

mercado próximo a região da obra. De forma geral, as estratégias sustentáveis adotadas na Ecovila Bambu são aquelas mais óbvias e mais conhecidas pela população, tanto que pelo critério de avaliação adotado neste trabalho, o índice obtido foi $IG = 0,59$, classificando-o como uma edificação parcialmente sustentável.

Finalizando, é possível afirmar que a bio-arquitetura pode ser eficaz para atingir níveis consideráveis de sustentabilidade. No entanto, o seu foco em adotar práticas sensoriais e empíricas, além de poucos procedimentos de gestão e planejamento de todas as etapas do ciclo de vida da edificação, acaba prejudicando diversos aspectos importantes para atingir um nível de sustentabilidade eficiente.

Referências

- ARAUJO, M. A. A moderna construção sustentável. Instituto para o Desenvolvimento da Habitação, 11 de fev. 2005. Disponível em:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_123_795_16033.pdf. <Acesso em: 13/05/2016>.
- BALDESSAR, S. M. N. Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso futuro comum, 2ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>. <Acesso em: 15/05/2016>.
- CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CDT; CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN. Guía de diseño y construcción sustentable. Chile: CDT, 2005.
- GAUZIN-MÜLLER, D. Arquitetura ecológica. Tradução técnica: Celina Olga de Souza e Caroline Fretin de Freitas. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2011. 304 p.
- KEELER, M. BURKE, B. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362 p.
- KIBERT, C. J. Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction. in Kibert, C.J., ed. Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction. Tampa, FL, November 6-9. CIB Publications TG 16, Roterdão, 1994.

Análise de sustentabilidade e viabilidade econômica de técnicas construtivas convencionais e uma alternativa de menor impacto.

Analysis of sustainability and economical feasibility aspects of conventional building techniques and a low-impact alternative

Bruno Rinaldi, bacharel em Arquitetura e Urbanismo, UFSC

bruno@lobotomaticos.com

Resumo

Este trabalho teve como objetivo a busca de técnicas construtivas de menor impacto que também demonstrem-se viáveis para construção repetida e em escala. Um objeto de estudo foi escolhido e modelado para tornar possível a quantificação dos seus impactos ambientais (de acordo com uma Análise de Ciclo de Vida Energético) e custos de materiais e mão de obra. Esses foram comparados com alternativas escolhidas pela sua representatividade e para uma possível solução de menor impacto. Uma alternativa que utiliza estrutura de madeira em sistema plataforma e vedação em argila-palha demonstrou resultados promissores.

Palavras-chave: técnicas construtivas; argila-palha; análise de ciclo de vida

Abstract

This study is part of a search for building techniques with lower environmental impact that also show feasibility for large-scale implementation. A building was chosen for comparison and modeled to allow for the quantification of its environmental impact (according to an Energy Life Cycle Analysis) and costs for its materials and required labor. These were then compared to alternatives chosen for their wide use as well as a possible lower-impact solution. An assembly based on platform wood structure and straw-clay infill walls showed promising results.

Keywords: building techniques; straw-clay; life-cycle analysis

1. Introdução

A mudança climática que vem acontecendo na Terra se demonstra cada vez mais acentuada e cada vez mais acelerada em diversos indicadores como o derretimento das geleiras, aumento da frequência e impacto das catástrofes climáticas, perda de espécies, temperatura atmosférica e dos oceanos. Simbólica e central é a medição da concentração de dióxido de carbono na atmosfera. Essa mostra ciclos de aumento e diminuição na sua história, mas não os níveis presentes na atmosfera atual e menos ainda sua rápida aceleração no último século (BODEN, 2013).

A construção civil tem um papel importantíssimo no impacto antropomórfico sobre o ambiente. Cada habitante do planeta consome, em média, 10 toneladas de material por ano. Nos países desenvolvidos, esse número pode chegar a 85 toneladas. De todo esse consumo, 40% a 75% estão na indústria da construção civil: “Nós [da construção civil] somos responsáveis pela metade dos materiais consumidos na sociedade” diz o Professor Vahan Agopyan, Pró-Reitor de Pós-Graduação e Professor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP (PERES, 2012).

Com a grande difusão das técnicas modernas de construção, uma parcela enorme desse material consumido é preenchida pelo concreto, argamassas e variantes. Esses, por sua vez, tem como insumo básico o cimento. A produção deste insumo, além dos recursos consumidos, é responsável por liberar quantidades imensas de dióxido de carbono.

Se faz essencial o desenvolvimento de técnicas construtivas que contribuam para diminuir esse impacto ambiental. Além deste critério, porém, é imprescindível que sejam feitas considerações de custo, produtividade e replicabilidade. Uma edificação construída com menor impacto faz uma diferença pequena, é preciso que as soluções possam ser adotadas em larga escala.

2. Avaliação ambiental - Análise de Ciclo de Vida

A avaliação do impacto ambiental de um material ou técnica é bastante complexa e envolve diversos critérios qualitativos. A metodologia de Análise de Ciclo de Vida, uma tentativa de incorporar a maior parte desses parâmetros, é regulamentada pelas normas ISO 14.040 e afins, definida como o inventário de avaliação das entradas, saídas e dos possíveis impactos ambientais de um produto ao longo do seu ciclo de vida, desde a extração ou geração da matéria-prima até seu descarte ou reciclagem (TAVARES, 2006).

Como os impactos são muitos e muito diferentes, uma forma simplificada desse processo é chamada de Análise de Ciclo de Vida Energético, que foca nas energias consumidas durante o ciclo de vida e nas emissões geradas por cada material. Isso permite comparações objetivas entre materiais e produtos diferentes, ainda que simplificadas.

Por exemplo, a produção média de um quilograma de aço requer 25,3 MJ e produz 1,95 kg de CO₂e (medida que soma à quantidade de dióxido de carbono os outros gases que impactam o efeito estufa) enquanto um quilograma de concreto produz, em média, 0,107 kgCO₂e e necessita de 0,74 MJ (HAMMOND, 2011). Essa comparação faz mais sentido,

claro, quando são levadas em conta as quantidades utilizadas de cada material e, melhor ainda, de sistemas equivalentes.

A energia consumida no ciclo de vida de uma edificação pode ser dividida em três grandes categorias: 1. a energia incorporada representa os consumos diretos e indiretos da prospecção e preparo das matérias-primas, processo de fabricação ou beneficiamento, e seu transporte; 2. a energia operacional é aquela disposta durante a vida útil da edificação, luz, acondicionamento térmico, cocção, etc.; 3. energia de desconstrução é composta pelos gastos de descarte e disposição dos materiais no final da vida útil.

A literatura científica das últimas décadas tem focado na energia operacional, em boa parte porque esse campo de estudo tomou grande impulso em países de clima frio durante os primeiros choques energéticos dos anos 1970. Esse foi um grande passo para a sustentabilidade, já que com isolamento térmico inadequado grandes quantidades de energia eram gastas para aquecimento das edificações. O mundo todo continua se beneficiando desses avanços em direção a edifícios mais eficientes ou energeticamente passivos. Porém, isso não lida com um lado muito importante: a quantidade enorme de materiais gastos na construção civil nem a sustentabilidade destes. Como aponta Chaudary (2013), a energia incorporada tende mesmo a aumentar em edificações mais eficientes, o que pode ser facilmente entendido pela soma de materiais isolantes, painéis solares e outros sistemas que tendem a ser adicionados à construção convencional (CHAUDARY, 2013).

3. A construção civil no Brasil

O Instituto Ekos fez um levantamento em dezenas de obras em São Paulo e realizou uma Análise de Ciclo de Vida Energético da construção civil brasileira. Suas conclusões corroboram o alto impacto da construção civil. De acordo com essa ACV, do total consumido no ciclo de vida das edificações avaliadas, 17% são gastos durante a fase de uso. 2% é consumido pelo transporte de materiais, 3% na construção em si, 1% na disposição de resíduos e 77% na extração de recursos naturais e produção de materiais. Praticamente metade da energia consumida no ciclo de vida de uma edificação brasileira é gasta na produção do concreto, aço e cerâmica consumidos (EKOS BRASIL, 2016).

Um estudo dos materiais consumidos nas edificações residenciais brasileiras típicas aponta que a construção média no Brasil de um metro quadrado consome 4,46 gigajoules e é responsável pela emissão equivalente de 369 quilogramas de dióxido de carbono (TAVARES, 2006). Essas figuras são análogas, respectivamente, ao consumo de uma lâmpada de 20 watts acesa durante mais de 7 anos, e às emissões de um carro médio em uma viagem de 1100 quilômetros. Como pode ser visto na figura 1, a maior parte desse impacto é gerado pelos materiais utilizados na estrutura e na alvenaria. A predominância da alvenaria e da estrutura, do aço, concreto e cerâmica, deixam claras que as quantidades utilizadas desses materiais tornam seus impactos majoritariamente importantes.

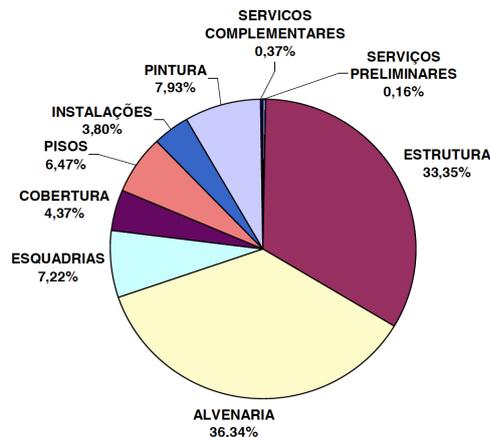


Figura 1: Distribuição de Energia Incorporada por partes da edificação. Fonte: TAVARES, 2006.

4. Objeto de estudo para comparação

Com foco na possibilidade de uso em Habitações de Interesse Social, esse estudo escolheu como objeto um projeto em construção do programa Minha Casa Minha Vida faixa 1, o Residencial Ponta do Leal. É um conjunto multifamiliar com 88 unidades dispostas em blocos de quatro andares, atualmente em construção no bairro de Balneário, em Florianópolis (PMF, 2014). O projeto, característico de habitações de interesse social no Brasil, pode ser visto nas figuras 2 e 3.

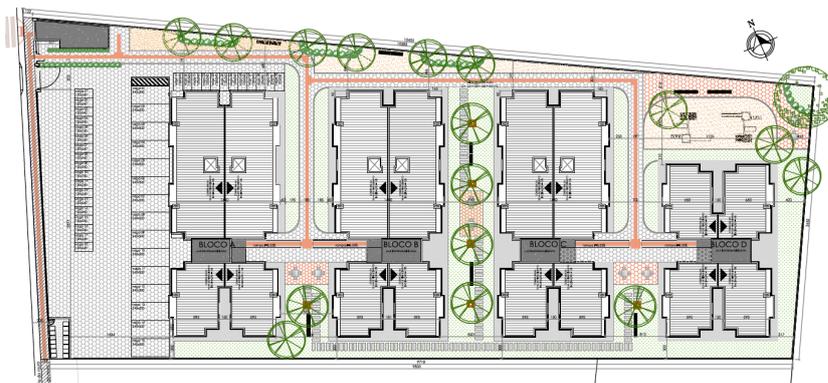


Figura 2: Implantação do Residencial Ponta do Leal. Fonte: PMF, 2014.

Devido principalmente a considerações de custos que se fazem dominantes em projetos de natureza social, esta obra está sendo executada com blocos estruturais de concreto, diferentemente da construção típica no Brasil. Com 88 unidades de aproximadamente 60 metros quadrados, esse projeto tem mais de 5300 metros quadrados construídos e 11600 metros quadrados de paredes.

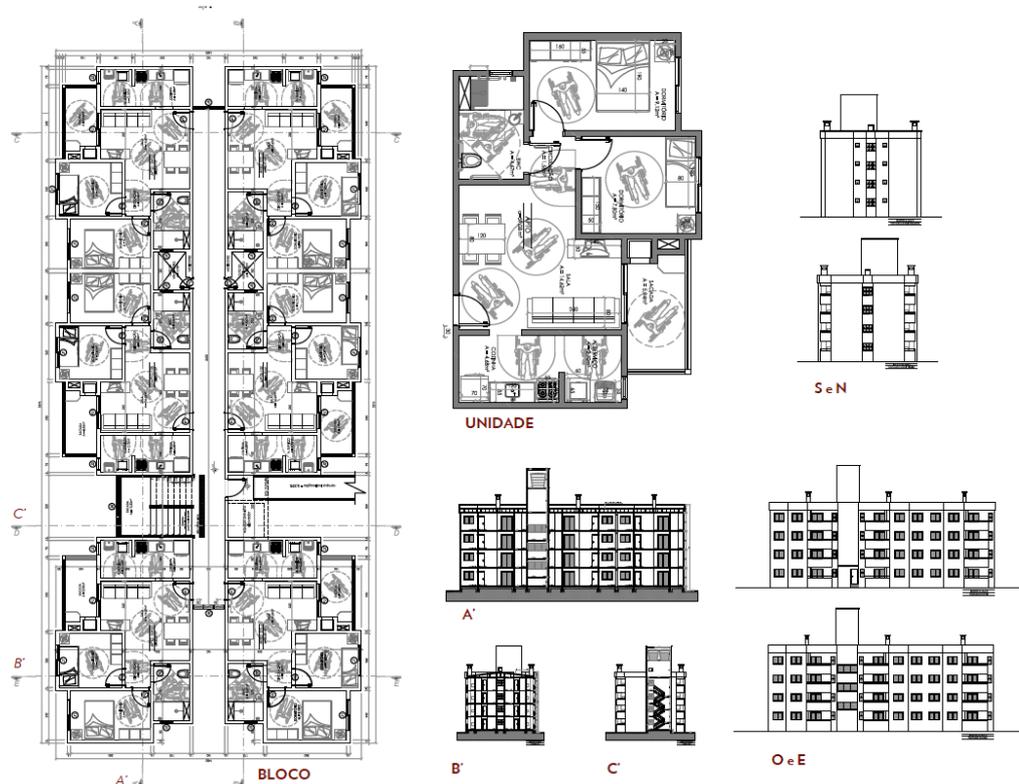


Figura 3: Projeto Residencial Ponta do Leal. Fonte: PMF, 2014.

Para quantificar os impactos dessa construção, o projeto foi analisado e quantificado. O foco foi dado para as parcelas de maior impacto e que assim possibilitam maior mudança: o sistema estrutural e de vedação (paredes). Em seguida foi então decomposto nas quantidades dos materiais com o auxílio de composições unitárias montadas a partir do TCPO - Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO, 2008). As quantidades consumidas dos materiais foram cruzadas com bancos de dados de impacto ambiental, sendo a mais completa delas o *Inventory of Carbon & Energy*, produzido pela Universidade de Bath (HAMMOND, 2011). As estimativas de custos foram feitas utilizando dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi) (CEF, 2016).

Como pode ser visto na figura 4, em uma edificação feita com blocos de concreto, o cimento e concreto dominam os impactos. Além disso, o impacto do aço é relativamente pequeno pela considerável diminuição de concreto armado necessário com essa técnica e uma das razões pelo menor custo da mesma (em comparação com uma estrutura de concreto armado, neste caso limitado a aplicações como reforços de coluna e vigotas sobre aberturas).



Figura 4: Técnica construtiva utilizada no Residencial Ponta do Leal e composição do impacto de cada material. Fonte: elaborado pelo autor.

Para comparação com a técnica construtiva predominante na construção civil brasileira, foram montadas composições caso a obra fosse construída com estrutura de concreto armado e vedação cerâmica. A divisão dos seus impactos pode ser vista na figura 5.

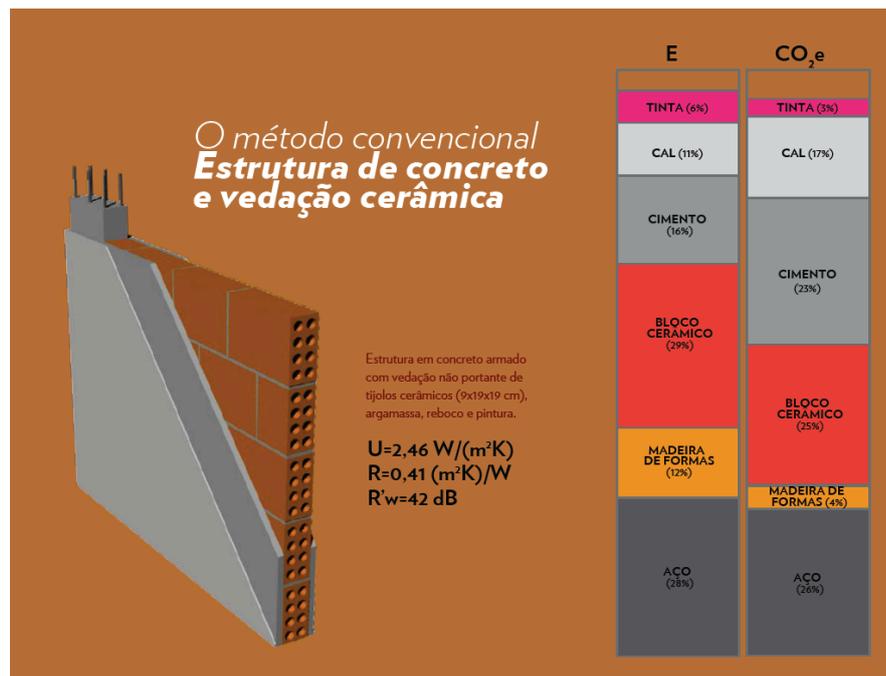


Figura 5: Técnica construtiva predominante no Brasil e composição do impacto de cada material. Fonte: elaborado pelo autor.

5. Construção com menor impacto

A magnitude das quantidades de materiais utilizadas numa edificação é tal que mesmo um material com relativamente baixas energia incorporada e emissões por unidade de peso, como o concreto, tenha um grande impacto final. Assim, é necessário procurar materiais aplicáveis que passem pela menor quantidade de processos de beneficiamento e produção. Esse é o caso do material mais tradicionalmente utilizado para construir: a terra. Ainda hoje cerca de 30% da população mundial habita moradias construídas com terra não-cozida. Como mostra o diagrama na figura 6, uma variedade de técnicas construtivas foram historicamente desenvolvidas utilizando os componentes do solo (HOUBEN, 1989).

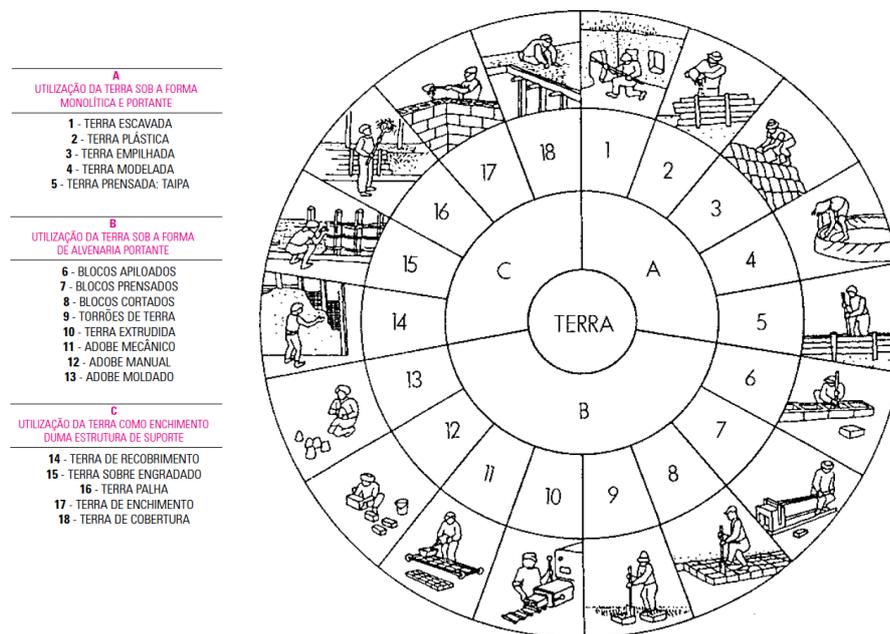


Figura 6: Técnicas de construção com terra. Fonte: Houben, 1989.

O interesse pela sustentabilidade tem trazido renovada atenção sobre essas técnicas. Porém, a aplicação em larga escala da construção com terra tem dois grandes entraves. Primeiro, sua replicabilidade. Cada solo tem uma composição granulométrica diferenciada dos seus ingredientes (argila, silte, areia). Diversas dessas técnicas requerem que esses componentes sejam balanceados em frações específicas. Os testes de campo utilizados para determinar a composição dos solos são inexatos e, enquanto testes de laboratório podem ser feitos e o solo balanceado, esse grau de incerteza dificulta o planejamento e as decisões de projeto, especialmente quando comparados com materiais industrializados (MINKE, 2006). Esse grau de incerteza é ainda mais importante quando utilizadas técnicas em que a terra tenha função portante.

O outro grande fator que impede a aplicação em massa dessas técnicas é a sua produtividade. Ao construir com taipa de mão, por exemplo, os materiais são bastante acessíveis mas a grande quantidade de horas de mão de obra requerida torna essa obra mais cara do que uma com tijolos comuns, a não ser que se internalize os custos de mão-de-obra, como na autoconstrução (VOLHARD, 2016).

Sob essas considerações, uma técnica que se mostra promissora é chamada de *Leichtlehm*, ou argila-palha pelos seus componentes mais importantes. No início do século XX fora desenvolvida na Alemanha como uma variação de técnicas tradicionais que usam terra misturada com palha para vedação (VOLHARD, 2016). É uma técnica difícil de ser enquadrada ou nomeada, razões que contribuem para sua relativa obscuridade até o momento. É parente próxima da taipa de mão, no sentido de que depende de um sistema estrutural para a integridade da edificação. Como a taipa de pilão, porém, é feita com a ajuda de um sistema de formas (há também a possibilidade de fazer blocos). É um sistema monolítico cuja integridade depende da coesão oferecida pela argila ajudada pelas fibras da palha. Com o uso da argila-palha não há a necessidade do saber fazer alvenaria, do esculpir da taipa de mão nem da compactação da taipa de pilão.

Sua produção fácil permite ganhos de eficiência e diminuição dos custos de mão-de-obra, que complementam os baixos custos de materiais envolvidos na construção com terra. As duas grandes vantagens de construir com argila-palha são sua facilidade e rapidez. Isso se reflete na sua viabilidade econômica. Como pode ser visto na figura 7, a execução de uma parede de argila-palha segue poucos simples passos. Terra argilosa é diluída em água à consistência desejada (facilitando o uso de solos diferentes, pois a quantidade de silte e areia importam pouco). A palha é então embebida nesse caldo argiloso e em seguida enformada e pressionada no local apropriado. Após um período de secagem adequado, pode ser rebocada.



Figura 7: Confeção de uma parede em argila-palha. Fonte: LAPORTE, 2015, adaptado pelo autor.

Essas paredes têm boas propriedades térmicas e sua elaboração permite que a densidade seja facilmente alterada, o que possibilita a parametrização das características de conforto das paredes, como sua massa e resistência térmica. A palha dá volume à mistura, com os vazios criados por sua presença é responsável pelo maior isolamento térmico desta técnica em relação às outras técnicas tradicionais de construção com terra. É um material considerado resíduo agrícola e seria destinado ao lixo. Em vez disso, é reutilizada com energia de processo quase nula (transporte) e depositada como um sumidouro de carbono.

Já a argila dá coesão ao conjunto. Suas propriedades físicas tornam a parede não inflamável (a argila não queima, na presença de chama a palha envolvida por argila carboniza mas não propaga a chama) e ajudam a proteger o material orgânico em contato (palha e madeira) através da sua elevada higroscopicidade (capacidade dos materiais de absorver umidade), e baixa umidade de equilíbrio. Por capilaridade retira o vapor d'água desses materiais e o libera para a atmosfera, ajudando a preservar os materiais orgânicos

com que mantém contato. É essa propriedade que contribui para manter a integridade das estruturas medievais em enxaimel que perduram na Europa (VOLHARD, 2016).

A argila-palha é usualmente produzida com pranchas de madeira como formas, fixadas a estrutura. Essas podem ser retiradas depois de algumas horas quando a parede já tem coesão; e devem ser retiradas 24 horas depois para evitar a formação de mofo e permitir a secagem da parede. Em climas mais frios em que paredes mais espessas são necessárias para maior resistência térmica, o tempo de secagem é talvez a maior desvantagem do método, requerendo até 2 ou 3 meses para uma parede de 30-35 cm secar. Isso deve acontecer antes da parede receber reboco. Este evita o alojamento de insetos na parede e garante a vedação do envelope.

O processo de fazer argila-palha é rápido e fácil, mas um dos gargalos de produtividade é o de colocar e tirar formas das seções de parede. Como a argila-palha precisa secar, uma forma perdida que possa aumentar a produtividade precisa permitir isso. As duas maneiras registradas tem contra si o custo: a primeira, fixação de ripas levemente espaçadas, pela mão de obra envolvida; a segunda, esteiras de junco, pelo custo do material. Apesar do custo, essas são ocasionalmente utilizadas porque aumentam a produtividade da etapa de enformação. Esse estudo sugere o uso de telas de plástico como forma permanente, permitindo fazer isso de forma acessível. Além disso, a tela serve com ponte de reboco sobre a madeira, onde o reboco teria pouca aderência.

A vedação em argila-palha não é portante, ou seja, necessita de um esqueleto estrutural. Isso traz o benefício de livrar a técnica de construção com terra da responsabilidade de suportar cargas e possibilita o uso de sistemas estruturais estabelecidos e regulamentados. Em comparações do impacto ambiental causado por diferentes sistemas estruturais equivalentes, fica claro que o uso da madeira, um material renovável e que necessita de poucos processos de produção, é uma escolha mais sustentável, como visto na figura 8.

Material	Consumo de energia	Emissão de CO₂	Poluição do ar	Resíduos Sólidos
<i>Madeira</i>	X	X	X	X
<i>Aço</i>	2,40 X	1,45 X	1,42 X	1,36 X
<i>Concreto</i>	1,70 X	1,81 X	1,67 X	1,96 X

Figura 8: Impactos de diferentes sistemas estruturais equivalentes. Fonte: DEMARZO, 2007.

Entre os sistemas estruturais que utilizam madeira, o sistema plataforma se destaca. Este traz diversas vantagens, como: o uso de peças de pequena seção que dispõem da necessidade do corte de grandes árvores, a padronização de seções, a utilização de madeira de reflorestamento, a facilidade de manuseio das peças e sua montagem seca, rápida e feita com poucas e simples ferramentas. Essas são algumas das razões para seu predomínio na construção civil norte-americana, o que em si traz um bom benefício: o desenvolvimento, amadurecimento e documentação do sistema. Apesar de não ser muito aplicado no Brasil, sua adaptação é bastante facilitada pela disponibilidade de documentos norte-americanos sobre sua aplicação. No sul do Brasil, essa é ainda propiciada pela presença, em Santa Catarina e no Paraná, das maiores plantações de *Pinus sp.* do Brasil. A maior parte destas é utilizada na indústria papelreira, mas grandes quantidades de madeira beneficiada para uso como material construtivo já são exportadas para os Estados Unidos (SILVA, 2010).

No Brasil, a utilização de madeira na construção civil sofre de um grande estigma, causado em parte pelas técnicas de vedação utilizadas (ex.: tábua e mata-junta) e em parte pelo questionamento com relação a sua durabilidade. A literatura demonstra, porém, que o pinus tratado com preservantes em autoclave com Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) tem durabilidade de mais de três décadas em teste de campo, fincado na terra e exposto às intempéries. Nos testes, a madeira não tratada durou apenas dois anos (BARILLARI, 2002). O CCA é um componente tóxico com esperadas desvantagens ambientais. São necessários cuidados especiais na futura disposição dessa madeira e outros tratamentos devem ser investigados, mas em balanço o uso da madeira é positivo. Como a palha, toda a madeira utilizada na construção funciona como um sumidouro de carbono, em contraste com a poluição gerada pelo predominante uso de concreto.

O sistema plataforma convencional utiliza um sistema de multi-camadas de vedação, com gesso acartonado internamente, isolamento térmico com lã de vidro ou rocha e siding vinílico externo. Para comparação, foram montadas composições para a hipotética utilização do sistema plataforma num conjunto residencial equivalente. Essas foram modeladas com composições unitárias montadas quando possível a partir do TCPO - Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos e adicionalmente da literatura norte-americana equivalente, como o National Construction Estimator (PRAY, 2012) e o Rough Carpentry Cost Estimating Tips (CONSTRUCTION MARKET DATA, 2016). Como nos outros sistemas comparados, as quantidades consumidas dos materiais foram cruzadas com bancos de dados de impacto e estimativas de custos foram feitas utilizando dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi) e de pesquisa no comércio de Florianópolis para materiais que não constem no Sinapi (como o pinus tratado e cortado em seções apropriadas). A figura 9 demonstra quais materiais são mais responsáveis pelos impactos desse sistema construtivo.

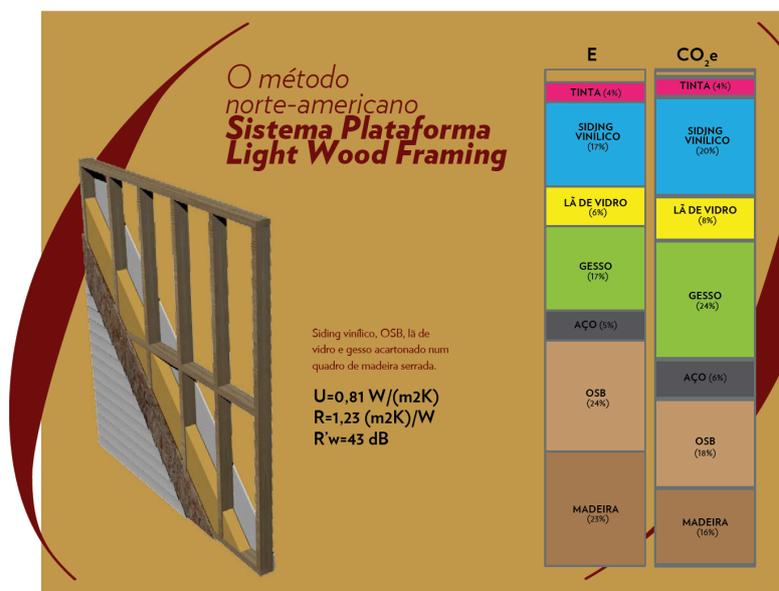


Figura 9: Técnica construtiva predominante nos Estados Unidos e composição do impacto de cada material. Fonte: elaborado pelo autor.

6. Projeto com menor impacto

O desenho do conjunto residencial foi então adaptado para o método construtivo proposto, solucionado de forma apropriada e modelado, como pode ser visto na figura 10: um dos blocos com 24 unidades, detalhe construtivo e as partes responsáveis pelo impacto gerado por essa solução.

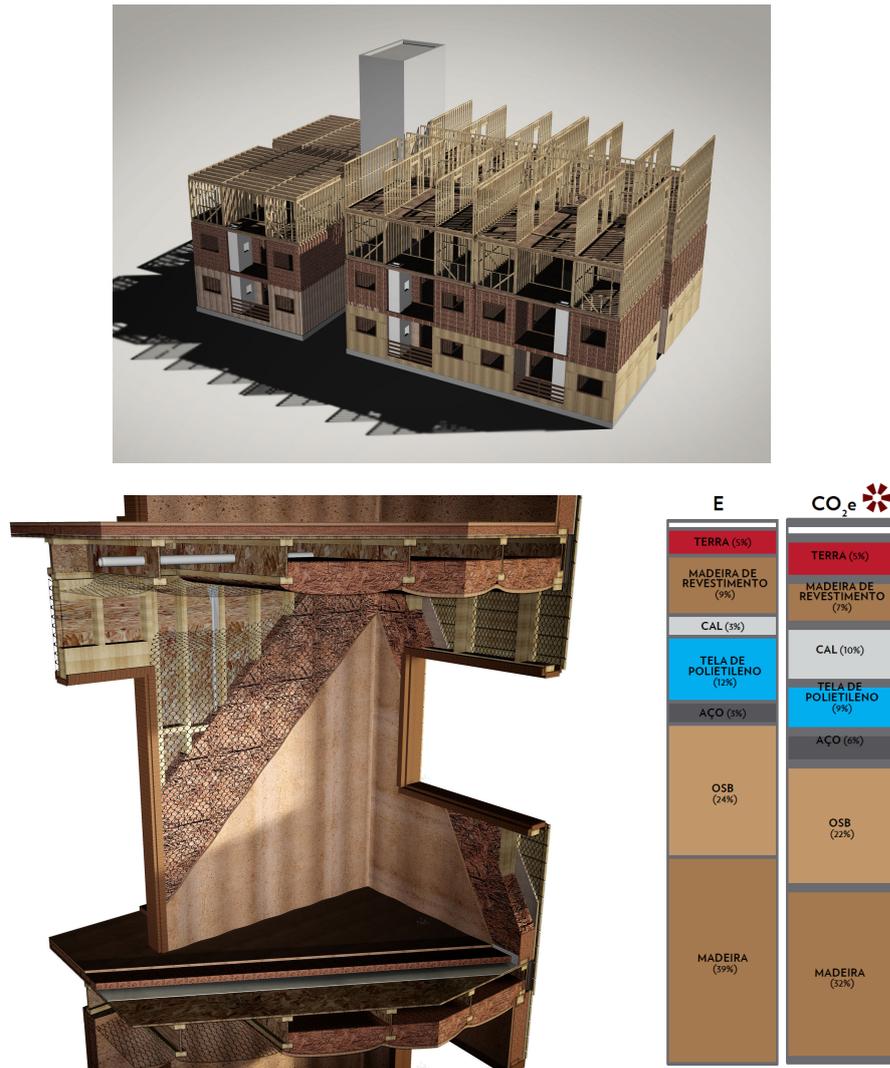


Figura 10: Modelo tridimensional com sequência construtiva, detalhe com composição do impacto de cada material. Fonte: elaborado pelo autor.

As composições unitárias desse sistema foram montadas a partir da literatura americana para o sistema plataforma e da literatura de argila-palha para as quantidades e produtividades do sistema de vedação, principalmente do trabalho de Franz Volhard (2016). A figura 11 detalha as paredes externa (em corte) e interna (em planta) e demonstra a possível parametrização das características da argila-palha para definir paredes externas com maior isolamento térmico e paredes internas com maior massa térmica.

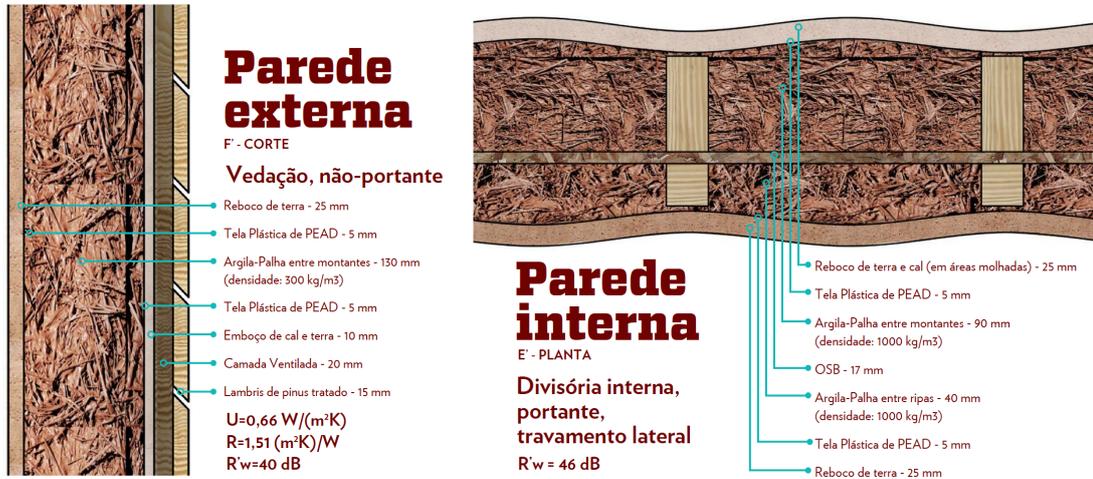


Figura 11: Detalhe das paredes propostas. Fonte: elaborado pelo autor.

7. Comparações dos sistemas construtivos

Na figura 12 é apresentada uma comparação dos impactos gerados para construção da estrutura e vedações das alternativas apresentadas para esse projeto.

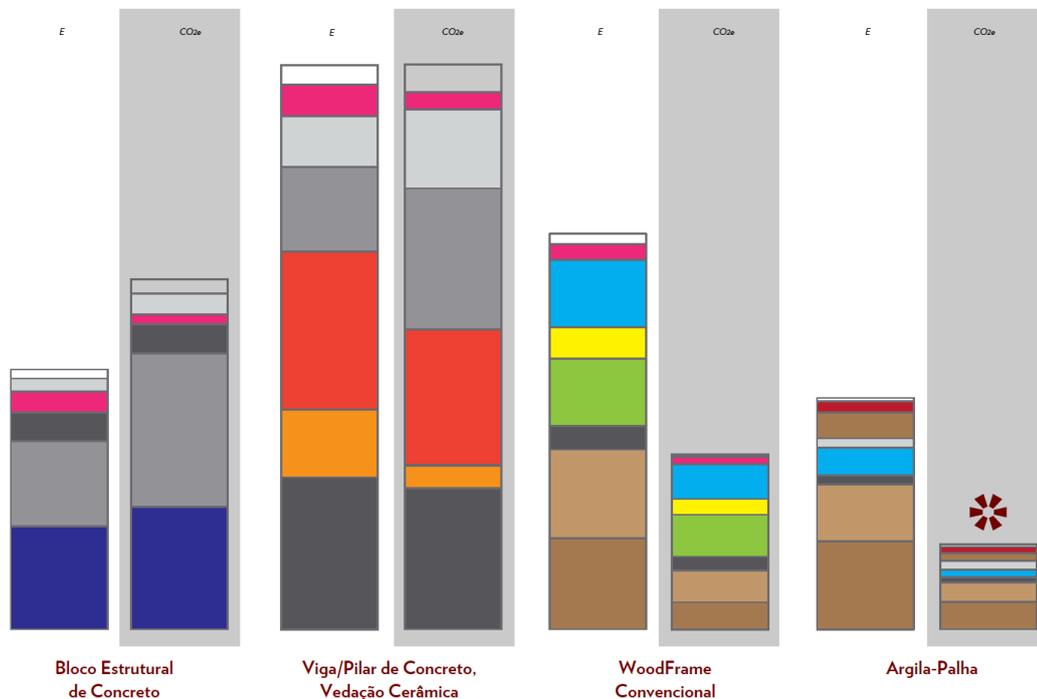


Figura 12: Comparações da energia incorporada e emissões dos sistemas construtivos apresentados. Fonte: elaborado pelo autor.

Como afirmado, o custo é uma consideração importantíssima para a real adoção de técnicas alternativas. Para verificação do modelo elaborado, o custo do sistemas em questão (estrutura e vedação) foi calculado e comparado com o orçamento real da obra. No orçamento da obra, essas partes totalizam R\$ 1.338.765,00 (VITA, 2014). Ajustado pela variação do CUB chega-se a um valor de R\$ 1.571.130,42, enquanto que o valor equivalente no modelo formulado é de R\$ 1.598.079,17.

A figura 13 sumariza os impactos e adiciona o fator custo, subdividido nos materiais e mão de obra. De acordo com o modelo, a alternativa proposta com argila-palha demonstra impactos menores e só perde para o bloco estrutural em seu custo.



Figura 13: Comparação sumária da energia incorporada e emissões e custos dos sistemas construtivos apresentados. Fonte: elaborado pelo autor.

8. Conclusão

Esse estudo teve como objetivo apontar para uma possível direção de desenvolvimento de técnica construtiva que tenha menor impacto e seja aplicável, viável e reproduzível. As toneladas de cimento nos enormes volumes de concreto comumente utilizados geram grandes quantidades de gás carbônico. Entre outras vantagens, construir com estrutura de madeira reflorestada de seções pequenas diminui consideravelmente as emissões. A vedação com tijolos cerâmicos cozidos consome muita energia em sua produção. É uma parcela grande da construção e a mais fácil de substituir por uma alternativa de baixo impacto. O fator produtivo é importante, uma das grandes razões da contínua utilização das técnicas convencionais. A produção de paredes de argila-palha com formas permanentes de telas plásticas contribuiu para tornar mais viável essa alternativa de menor impacto.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.
- BARILLARI, C.T. Durabilidade de Madeira do Gênero Pinus Tratada com Preservantes: Avaliação em Campo de Apodrecimento. 2002. 68 p. – Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BODEN, T.A., G. Marland. Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, U.S. Department of Energy, 2013
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi): Preços de Referência para Insumos em Santa Catarina - Não Desonerado. Março/2016.
- CHAUDHARY, M. T. A; PIRACHA, A. Examining the role of structural engineers in green building ratings and sustainable development. Australian Journal of Structural Engineering, Vol. 14, No. 3, pp. 217-228, 2013.
- CONSTRUCTION MARKET DATA, Rough Carpentry Cost Estimating Tips. www.cmdgroup.com/smartbuildingindex/rough-carpentry/costs/, acessado em 17/maio/2016.
- DEMARZO, Mauro Augusto; PORTO, Aline Lopes Gonçalves. Indicadores de Sustentabilidade (LCA) e Análise do Ciclo de Vida para Madeira de Reflorestamento na Construção Civil. Revista Madeira Arquitetura & Engenharia, n.21, ano 8, Julho-Dezembro, 2007.
- EKOS BRASIL. Mudanças climáticas e Construção civil. Palestra ministrada no Encontro de Sustentabilidade (ENSUS-Universidade Federal de Santa Catarina) em 18/abril/2016.
- HAMMOND, Geoff; JONES, Greg. Inventory of Carbon & Energy Version 2.0. Bath: University of Bath, 2011.
- HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert. Earth Construction: A comprehensive guide. Grenoble: CRATerre-EAG/Practical Action Publishing, 1989.
- LAWSON, Bill. The NSW Good Wood Guide. http://www.rainforestinfo.org.au/good_wood/contents.htm#anchor507935
- MINKE, Gernot. Building with Earth. Basiléia: Birkhauser, 2006.
- PERES, Paula. Construção civil é o ramo que mais consome materiais no mundo. <http://www.usp.br/aun/exibir.php?id=4848>, acessado em 6/agosto/2016.
- PRAY, Richard. 2013 National Construction Estimator. Craftsmen Book Company, 2012.

PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS - Secretaria Municipal de Habitação e Saneamento Ambiental. Projeto Arquitetônico Conjunto Habitacional Multifamiliar: Residencial Ponta do Leal. Florianópolis, 2014.

SILVA, Ricardo Dias. Plantando casas: estudo da cadeia produtiva para implantação de habitação de interesse social em madeira de Pinus spp no Paraná. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2010.

TAVARES, Sérgio Fernando. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

TCPO, Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. - 1 3 . ed. - São Paulo: Pini, 2008.

VITA Construtora, Orçamento Obra Residencial Ponta do Leal. Florianópolis, 2014.

VOLHARD, Franz. Light Earth Building: A Handbook for Building with Wood and Earth. Basileia: Birkhauser, 2016.