, de produção agro-ecológica, de educação sócio ambiental da comunidade dos assentados da reforma agrária, aumentando as possibilidades de implementação de tecnologias mais sustentáveis para habitação e infra-estruturas de saneamento ambiental, conforme pode ser observado na página da internet em INCRA (2008).

### **3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO GRUPO ALTERNATIVO E CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO**

Com o objetivo de construir casas que, além de atender as necessidades e anseios das famílias, de modo a garantir conforto e segurança, também utilizasse recursos naturais e locais, causasse reduzido impacto ambiental, apresentasse facilidade construtiva, durabilidade e utilizasse o recurso financeiro disponível, foram feitas discussões com as famílias para a definição do projeto arquitetônico das 77 casas do assentamento.

As reuniões para discussão foram realizadas respeitando a divisão em 4 núcleos existentes no assentamento. Era possível definir até 8 sugestões diferentes de plantas, porém, a semelhança entre as propostas foi tão expressiva que restaram apenas 3 tipologias a serem adotadas, utilizando os mesmos sistemas de fundação e cobertura, mas diferindo da vedação, com a utilização de dois tipos diferentes: bloco cerâmico liso estrutural e adobe. O grupo composto por 11 famílias que optou pelo adobe se denominou como *Grupo Alternativo*. Problemas de ordem técnica e conflitos internos forçaram a uma escolha de nova técnica construtiva e, desse grupo, 4 famílias optaram pela proposta da assessoria técnica de um sistema estrutural pilar-viga com madeiras roliças e serradas.

No entanto, iniciou-se uma nova discussão no grupo sobre a vedação desse sistema, pois, juntamente com a desistência do uso do adobe, as famílias apresentaram certa descrença na construção no uso do adobe, como também em outras técnicas que envolvessem terra. Foram propostas as seguintes alternativas: bloco cerâmico liso não estrutural, taipa de mão, bloco ecológico e adobe. A seguir será apresentada a descrição de cada sistema proposto.

#### **3.1. Sistema estrutural pilar-viga**

O sistema estrutural pilar-viga desenvolvido para a construção dessas habitações teve como premissas a rapidez, a facilidade construtiva e o baixo custo, pois as obras estavam atrasadas devido a troca de sistema de vedação e de estrutura, pelas dificuldades das brigadas de trabalho que precisavam conciliar atividade no canteiro e na lavoura simultaneamente. Buscou-se uma solução que possibilitasse a execução de estrutura principal de forma rápida permitindo, na seqüência, a montagem da cobertura. Dessa maneira, as famílias teriam condições para a continuidade dos trabalhos no canteiro e mais tempo para decidirem os tipos de vedação e materiais de acabamento a serem usados na construção das casas e poderiam trabalhar nesta atividade mesmo em dias chuvosos.

A fundação e o sistema de cobertura já estavam definidos, sendo suas alterações inviáveis. A cobertura utiliza um sistema de painéis pré-fabricados em madeira *pinus spp.* e *eucaliptus spp.* coberto com telha cerâmica do tipo romana. A fundação em baldrame de sapata corrida em pedra argamassada foi um dos motivos que estimularam a alternativa de pré-usinar os pilares do sistema pilar-viga. Seria inviável furar a fundação para engastá-los, entretanto era preciso garantir um nivelamento preciso das bases de apoio dos pilares. A solução foi grautear todas as bases de apoio e chumbar um conector metálico em "T invertido" como meio de ligação entre fundação e pilar.

O sistema pilar-viga proposto, conforme aparece na Figura 1, consiste numa estrutura formada por pilares contínuos de Ø 15 cm de *eucaliptus spp.* autoclavados com CCA, vigas horizontais duplas de 2,5 cm x 15 cm de *eucaliptus spp.* que abraçam os pilares e vigas inclinadas de 5 cm x 25 cm de *eucaliptus spp.* apoiadas sobre os topos dos pilares. As vigas serradas (horizontais e inclinadas) dispensam o tratamento preservativo. O conjunto de pilares e vigas sustenta as terças que por sua vez recebem os painéis pré-fabricados de cobertura.



Figura 1 – Casa com sistema estrutural pilar-viga

### 3.2. Vedação em terra crua

O site CSA Arquitetura (2007), referindo-se a construção em terra, menciona que a técnica por muito tempo foi utilizada pela população de alta renda, mas nos países em desenvolvimento passou a ser de uso freqüente entre a população de baixa renda. Apesar de tantos obstáculos, milhões de trabalhadores da cidade e do campo continuam a recorrer a essa técnica de edificação. É a construção possível para a moradia necessária. É a única tecnologia à disposição das camadas pobres da população.

Segundo Silva. (2001, p. 3) deve-se romper desafios para prover a aceitação da arquitetura de terra como produção habitacional digna e confiável, por meio de pesquisas e transferência de conhecimento adquirido sobre soluções e alternativas para as deficiências técnicas do material.

*Desde 1970, estudos no Brasil sobre racionalização da construção resgataram essas tecnologias alternativas na construção de moradias populares, entre elas a utilização da taipa, do adobe e do solo-cimento. Essas técnicas tinham sido abandonadas pela maioria, principalmente a partir do desenvolvimento da indústria de materiais, facilidades de transporte, além do surgimento de novos padrões estéticos a cada época. Esse resgate já tinha acontecido em países europeus no período após a Primeira Guerra Mundial, devido à escassez de material e ao déficit de moradias, e nos Estados Unidos, após a recessão econômica dos anos 20 (Leitão, 1993).*

Em muitas regiões, a utilização de técnica em terra crua como vedação é mais viável que os materiais convencionais, pois emprega recursos locais, consome pouca energia nos seus processamentos, com baixa utilização de insumos e baixo custo, tornando essas opções viáveis para construção das casas de trabalhadores rurais. A seguir será apresentada uma descrição das vedações em terra crua escolhidas para análise.

- Taipa de mão (pau a pique): técnica construtiva antiga encontrada em várias partes do mundo em diversas escalas e usos, no Brasil é mais comum seu uso em áreas

rurais como habitações de baixa renda. Consiste em peças entrelaçadas na vertical e na horizontal formando um gradeamento, amarradas com cipó, cizal, arames ou pregos. Com uso das mãos, tem seus vãos preenchidos com uma mistura de terra argilosa (cerca de 30% de argila para 70% de areia) com fibra (esterco, palha de arroz, feno) e água, podendo receber aditivos como cal e impermeabilizantes, é um barro armado com madeira ou bambu (CSA Arquitetura, 2007). Como revestimento, utiliza-se o mesmo tipo de argamassa de barro, porém com solo menos argiloso (cerca de 20% de argila para 80% de areia). Essa etapa será realizada 60 a 90 dias após o barreamento do entramado, período necessário para cura do material. A fim de obter melhor desempenho, a argamassa de barro deve descansar 24 horas antes de ser aplicada tanto no entramado como no revestimento. O processo dispensa mão-de-obra especializada e qualquer ferramenta específica. Caso todos os materiais de sua composição básica podem ser encontrados na região e até mesmo no local da construção, trata-se de uma técnica de custos baixo, o que possibilita acesso das classes baixas a essa tecnologia.

- Tijolo ecológico (solo-cimento): também chamado de BTC (bloco de terra comprimida), é um bloco derivado da mistura de cimento, terra argilosa (ideal 30% de argila, mas sendo aceito até 50% de argila) e água, em um traço de aproximadamente 12 partes de terra para 1 de cimento e 1 de água (esse traço varia de acordo com a quantidade de argila na terra). A mistura é colocada em uma prensa manual operada por uma ou duas pessoas, local em que será comprimida em formas e tamanhos variados dependendo do molde, que normalmente é retangular, com altura menor que a largura e dois furos no meio. É um material com alta resistência a compressão (3,7 MPa) e baixo índice de absorção (14,5%), porém, para adquirir tais características, o bloco deve ter uma cura de aproximadamente 28 dias, protegido do sol e de água (Tijoleco, 2008). Foi nomeado ecológico porque sua fabricação não usa qualquer fonte de energia, não são gerados efluentes que venham a causar dano ao meio ambiente, tem redução substancial no desperdício de material e não requer argamassa de assentamento. O solo-cimento abordado na pesquisa tem dimensões 25 cm x 12,5 cm x 6,5 cm, com dois furos de 6,66 cm de diâmetro e traço de 1:12, pois já existe uma prensa com essa modulação no Assentamento Sepé-Tiarajú.
- Adobe (bloco de terra crua): encontrado em vários lugares do mundo e citado nos mais antigos textos, é uma técnica construtiva milenar composta de blocos de terra crua secos sem fontes de calor artificiais. Trata-se da composição de terra argilosa (entre 25 e 30% de argila), fibra (esterco, palha de arroz, feno) e água, normalmente amassada com uso dos pés para misturar bem os elementos. Após descansar por 24 horas, o material segue para a etapa de modelagem, quando será colocado em formas retangulares e desenformados logo em seguida. O processo de cura do adobe ocorrerá em 7 dias e deve ocorrer abrigado de sol e água. O bloco de adobe, fonte dos dados para a pesquisa, em questão adquiriu resistência de 1,42 MPa e tem dimensões de 10 cm x 28 cm x 14 cm (Silva, 2007).

### 3.3. Vedação em bloco cerâmico

Blocos cerâmicos são blocos de barro cozidos em fornos e, assim como as construções em terra cruas, existem registros de seu uso antes da era cristã. Por ter grande aceitação por todas as classes sociais, no Brasil é um dos materiais mais utilizados nas construções, sendo produzido e comercializado em grande escala, em diversos tamanhos e modulações para atender demandas variadas. Assentados com argamassa de cimento e areia, formam paredes maciças, podendo ter grande resistência a compressão. O bloco cerâmico usado como fonte de dados para essa pesquisa tem dimensões de 14 cm x 19 cm x 29 cm, liso (dispensando o uso de materiais de regularização) é recomendado para uso apenas de vedação não estrutural.

Apresentadas todas as vedações a serem analisadas, na seqüência é elaborado o quadro comparativo de sistemas de vedação para estrutura de pilar-viga, com respectiva análise do mesmo.

#### **4. QUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE VEDAÇÃO PARA ESTRUTURA DE PILAR-VIGA (ANÁLISE DAS VARIÁVEIS RESULTADOS)**

Para elaboração do quadro comparativo foram identificadas 13 variáveis, que fossem de fácil compreensão para pessoas de diferentes graus de escolaridade, que representassem a opinião das famílias do assentamento rural.

1. Custo de compra/produção: valor em R\$ por metro quadrado para compra do material pronto para ser assentado ou compra de matéria prima e pagamento de mão de obra para produzir os materiais de vedação;
2. Custo total de construção com M.D.O. não remunerada: valor em R\$ por metro quadrado da vedação aplicada, considerando todos os materiais necessários para assentamento sem pagamento de mão de obra;
3. Tempo de cura do material antes da aplicação: tempo necessário para o material produzido pelas famílias estar pronto para uso;
4. Ritmo de construção: ritmo em que as pessoas erguem a alvenaria;
5. Componentes: matéria prima que compõem cada sistema de vedação;
6. Material para assentamento: elementos necessários para assentamentos dos blocos (quando se tratar de blocos);
7. Revestimento: opção de revestimento para proteção da alvenaria;
8. Equipamento específico necessários para sua implantação: ferramenta ou equipamento de uso indispensável para execução da vedação;
9. Passagem de instalações Elétrica e Hidráulica embutidas: nível de dificuldade para execução de instalações elétricas e hidráulicas embutidas na alvenaria;
10. Grau de aceitação: nível de aceitação das famílias com relação à técnica construtiva;
11. Acesso a tecnologia: nível de dificuldade para entendimento por parte das famílias do processo de construção da alvenaria;
12. Impacto ambiental: impactos ambientais causados pelo uso de cada material, considerando extração da matéria prima, processo de produção do material e transporte até o local de uso;
13. Geração de emprego e renda para as famílias: possibilidade das famílias converterem o aprendizado em trabalho remunerado, podendo ser prestadores de serviços para terceiros.

No quadro comparativo (tabela 1) as variáveis citadas acima foram utilizadas para avaliar 6 tipos de vedação:

1. Tijolo prensado de solo-cimento com dimensões 25 cm x 12,5 cm x 6,5 cm - industrializado: produzido e comercializado pela Tijoleco – Tijolos Ecológicos;
2. Tijolo prensado de solo-cimento com dimensões 25 cm x 12,5 cm x 6,5 cm - auto-fabricação: produzido pelas famílias do Assentamento Rural Sepé-Tiarajú, com terra extraída do local e cimento comprado;
3. Taipa de mão – entramado de madeira: todos os materiais extraídos da região, considerando sem custos de transporte e produzido pelas famílias do Assentamento Rural Sepé-Tiarajú;

4. Taipa de mão – entramado de bambu: todos os materiais extraídos da região, considerando sem custos de transporte e produzido pelas famílias do Assentamento Rural Sepé-Tiarajú;
5. Adobe com dimensões 10 cm x 14 cm x 28 cm: todos os materiais extraídos da região, considerando sem custos de transporte e produzido pelas famílias do Assentamento Rural Sepé-Tiarajú;
6. Bloco cerâmico não estrutural liso dimensões 29 cm x 19 cm x 14 cm: produzido e comercializado por Cerâmica Santa Marta e entregue no Assentamento Rural Sepé-Tiarajú.

Em se tratando de famílias de baixa renda, o custo será um dos principais pontos a serem considerados na escolha da vedação. Com relação ao custo de compra ou de fabricação dos materiais e da vedação executada, destaca-se a taipa de mão (com madeira ou bambu) e o adobe, que utilizam materiais disponíveis na região, dispensando qualquer investimento. O solo-cimento fabricado pela própria família é uma opção acessível por ser composto em sua maior parte por terra retirada do local da obra, porém, o uso de cimento na produção dos blocos, a utilização de argamassa ou cola para o assentamento e a necessidade de ferro para amarrar os cantos das paredes acrescenta um custo. Produzidos em fábricas longe do assentamento, precisando custear funcionários, impostos e transporte do material, o uso de bloco cerâmico não estrutural e o solo-cimento industrializado são opções mais caras, conseqüentemente, pouco acessíveis.

Outra variável bastante questionada é o tempo de execução da etapa de vedação. Destaque para o solo-cimento industrializado que tem o ritmo de construção rápido com apenas duas pessoas (uma passando cola e a outra assentando), não necessitando de mão de obra especializada. A taipa de mão (com madeira ou bambu) é um pouco mais demorada, porém necessita de apenas algumas horas para preparar o barro, poucos dias para preparar o entramado e de apenas um dia de descanso da mistura antes de ser lançada. O entramado pode ser erguido e barreado em poucos dias, o ritmo de construção é rápido, não requer mão de obra especializada nem ferramentas especiais. No quesito tempo, o solo-cimento (auto-fabricação) necessita de 28 dias para curar e poder ser assentado, tornando essa opção a mais demorada dentre as avaliadas.

As instalações hidráulicas e elétricas devem ficar preferencialmente embutidas na alvenaria, ficando protegidas. Nesse quesito, os blocos de solo-cimento e cerâmico proporcionam boa compatibilização, pois possuem aberturas na vertical com espaço para passagem de conduítes elétricos e canos de água, sendo necessário o corte dos blocos apenas quando as instalações percorrerem as paredes horizontalmente. A taipa de mão (com madeira ou bambu) não tem boa aceitação com a passagem de instalações, a estrutura interna em forma de grade dificulta o corte da parede e não oferece profundidade suficiente para esconder as instalações. A execução da instalação hidráulica embutida não é recomendada para construções em taipa, pois internamente o barro e o entramado não são protegidos contra a ação da água.

Quando analisadas do dano causado ao meio ambiente, as vedações em taipa de mão (com madeira ou bambu) e adobe são as que causam menor impacto. Os materiais que compõem esse sistema construtivo são extraídos da própria região e o volume retirado para construção de uma casa com 70 m<sup>2</sup> (tamanho estabelecido para a casa com sistema estrutural pilar-viga) é insignificante.

As técnicas construtivas em terra crua que executam a produção total de seus elementos no canteiro, como a taipa de mão (com madeira ou bambu), o adobe e o solo-cimento (auto-fabricação), não tem custos com mão de obra e capacitam as pessoas, possibilitando a geração de emprego e renda com a conversão do aprendizado em trabalho remunerado prestando serviço para terceiros.

**Tabela 1 – Quadro Comparativo de Sistemas de Vedação para Estrutura de Pilar-Viga**

VARIÁVEIS	ALTERNATIVAS	Tijolo prensado de solo-cimento - 25 cm x 12,5 cm x 6,5 cm		Taipa de mão		Adobe - 10 cm x 14 cm x 28 cm	Bloco cerâmico não estrutural liso - 29 cm x 19 cm x 14 cm
		Industrializado	Auto-fabricação	Entramado de Madeira	Entramado de Bambu		
1- Custo de compra/produção		R\$ 28,74/m <sup>2</sup>	R\$ 6,08/m <sup>2</sup>	R\$ 0,00/m <sup>2</sup>	R\$ 0,00/m <sup>2</sup>	R\$ 0,00/m <sup>2</sup>	R\$ 12,39/m <sup>2</sup>
2- Custo total de construção com M.D.O. não remunerada		R\$ 29,12/m <sup>2</sup>	R\$ 6,46/m <sup>2</sup>	R\$ 0,00/m <sup>2</sup>	R\$ 0,00/m <sup>2</sup>	R\$ 0,00/m <sup>2</sup>	R\$ 13,16/m <sup>2</sup>
3- Tempo de cura do material antes da aplicação		0 dia	28 dias	1 dia	1 dia	7 dias	0 dia
4- Ritmo de construção		rápido	rápido	rápido	rápido	lento	lento
5- Componentes		cimento, terra e água		madeira, terra, fibra e água	bambu, terra, fibra e água	terra, fibra e água	terra e água
6- Material para assentamento		cola PVA branca ou argamassa de solo-cimento		nenhum		argamassa de Terra	argamassa de cimento, areia e cal
7- Revestimento		selador ou resina		reboco de terra		reboco de terra	selador
8- Equipamento específico necessários para sua implantação		bispnaga para aplicação da argamassa de assentamento		nenhum		colher de pedreiro	colher de pedreiro
9- Passagem de instalações Elétrica e Hidráulica embutidas		fácil		difícil		médio	fácil
10- Grau de aceitação		médio		baixo		baixo	alto
11- Acesso a tecnologia		fácil		fácil		fácil	fácil
12- Impacto Ambiental		Alto consumo de energia na fabricação do cimento. Consumo de energia no transporte do material. Degradação de área para retirada do solo.	Alto consumo de energia na fabricação do cimento.	Baixo, desde que os materiais sejam retirados da própria região de acordo com as Leis de preservação ambiental.		Baixo, desde que os materiais sejam retirados da própria região de acordo com as Leis de preservação ambiental.	Consumo de energia na queima do bloco, na fabricação do cimento e no transporte. Degradação da área para retirada do solo.
13- Geração de emprego e renda para as famílias		não	sim	sim		sim	não
Fonte		Tijoleco (2008)	Sahara / CV (2008)	Silva (2001)		Silva (2007)	Silva (2007)

As vedações em terra crua apresentaram mais vantagens que as industrializadas, porém o grau de aceitação é baixo, diferente do convencional sistema construtivo utilizando bloco cerâmico. A seguir serão apresentadas as conclusões da análise do quadro comparativo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As famílias do Assentamento Rural Sepé-Tiarajú que optaram pelo sistema estrutural pilar-viga para suas casas entraram em discussão sobre a de vedação a ser usada. Foram sugeridos o bloco cerâmico, taipa de mão, solo-cimento e adobe, porém, cada família tinha uma opinião e não houve acordo. Havia preocupação da parte de todos com relação a custos, tempo de produção, modo de fazer, mão de obra, ferramentas necessárias e impacto ambiental. Foi sugerido pela assessoria técnica utilizar essas variáveis para confrontar as alternativas, gerando um quadro comparativo, usado como ferramenta para discussão e escolha da vedação que melhor adéqua-se a sua necessidade.

Após o preenchimento do quadro comparativo, foram feitas análises da influência das variáveis sobre as opções. As técnicas construtivas que usam a terra crua como material principal (com os demais elementos naturais da região e feitas pelas famílias) se destacaram de forma positiva das técnicas cujos materiais têm origem industrializada. Aquelas apresentaram custo e tempo de produção inferior, não necessitam de ferramentas específicas, nem de mão de obra especializada, têm o ritmo de construção rápido, o revestimento necessário para proteção da vedação é executado com o mesmo material da alvenaria, além de causar baixo impacto ambiental e possibilitar a geração de emprego e renda para as famílias.

Porém, as vedações de origem industrializada têm o grau de aceitação muito mais alto que o adobe ou a taipa, principalmente o bloco cerâmico, pois são de fácil acesso a todas as classes e recebem forte investimento do mercado da construção civil. Apesar das vedações em terra crua apresentarem inúmeras vantagens, o histórico dessas técnicas no Brasil está diretamente ligado a miséria. Dessa forma, o baixo grau de aceitação das técnicas construtivas em terra inviabiliza o seu uso como solução para a moradia rural de baixa renda.

Como conclusão deste trabalho foi constatada a necessidade de promover um estudo diretamente relacionado às estratégias, condições e limites para uso da terra na construção de habitação de interesse social.

## BIBLIOGRAFIA

LEITÃO, Gerônimo Emílio Almeida. Tecnologias construtivas alternativas e programas habitacionais de interesse social: o uso do solo-cimento em assentamentos rurais no estado do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

SILVA, Fernando Machado Gonçalves da Silva. Análise da sustentabilidade no processo de produção de moradias utilizando adobe e bloco cerâmico. Caso: Assentamento Rural Pirituba II – Itapeva-SP. São Carlos, 2007. 182p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade Estadual de São Paulo (USP), São Carlos, 2007.

SILVA, Maristela Siolari. A terra crua como alternativa sustentável para a produção de habitação social. São Carlos, 2001. 171p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade Estadual de São Paulo (USP), São Carlos, 2001.

CV – ConstruVan Tijolos Ecológicos – Disponível em: <<http://www.construvan.com.br>>. Acessado em 29 Jul. 2008.

CSA Arquitetura - Arquitetura consciente – a taipa moderna - Cydno Silveira. Disponível em: <<http://www.csaarquitetura.com.br>>. Acesso em: 29 Ago. 2007.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e reforma Agrária. Disponível em: <<http://www.incra.org.br>> Notícias INCRA 08/02/2007. Acesso em: 26 Jul. 2008.

SAHARA – Sahara Tecnologia, Máquinas e Equipamentos LTDA. Disponível em: <<http://sahara.com.br/inicio>>. Acesso em: 21 Jul. 2008.

TIJOLECO – Tijolos Ecológicos. Disponível em: <<http://www.tijol-eco.com.br>>. Acesso em: 29 Jul. 2008.

## **AUTORES**

Rafael Torres Maia, pesquisador do Grupo HABIS (uso da terra crua para habitação rural), graduação em arquitetura e urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL em 2006.

Akemi Ino, professora doutora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), coordenadora do grupo de pesquisa HABIS (habitação e sustentabilidade), doutorado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1992, mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (1984), graduação em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1979).

Ioshiaqui Shimbo, professor do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar, Coordenador do Grupo HABIS e Coordenador da INCOOP/UFSCar, doutorado em Educação pela Universidade Estadual de Campinas (1992), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1985), graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1975).

Ivan Manoel Rezende do Valle, professor da FAU/UnB; doutorando na Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP (sistemas de cobertura pré-fabricadas em madeira para habitações em assentamentos rurais), mestrado pelo Instituto de Madeira da Escola Politécnica Federal de Lausanne em 1992, graduação em arquitetura e urbanismo pela FAU/UnB em 1988.