

## Coberturas ecológicas para aplicação em moradias dos assentamentos da reforma agrária: alternativas deecoinovação

### Ecological roofing for application in dwelling of agrarian reform settlements: ecoinnovation alternatives

<sup>1</sup>Luciane Cleonice Durante, <sup>2</sup>Samira Gomes Alencar, <sup>3</sup>Paulo César Venere, <sup>4</sup>Ivan Julio Apolônio Callejas, <sup>5</sup>Olivan da Silva Rabelo, <sup>6</sup>Karyna de Andrade Carvalho Rossetti

<sup>1,6</sup>Doutora em Física Ambiental, docente da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá - MT (luciane.durante@hotmail.com; karynarossetti@gmail.com)

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Civil, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso (samiragmes@gmail.com)

<sup>3</sup>Doutor em Genética e Evolução, docente do Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá - MT (paulo.venere@gmail.com)

<sup>4</sup>Doutor em Física Ambiental, docente da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá - MT (ivancallejas1973@gmail.com)

<sup>5</sup>Doutor em Economia. Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá - MT (olivanrabelo@gmail.com)

---

**RESUMO:** As habitações dos assentamentos rurais, geralmente, são construídas pelos próprios moradores, em sistema de mutirão e, muitas vezes, sem acompanhamento técnico. Diante do isolamento geográfico de algumas áreas, utilizam-se materiais comercialmente disponibilizados no centro urbano mais próximo, abordando sistema de transporte e materiais industrializados, similares aos das edificações urbanas. Esse artigo aborda a temática das coberturas dessas habitações, e as possibilidades de sua produção artesanal, no próprio local, com menor custo, maior facilidade de acesso e apropriação da técnica pelo morador. O objetivo deste artigo é analisar sistemas de coberturas ecológicas, categorizando-as em termos de suas características de toxicidade, otimização de recursos naturais, reciclabilidade, energia incorporada, vida útil, impacto de transporte, geração de resíduo, reuso, manutenibilidade, pegada de água azul, número de materiais e biodegradabilidade. A metodologia consistiu de uma revisão sistemática, com buscas em plataformas de pesquisa. Os tipos de telhas selecionados foram submetidos à avaliação de suas características por meio de um painel de especialistas, via formulário eletrônico, permitindo a atribuição de escores de um a cinco a cada categoria. Como resultados, foram encontradas a cerâmica não queimada, a cascaje, as coberturas de formato abobadado, coberturas verdes, telhas de madeira, de bambu e de palha, em ordem decrescente de impacto ambiental. Os resultados demonstraram que cada tipologia apresenta benefícios dependendo do local e do uso. Evidenciam-se, assim, alternativas para o sistema de cobertura das habitações rurais, que podem ser passíveis de implementação na forma de tecnologias sociais.

**Palavras Chave:** Cobertura ecológica. Área rural. Construção civil.

**ABSTRACT:** The residences of rural settlements are usually built by the villagers, in a group system and often without technical support. Facing the geographic isolation of some areas, commercially available materials are bought in the nearest urban center, using a transportation system and industrialized materials, similar to urban buildings. This article deals with the roof of these dwellings and the possibilities of their artisanal production, in the place of housing, with a lower cost, easier access and appropriation of the technique by the resident. The objective of this article is to analyse systems of ecological roof, categorizing them in terms of their characteristics of toxicity, optimization of natural resources, recyclability, incorporated energy, useful life, transport impact, waste generation, reuse, maintainability, blue water footprint, number of materials and biodegradability. The methodology consisted of a systematic review, with searches in platforms. The types of tiles selected were submitted to the evaluation of their characteristics by means of a panel of experts, via electronic form, allowing the assignment of scores from one to five to each category. As a result, unburned ceramic tiles, the cascaje, vaulted roofs, green roofs, wood, bamboo and straw in decrescent order. The results of the categorization performed showed that each tile typology will have an appropriate benefit depending on the site and the use of each one for the choice of the best tile typology depending of the location and use. Thus, there are alternatives for the rural house roofing susceptible of implementation in social technology forms.

**Keywords:** Ecological roofing. Rural area. Civil construction.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A fabricação de telhas se baseia em queima, extrusão ou galvanização, caracterizando-as como materiais de elevado impacto ambiental, com elevada energia incorporada decorrente dos intensos processos industriais ou do uso de matérias primas provenientes de recursos fósseis. Além disso, as telhas podem ser ofensivas à saúde humana, devido ao alto grau de toxicidade em sua composição.

Impacto ambiental, pode ser definido como mudança em um parâmetro ambiental, em um determinado período e área, resultante da realização de uma atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada (Sanchez, 2008). Quando o impacto ambiental é negativo, gera degradação ambiental, que é percebida pela redução das condições naturais. Diante desta condição, torna-se evidente a necessidade de se produzir tipologias de telhas ou coberturas com desempenho ambiental adequado, o que tem sido tratado no âmbito dos materiais denominados ecoinovadores.

De acordo com o Horizont 2020 (Comissão Europeia, 2014), a ecoinovação é qualquer inovação que se traduza em avanço importante no sentido do desenvolvimento sustentável, reduzindo o impacto de modos de produção, reforçando a resiliência da natureza às pressões antrópicas ou utilizando os recursos naturais de forma mais eficiente e responsável. Sob este enfoque, a inovação tecnológica visa não apenas à eficiência econômica dos sistemas produtivos, mas também a proteção ambiental, tanto de caráter preventivo quanto corretivo. Desse modo, uma cobertura ou telha ecologicamente correta é aquela que preserva os recursos ambientais, usando materiais renováveis em seu processo de fabricação, sem danos presentes e futuros ao ambiente e aos usuários.

Os sistemas de cobertura desempenham importante papel nas habitações desde a antiguidade, quando se buscava, essencialmente, proteção contra as intempéries, utilizando-se de materiais locais, como terra e palha. Hodiernamente, os materiais mais amplamente utilizados são as telhas de barro, concreto, metais, vidro, manta asfáltica e fibrocimento, disponíveis comercialmente nos centros urbanos. No entanto, no meio rural e mais especificamente nos assentamentos da reforma agrária, foco deste estudo, o acesso a esses materiais é restrito, restando os de baixo custo e maior disponibilidade, que estabelecem pouca ou nenhuma relação com o seu contexto sociocultural e histórico.

Assim, é importante analisar o contexto das moradias dos assentamentos agrários brasileiros. Segundo Leite *et al.* (2004), as comunidades rurais de assentamentos agrários diferem de outros camponeses, em consequência da relação diferenciada desse segmento social com o Estado Brasileiro. É o Estado que seleciona o assentado, segundo critérios rígidos e pré-estabelecidos, se responsabiliza pela infraestrutura dos assentamentos e estabelece diretrizes de uso e ocupação do solo de acordo com o perfil socioeconômico e das características da estrutura agrária das localidades. Nesse sentido, a Lei de Assistência Técnica (Brasil, 2010) tem por objetivo, dentre outros, promover o desenvolvimento rural sustentável, a melhoria da qualidade de vida de seus beneficiários e o desenvolvimento e a apropriação de inovações tecnológicas e organizativas adequadas ao público beneficiário e a integração deste ao mercado produtivo nacional.

Portanto, faz-se necessária a inserção das questões das moradias do assentado nas políticas públicas, partindo-se da ideia de mundo como um sistema ecológico, passando-se a tratar o espaço físico como um lugar, a partir de uma visão fenomenológica onde homem e ambiente são agentes indissociados. Essa visão valoriza o homem, o espaço existencial, defende a arquitetura simbólica, traz a busca das qualidades sensoriais dos materiais e ambientes e o caráter de lugar, tal como definido por Tuan (1983). Com isso, corroboram Pinheiro *et al.* (2012) ao propor diretrizes para políticas públicas que viabilizem a produção de telhas de madeira (cavacos) por comunidades rurais da Amazônia, destacando Pinheiro *et al.* (2012)

... a produção e uso das telhas de madeira (cavaco), prática empregada há séculos na Amazônia, ainda nos dias de hoje apresenta vantagens em relação a produtos alternativos para a cobertura de casas e estruturas rurais no interior da Amazônia, além de ser uma opção de renda interessante para pequenos produtores rurais. Entretanto, tal prática tem sido lentamente abandonada por diferentes razões, e buscamos através desta publicação resgatar o seu uso. Em especial, clamamos atenção para questões que envolvem o licenciamento desta atividade para a geração de renda, uma vez que o uso do cavaco para o próprio uso é permitido, mas não a sua comercialização formal.

Uma das políticas públicas direcionadas aos assentados da reforma agrária é o Crédito de Instalação, previsto no inciso V do capítulo do art. 17 da Lei nº 8.629/1993 e instituído pela Lei 13.001/2014, que possui em uma de suas modalidades, recursos para aquisição de materiais de construção disponibilizados em até R\$ 25 mil por família. Considerando que, muitas vezes, os assentamentos localizam-se distantes de comércio e existe dificuldade de transporte, onera-se o valor pago pelos assentados aos materiais construtivos convencionais básicos, como as telhas, foco deste artigo. Nesse sentido, é essencial que se desenvolvam alternativas de materiais de cobertura acessíveis ou, até mesmo, que possam ser fabricado no local, minimizando com isso, além de outros, os impactos oriundos do transporte. Ademais, o morador deve conhecer o modo de produção, como uma forma de tecnologia social, entendida como “conjunto de técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida” (ITS, 2004, p. 29).

Entende-se, também, que o homem criou ao longo dos séculos, segundo os lugares e a cultura, tipos de habitação variados e adaptados aos ecossistemas e ao clima (SACHS, 1986). Muitos destes conhecimentos foram abandonados em função da priorização de conceitos como globalização, padronização e modernização. Lages (1999) coloca que este conjunto de conhecimentos e de comportamentos, herança da tradição, constitui um patrimônio cultural que é transmitido de geração em geração e que merece a devida atenção na definição de estratégias de sustentabilidade.

Nesse contexto, esse trabalho tem por objetivo apresentar alternativas de telhas e sistemas de coberturas, analisando-as sob a ótica da sustentabilidade quanto às tecnologias sociais passíveis de serem desenvolvidas em assentamentos rurais da reforma agrária brasileira.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Definiu-se o caminho metodológico em duas etapas a seguir descritas: a primeira, que visou elencar os tipos de telhas e coberturas ecológicas, a partir de uma revisão sistemática de literatura e, a segunda, a elaboração de uma metodologia para avaliação da sustentabilidade das mesmas, que consistiu de seis sub etapas: desenvolvimento de critérios de avaliação de sustentabilidade, elaboração de questionário na forma de formulário eletrônico, pré-teste, ajustes no formulário, consulta a painel de especialistas e tabulação e análise dos resultados.

### 2.1 Revisão sistemática de literatura

Revisões sistemáticas da literatura são estudos secundários utilizados para mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de estudos primários relevantes (Morandi e Camargo, 2015). Seguiram-se os pressupostos de Botelho, Cunha e Macedo (2011) visando responder o seguinte questionamento: *Quais as alternativas de telhas e sistemas de coberturas para implementação de coberturas ecológicas eficientes em moradias dos assentamentos da reforma agrária brasileira?*

Utilizaram-se as plataformas SCIELO, CAPES, Google Acadêmico e a Biblioteca Virtual da Universidade de São Paulo (USP), considerando a busca em uma janela temporal de 18 anos. Nas buscas nas bases de dados nacionais, a palavra-chave “telha” foi associada aos descritores: cascaje, taubilha, madeira, cavaco, bambu, Japan, cerâmica não queimada; já a palavra-chave “telhado” associado aos descritores: verde e abobado; enquanto a palavra-chave “cobertura de casa” associada aos descritores: palha, piaçava, além de “ecoinovação” e “amianto”. Já nas buscas nas bases internacionais, a palavras-chave foram “Non-fired ceramic tile” e “Ceramic tile”.

Adotaram-se os pressupostos de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2014) para avaliação da qualidade dos estudos: qualidade de execução, adequação à questão da revisão e adequação ao foco da revisão (Quadro 1), tendo sido selecionados os estudos que atenderam à classificação de qualidade alta nas três dimensões (Quadro 2). Para cada telha ou sistema de cobertura selecionado, buscou-se extrair dos estudos o modo de fabricação e os benefícios.

Quadro 1 - Critérios para avaliação da qualidade dos estudos

<i>Classificação</i>	<i>Qualidade da execução do estudo</i>	<i>Adequação à questão</i>	<i>Adequação ao foco da revisão</i>
	<i>O método proposto:</i>	<i>O estudo trata:</i>	<i>O trabalho foi desenvolvido em circunstâncias:</i>
<b><i>Alta</i></b>	Atende aos padrões demandados para o tema em estudo ou o estudo seguiu rigorosamente o método proposto e os resultados se respaldam em fatos e dados.	Do mesmo objeto de estudo da revisão.	Idênticas às da revisão.
<b><i>Média</i></b>	Apresenta lacunas em relação aos padrões demandados para o tema em estudo ou o estudo não demonstra ter seguido o método proposto em sua totalidade.	De forma parcial o objeto de estudo da revisão.	Parcialmente similares às da revisão.
<b><i>Baixa</i></b>	Apresenta inconformidades em relação aos padrões demandados para o tema em estudo ou o estudo não obedeceu ao método proposto.	De forma superficial o objeto de estudo da revisão.	Distintas das definidas para a revisão.

Fonte: Adaptado de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2014).

Quadro 2 - Critérios para seleção dos estudos

<i>Qualidade de execução</i>	<i>Adequação à questão da revisão</i>	<i>Adequação ao foco da revisão</i>	<i>Critério de seleção</i>
<i>Alta</i>	Alta	Alta	Alta
<i>Média</i>	Alta	Alta	Alta
<i>Alta</i>	Média	Média	Média
<i>Média</i>	Média	Média	Média
<i>Alta</i>	Alta	Baixa	Média
<i>Alta</i>	Média	Baixa	Baixa
<i>Média</i>	Média	Baixa	Média
<i>Média</i>	Baixa	Baixa	Baixa
<i>Baixa</i>	Baixa	Baixa	Baixa

Fonte: Adaptado de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2014).

## 2.2 Proposta metodológica para avaliação da sustentabilidade das telhas e coberturas ecológicas – Radar da Sustentabilidade

Adaptou-se a proposta de Bachmann e Destefani (2008) do radar de inovação, propondo-se uma metodologia denominada Radar da Sustentabilidade, na qual foram estabelecidos 12 critérios de sustentabilidade, a seguir descritos, que subsidiaram a elaboração de um questionário, em formato eletrônico.

- a) Toxicidade: os materiais construtivos possuem algum tipo de toxicidade. Na fase de produção, por exemplo, podem contaminar a água com os resíduos industriais. Na fase de uso, podem liberar substâncias tóxicas para o ar do interior dos edifícios, fumos tóxicos em caso de incêndio (Jalali, 2010);
- b) Otimização dos recursos naturais: relaciona-se com o consumo de matéria prima virgem, principalmente de materiais escassos ou de baixa renovação;
- c) Reciclabilidade: potencial de recuperação máxima de materiais com maior grau de pureza e menor uso de tecnologia (Peters *et al.*, 2012);
- d) Energia incorporada: energia consumida durante o seu processo de produção (Torgal e Jalali, 2011);
- e) Vida útil: período de tempo em que os materiais se prestam às atividades para quais foram projetados ou construídos considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados (ABNT, 2013);
- f) Impacto de transporte: depende do tipo de combustível, do modal e das distâncias.
- g) Geração de resíduos: relaciona-se com a quantidade de materiais que são desperdiçados ou não utilizados no processo de fabricação do material de construção;
- h) Reuso: consiste no aproveitamento de produtos sem que estes sofram quaisquer tipos de alterações, processos complexos de restauração ou reciclagem (Corrêa, 2009);
- i) Manutenibilidade: grau de facilidade de um material de construção de ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar as funções dele requeridas, sob condições de uso específicos, quando o mesmo passa por processo de manutenção (ABNT, 2013);
- j) Pegada de água azul: refere-se ao consumo de água azul (superficial e subterrânea) ao longo de sua cadeia produtiva (Hoekstra *et al.*, 2011);
- k) Quantidade de materiais: relaciona-se com a variedade de componentes que o material de construção contém; e,
- l) Biodegradabilidade: propriedade de um material perder massa pela ação de agentes biológicos, tais como fungos e insetos, que a digerem e a transformam em outros componentes orgânicos que são reintegrados na natureza (Teixeira e César, 2005).

Foi elaborado questionário, no formato de formulário eletrônico e adotada a técnica de pesquisa Painel de Especialistas, que segundo Pinheiro, Farias e Abe-Lima (2013, p. 185)

É uma técnica de pesquisa empregada em psicologia, administração e ciências sociais em geral, na qual o especialista representa uma perspectiva bem específica sobre o assunto, a ser integrada com outras visões sobre o tema, e não implicando em palavra final ou definitiva a respeito do mesmo.

Destacam, também, que o caráter coletivo da iniciativa, que reúne várias pessoas consideradas capazes para o tratamento das questões envolvidas no objetivo da pesquisa, serve para análise de temas complexos e controversos. Os especialistas selecionados eram pesquisadores, docentes e profissionais da área de engenharia e arquitetura, com conhecimento técnico na área.

No formulário, apresentaram-se os tipos de telha e sistemas de cobertura da revisão sistemática, sua descrição com imagem e solicitou-se ao especialista que as avaliasse em cada

um dos 12 critérios, por meio de escala Likert de 0 a 5 (0 = menor impacto; 5 = mais impacto), sendo os parâmetros definidos anteriormente no item 2.2 (definições: a à l).

Os resultados foram expressos por meio Radar da Ecoinovação (Reco), como a diferença do total das pontuações obtidas nos critérios de impacto ambiental positivos ( $IA^+$ ) e negativos ( $IA^-$ ) (Equação 1). Assim, quanto maior o Reco, mais sustentável é o material em questão e maior potencial de aplicação ao contexto pretendido, a partir de incrementos inovativos em seu processo de produção.

$$Reco = (\sum IA^+) - (\sum IA^-) \quad (1)$$

### 3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

#### 3.1. Telhas e sistemas de coberturas ecoinovadores

A Tabela 1 apresenta os resultados das buscas plataformas por palavras-chave e o Quadro 3, a categorização de qualidade de cada artigo. Foram pré-selecionados 27 trabalhos e pós-selecionados 10, que obtiveram qualidade alta nas três dimensões.

Tabela 1 - Quantidade de trabalhos encontrados e selecionados nas plataformas de busca

	Palavras-chave	Quantidade de Trabalhos	
		Encontrados	Selecionados
Plataforma	Telhado verde*	21.700	1
	Telha reciclada	5.050	1
	Telha taubilha	8	1
	Telha bambu*	2.230	1
	Telha cavaco	800	1
	Telha madeira and Japan	1.190	1
	Cobertura de casas, palha	11.500	1
	Cobertura de casa, palha de sapê	742	2
	Cobertura de palha and habitação indígena	2.940	2
	Cobertura de casa, palha piaçava	207	2
	Telha cerâmica não queimada	4.410	2
	Science Direct	Non-fired ceramic tile	3.319
Ceramic tile		5.231	1
Green Roof		36.839	1
Teses USP	Telhado verde	2.730	2
	Telha bambu	20	1
Google Pesquisa	Telhado abobadado and Lengen	8.890	1
	Telha cascaje	1.280	1
	Cobertura de palha and habitação indígena	184.000	1
Capes	Telhado verde	123	2
	Telha and bambu	4	1

\*Na plataforma USP, as palavras-chave “telhado verde”, “telha de bambu” foram encontradas em tese de doutorado, tese de livre docência e dissertação de mestrado, respectivamente.

Quadro 3 - Estudos pré-selecionadas e pós-avaliação da qualidade dos trabalhos

Referência	Ano	Pré-avaliação			Pós - avaliação
		Qualidade da execução	Adequação a questão	Adequação ao tema	
VIEIRA <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2003	Média	Baixa	Baixa	Baixa
LENGEN <sup>L</sup>	2004	Alta	Alta	Alta	Alta
SATTLER; ZANIM <sup>A</sup>	2006	Média	Baixa	Baixa	Baixa
GALDINO <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2007	Média	Baixa	Baixa	Baixa
LESSA <sup>D</sup>	2009	Alta	Alta	Alta	Alta
NUMAZAWA <sup>D</sup>	2009	Média	Baixa	Baixa	Baixa
MENDONÇA <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2010	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
PINHEIRO <i>et al.</i> <sup>B</sup>	2012	Alta	Alta	Alta	Média
NOIA <sup>D</sup>	2012	Alta	Alta	Alta	Alta
ROSSETI <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2013	Alta	Alta	Alta	Alta
PARIZOTTO; LAMBERTS <sup>A</sup>	2011	Alta	Alta	Alta	Alta
CATUZZO <sup>T</sup>	2013	Alta	Alta	Alta	Alta
ANTONIO <i>et al.</i> <sup>L</sup>	2013	Média	Baixa	Baixa	Baixa
ALMEIDA; PASSINI <sup>A</sup>	2013	Média	Média	Baixa	Média
WILLES <sup>T</sup>	2014	Alta	Alta	Média	Média
WEIMER <sup>A</sup>	2014	Média	Baixa	Baixa	Baixa
DRESCH <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2014	Alta	Alta	Alta	Alta
HINNING <i>et al.</i>	2015	Alta	Média	Média	Média
MORANDI <i>et al.</i>	2015	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
RAMOS <sup>D</sup>	2015	Média	Baixa	Baixa	Baixa
BARBOZA <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2016	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
UHMANN <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2017	Média	Média	Baixa	Média
EFFTING <sup>D</sup>	2017	Média	Média	Baixa	Média
CIACCO <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2017	Alta	Alta	Alta	Alta
SOLETA <sup>S</sup>	2018	Alta	Alta	Alta	Alta
TIBÁRQUITETOS <sup>S</sup>	2018	Alta	Alta	Alta	Alta
SHENG <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2018	Alta	Alta	Alta	Alta
YE <i>et al.</i> <sup>A</sup>	2018	Média	Baixa	Baixa	Baixa

A: artigo; S: site da empresa ou instituição; D: dissertação; T: tese; L: livro; B: boletim técnico

Apenas os trabalhos de Tibárquitetos (2018), Ciacco *et al.* (2017), Almeida e Passini (2013), Parizotto; Lamberts (2011), Sheng *et al.* (2018) e Ye *et al.* (2018) são no idioma inglês e todos os trabalhos selecionados apresentaram aspectos característicos de coberturas ecológicas eficientes para aplicações em habitações de climas tropicais.

Foram encontradas as seguintes tipologias de telhas ou sistemas de coberturas: cascaje, telhado abobadado, telhado verde, telhas de bambu, telhas de madeira, coberturas de palha e telhas cerâmicas sem queima, a seguir descritas.

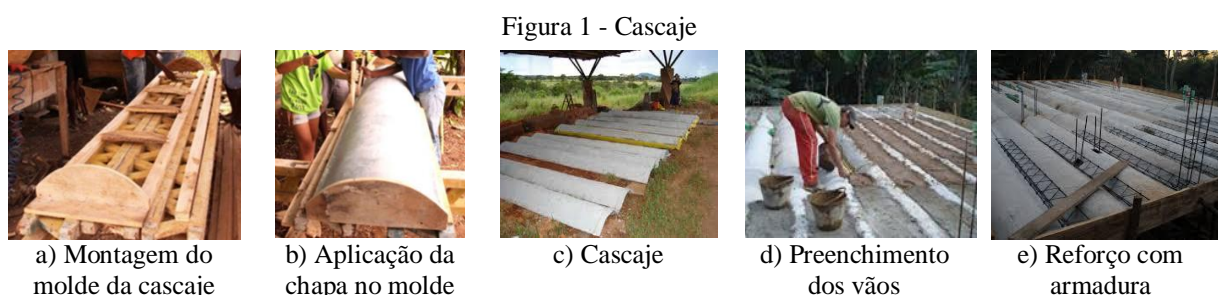
### 3.2 Cascaje

A cascaje foi desenvolvida pelo arquiteto Johan Van Lengen (Lengen, 2004) e pode funcionar como laje ou telha. Consiste de peça curva, composta de ferrocimento-argamassa de cimento e areia estruturada com tela de aço ou de saco de vegetais, que após a cura é autoportante.

Para sua construção, é essencial construir o molde (ou forma), que possui 50 cm de largura, comprimento variando de 1 a 4 m e espessura variando de 1 cm no topo a 3 cm nas

bordas. São necessários caibros, ripas, chapa de compensado de madeira ou de metal (Figuras 1e e 1b). O ferrocimento é disposto sobre o molde, sendo seu traço de areia e cimento na proporção de 2:1, respectivamente, adicionando água durante até a mistura adquirir consistência plástica, facilitando, assim, a sua aplicação no molde. Deve-se forrar o molde com uma lona plástica e, em seguida, aplicar a mistura inicialmente na base, com espessura de 1,5 cm, onde será apoiado um vergalhão ou bambu. Posteriormente, coloca-se a tela sobre a pasta aplicada ao molde, com o intuito de que a massa a atravesse e permaneça em uma posição que será a metade da espessura da cascaje. Então, adiciona-se o restante do composto. A espessura pode ser ajustada por meio de um gabarito.

A cascaje deve ficar em repouso à sombra por três dias, mantida sempre úmida por sete dias, para evitar rachaduras (Figura 1c). Nas juntas entre as telhas, adiciona-se piche ou nata de cimento para a impermeabilização do material (Figura 1d), ou reforço armado com concreto leve (Figura 1e).



Fonte: Adaptado de TibáArquitetos.

Os benefícios são devidos a dispensa de materiais para estruturação do telhado, uma vez que a cascaje pode ser apoiada na própria estrutura do edifício, ao menor uso de cimento e ao conforto térmico proporcionado, pois o formato curvo permite a melhor circulação do ar dentro do edifício, essencial para regiões com temperaturas elevadas.

Um exemplo de local em que foi utilizada é em São Tomé e Príncipe, na África, em que a equipe do Tibá Arquitetos, da qual Lengen (2004) faz parte, construíram edificação ecologicamente correta, a partir da utilização de técnicas como adobe, taipa e cascaje.

### 3.3 Telhados abobadados

Tomaram-se como referência os processos descritos pelo arquiteto Van Lengen (2004), a saber: abóbadas rebaixadas, abóbadas volteadas e abóbadas cruzadas.

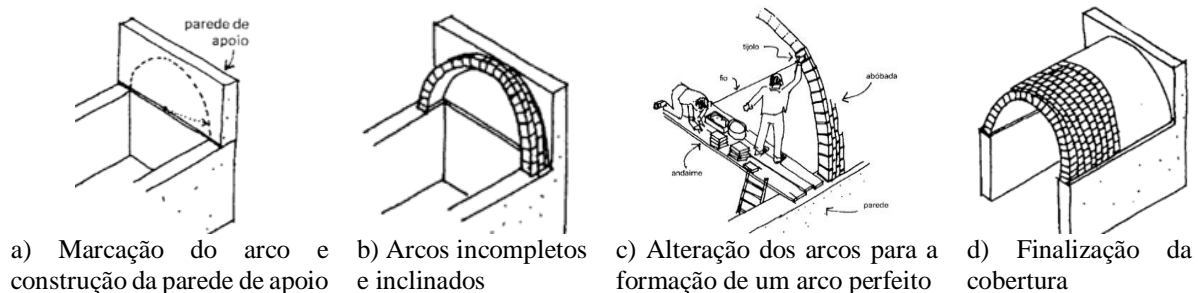
No processo de fabricação de abóbadas rebaixadas, utilizam-se duas camadas de tijolos maciços de 3 cm de espessura, colocando-se entre as camadas uma mistura de cimento areia e, na face externa, camada de cimento para impermeabilizar.

Para construir uma abobada volteada sem esteios faz-se necessário ter três paredes de apoio, sendo duas para apoio lateral e uma para apoio transversal. Nesta última, desenha-se arco (Figura 2a) e fixa-se uma guia em ressalto, usando uma mistura de gesso e pouca água, para que seque rapidamente, fixando-se os tijolos a partir dela (Figura 2b). O primeiro e o segundo arco não são completos, para que haja a o nivelamento dos arcos até que se forme um arco perfeito, conseguindo assim que o arco se incline ligeiramente em direção a parede de apoio, e assim sucessivamente. Destaca-se a dificuldade de construir um arco perfeito. Portanto, com a utilização de um gabarito, pode-se fazer o seguinte procedimento: no centro do andaime coloca-se um prego e amarra-se um fio, e a outra ponta do fio o pedreiro amarra ao punho e passa a argamassa de cimento ou cal (Figura 2c). Ademais, com o uso do fio os tijolos ficarão a mesma distância do centro, formando, assim, um arco perfeito. Por fim, utiliza-se como acabamento



uma mistura de cimento-areia-impermeabilizante (Figura 2d). Terminada a abóbada, pode-se retirar a parede de apoio transversal e colocar uma janela.

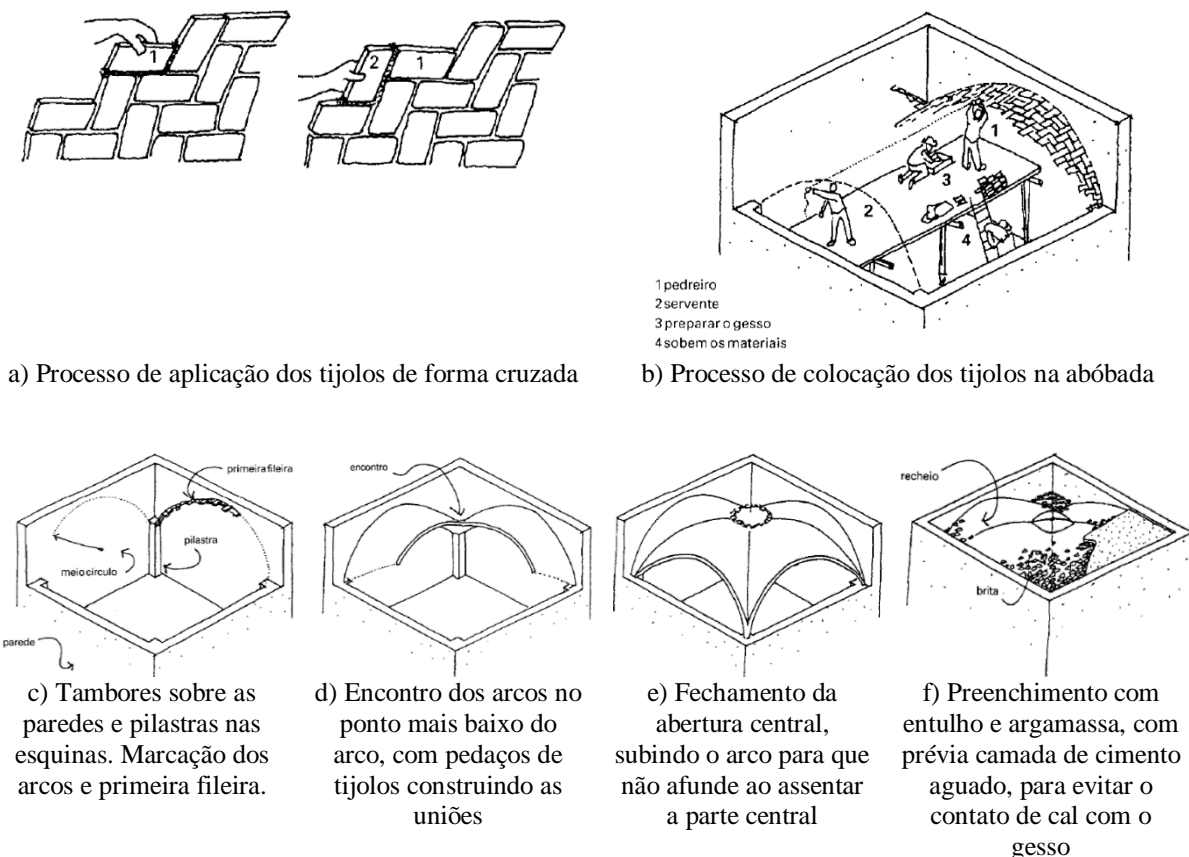
Figura 2 - Construção de arco voiteado



Fonte: Adaptado de Lengen (2004).

Na construção de abobadas cruzadas, os tijolos são iguais aos das curvas, porém com menos 3cm de espessura. São fixados uns aos outros com gesso, sendo que o pedreiro deve segurá-lo até que o gesso comece a secar e molhá-los previamente para que não absorvam água do gesso. Quando o gesso endurecer, coloca-se outro tijolo retirando o excesso com juta, pois no interior do ambiente a abóbada não possui acabamento (Figura 3a). O processo de fabricação do arco deve ser de baixo para cima (Figura 3b). As abóbadas cruzadas podem ter configuração conforme as Figura 3c a 3f.

Figura 3 - Abobadas cruzadas



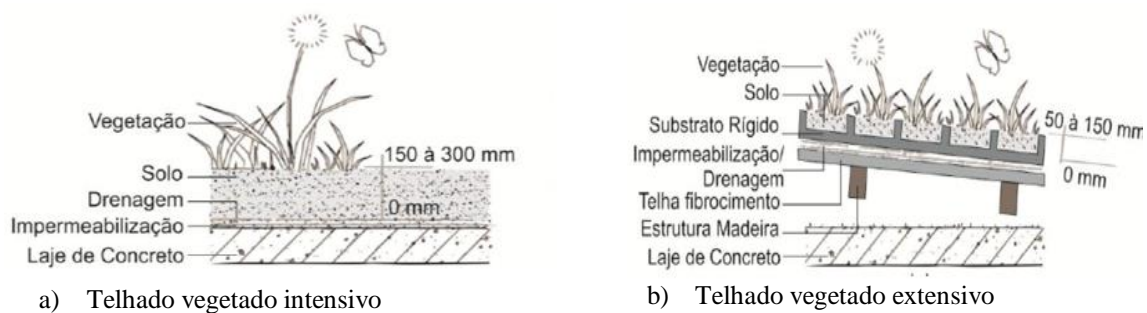
Fonte: Adaptado de Lengen (2004).

### 3.4 Telhado verde

Segundo Rosseti *et al.* (2013), o telhado verde pode ser encontrado de duas maneiras: extensivo (Figura 4a) e intensivo (Figura 4b).

O telhado vegetado extensivo é caracterizado por uma vegetação que após finalizada não necessita de manutenção constante. A camada do substrato contém aproximadamente 10 cm, e as plantas são rasteiras, como, por exemplo, as gramíneas. Necessita de uma camada drenante como o fito de eliminar a camada de água excedente, a qual pode ser captada, possibilitando a reutilização. Já o telhado verde intensivo necessita de cuidados posteriores como a rega, o uso de fertilizantes e a poda. A camada de terra do solo é mais espessa para que se mantenha a sustentação da flora.

Figura 4 - Telhado verde (a) e camada de telhado verde com jardinagem (b)



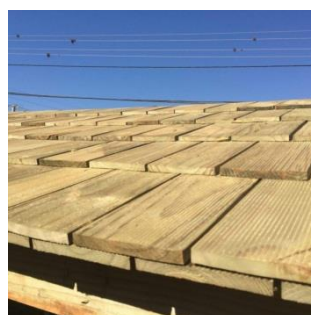
Fonte: Adaptado de Thompson (2010).

A cobertura é a fração da moradia em que ocorre a maior transferência de calor, sendo que diferentes estilos de cobertura provocam distintos confortos térmicos na habitação. De acordo com Parizotto e Lamberts (2011), a construção de um telhado verde provoca grandes impactos no desempenho térmico da edificação, uma vez que diminui a temperatura no ambiente interno da construção e conseqüentemente o uso de recursos energéticos para regiões de elevada temperatura. Estes sistemas não são avaliados em termos de desempenho físico e mecânico pois isso fica a cargo da estrutura que recebe o telhado verde.

### 3.5 Telhas de madeira

Lessa (2009) trata das telhas de madeira, denominadas taubilhas, que podem ser artesanais ou industrializadas (Figura 5). No caso desse estudo, foram produzidas com madeira Pinus provenientes de áreas de manejo florestal.

Figura 5 – Taubilhas, detalhe da sobreposição no beiral frontal



Fonte: TW Brasil.

Para a impermeabilização da telha contra agentes biológicos, usa-se o composto químico Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), um preservativo de madeira a base de oxido

hidrossolúvel, composto de cobre, cromo e arsênio, que possui, ainda, ação fungicida e inseticida, protegendo a madeira a ataques de organismos deterioradores de madeira.

Também se faz necessário o uso de mantas de impermeabilização, geralmente aluminizada nas duas faces, além de um reforço de polietileno no meio. Essa manta não propaga fungos, bactérias e fogo e possui boa resistência ao rasgo e é disponível comercialmente.

No processo produtivo industrializado da taubilha, a priori, utiliza-se de um processo manual de transformação das tábuas de Pinus de 14 cm de largura por 3 cm de espessura em telhas e, a posteriori, consiste na impermeabilização da telha. Para a impermeabilização da telha é necessário que essa contenha uma umidade abaixo de 35%. Em seguida as tábuas passam por um processo de seleção e corte para que, no final possuam a mesma espessura (1,5 cm) e largura, com presença de ranhuras. Após esse processo, aplica-se o gabarito de dimensões de 48x14x1,5cm, com algumas variações.

Em seguida as telhas são levadas para o tratamento em autoclave. Inicia-se o processo de sucção de qualquer umidade e ar ainda presentes na madeira, com injeção do CCA até a total saturação da madeira. No final, há um vácuo para retirar o excesso do produto da superfície.

A autora desse trabalho afirma que a resistência a ruptura a flexão é a mesma apresentada pela madeira Pinus Taeda. A resistência pode ser satisfatória, de acordo com seus fabricantes, além de ter um teor de 35% menor de absorção de água, sendo que seu peso final é de 0,6000 kg. Sua coloração final é esverdeada, porém a telha aceita tinta de acabamento.

Em situações não industriais, a taubilha é rústica, cortada no sentido do comprimento das fibras da madeira, sem passar pelo processo de tratamento, o que lhe confere menor durabilidade, mas desempenho satisfatório.

A produção de telhas de madeiras artesanais no Brasil, popularmente conhecida como cavacas, foi de Pinheiro *et al.* (2012), que afirmam sobre a importância de utilizá-la em ambientes rurais, uma vez que são ecologicamente viáveis. Dentre seus benefícios cita o melhor isolamento térmico proporcionado pela madeira se comparado às telhas de zinco ou fibrocimento, custo diminuto e a dispensa de gastos com transporte.

### 3.6 Cobertura de bambu

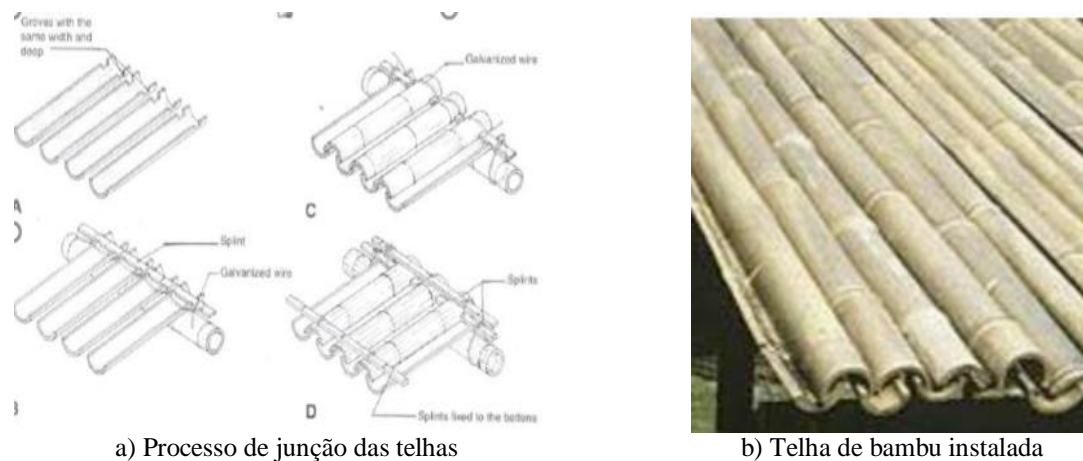
O sistema de cobertura de bambu é apresentado no estudo de Noia (2012), que o indica para regiões da baixa pluviometria, uma vez que se não tratado, não possui características impermeabilizantes.

Com técnica construtiva simples, a cobertura de bambu baseia-se na própria geometria do colmo, formando um sistema de capa-canal. A priori secciona-se longitudinalmente o colmo, desobstruindo o diafragma, formando meias canas, que são utilizadas como capa e canal. É importante destacar que as telhas de bambu devem, ser amarradas uma a outra por arame galvanizado para que não se movimentem devido a intensidade do vento (Figura 6).

No trabalho de Almeida e Passini (2013), os autores destacam a espécie *Dendrocalamus giganteus* sp., tratada com uma imersão em 3% de uma solução de borato de cobre cromado, por 24 horas. Após esse processo os bambus foram cortados ao meio.

É interessante salientar que a cobertura de bambu apresentou um desempenho térmico satisfatório em relação a outras coberturas, especialmente às 14h. (horário crítico), no qual foi possível observar a redução da temperatura interna do ambiente com cobertura em bambu. Esse trabalho ressalta a importância de promover a impermeabilização do bambu para sua aplicação em coberturas.

Figura 6 - Cobertura de bambu



a) Processo de junção das telhas

b) Telha de bambu instalada

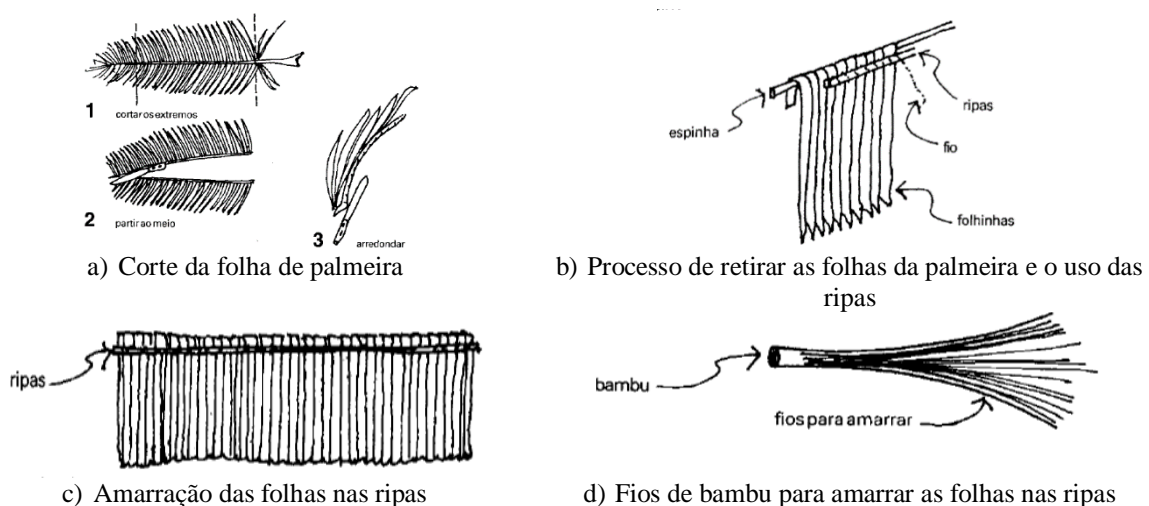
Fonte: Adaptado de Noia (2012).

### 3.7 Coberturas de palha

No âmbito de coberturas de palha, foram encontradas escassas pesquisas sobre o processo de composição e moldagem do telhado, sendo a maioria relacionada às casas indígenas. No entanto, o arquiteto Van Lengen (2004) relata o processo de execução dessa cobertura.

Inicialmente, cortam-se as extremidades da folha, parte-se a folha ao meio no talo, com o fito de não cortar as mãos do fabricante (Figura 7a). Em seguida, separam-se as folhas do talo, posicionando-as dobradas sobre ele (Figura 7b). Com duas ripas, as folhas devem ser amarradas com um fio (Figura 7c), podendo ser usado fio de bambu cortado bem fino (Figura 7d). Ao usar-se as esteiras para cobrir o telhado, deve-se sobrepor umas às outras, em pelo menos um terço do comprimento (Figura 7e). Por fim, para reforçar a cobertura da cumeeira, propõe-se que as cubram com taquara amarradas e, então, passam-se cordas pelas esteiras por dentro do telhado, deixando-as bem firmes (Figura 7f).

Figura 7 – Cobertura de palha

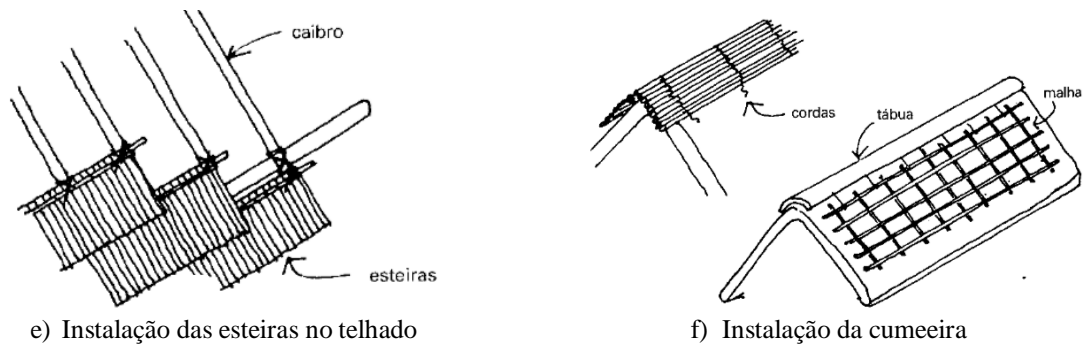


a) Corte da folha de palmeira

b) Processo de retirar as folhas da palmeira e o uso das ripas

c) Amarração das folhas nas ripas

d) Fios de bambu para amarrar as folhas nas ripas



e) Instalação das esteiras no telhado

f) Instalação da cumeeira

Fonte Adaptado de Lengen (2004).

### 3.8 Telhas de barro sem queima

Ciaccio *et al.* (2017) salienta a necessidade de utilizar fontes de matérias que não abusem do consumo de energia e Sheng *et al.* (2017) descreve o modo de fabricação de uma telha sem queima, a partir de compostos de fosfogipso reforçadas com sulfato de cálcio. No referido processo ocorre hidratação por prensagem intermitente. O reforço da resistência mecânica é devido à adição de sulfato de cálcio, o qual atua como ligante formando cristais de gesso. Esse material é de grande valor para o processo de formação de telhas suportando uma flexão de até 18,9MPa. Porém, as propriedades mecânicas ainda possuem imperfeições para a indústria manufatureira (Figura 8a).

Também foi abordado um estudo experimental sobre o reforço do fosfogipso para aumentar a resistência mecânica da telha cerâmica com adição de sulfato de cálcio, concluindo que a resistência a flexão pode chegar a 27,2MPa, ocorrendo um aumento de 80% em relação às telhas sem adição.

Também segundo Zhou *et al.* (2015), propôs a fabricação de uma telha cerâmica não queimada com um modulo de ruptura maior que 19Mpa, com a incorporação de gesso em seu traço, sendo que essa telha cerâmica não queimada somente poderá ser utilizada em paredes interiores, sendo assim, serão obtidos ladrilhos cerâmicos não cosidos a base de gesso, no referido artigo foi retratado todo o processo de fabricação da telha cerâmica (Figura 8b). Sendo que nos primeiros sete dias a referida telha atingiu 18,2 Mpa e a cura a água a 90 dias foi de 0,99.

Figura 8 - Telha cerâmica não queimada



(a) Superfície e secção de fratura da telha cerâmica não queimada.

Fonte: Adaptado de Sheng *et al.* (2017).



(b) Telha cerâmica com reforço de gesso não queimada.

Fonte: Adaptado de Zhou *et al.* (2015).

### 3.9 Radar da Ecoinovação

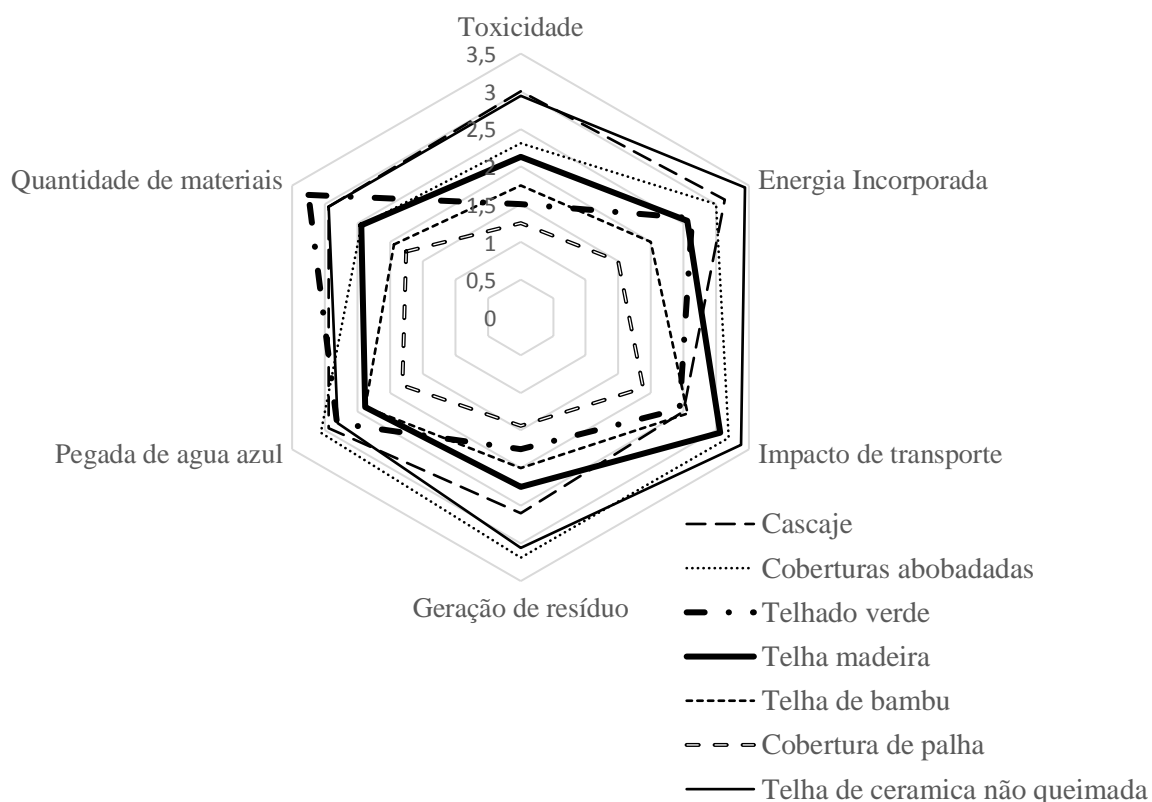
Os formulários eletrônicos foram enviados a 55 especialistas e obtidas 19 respostas significativas, das quais optou-se por apresentar apenas as tipologias de telhas e sistemas de coberturas que não requerem equipamentos ou instalações especiais para sua execução, uma vez que isso seria fator dificultador de sua aplicação como tecnologia social. Assim, foram selecionadas: cascaje, telhado abobadado, telhado verde, telhas de madeira, telhas de bambu e coberturas de palha (Tabela 2, Figura 17).

Tabela 2 - Grau de sustentabilidade das telhas e sistemas de coberturas

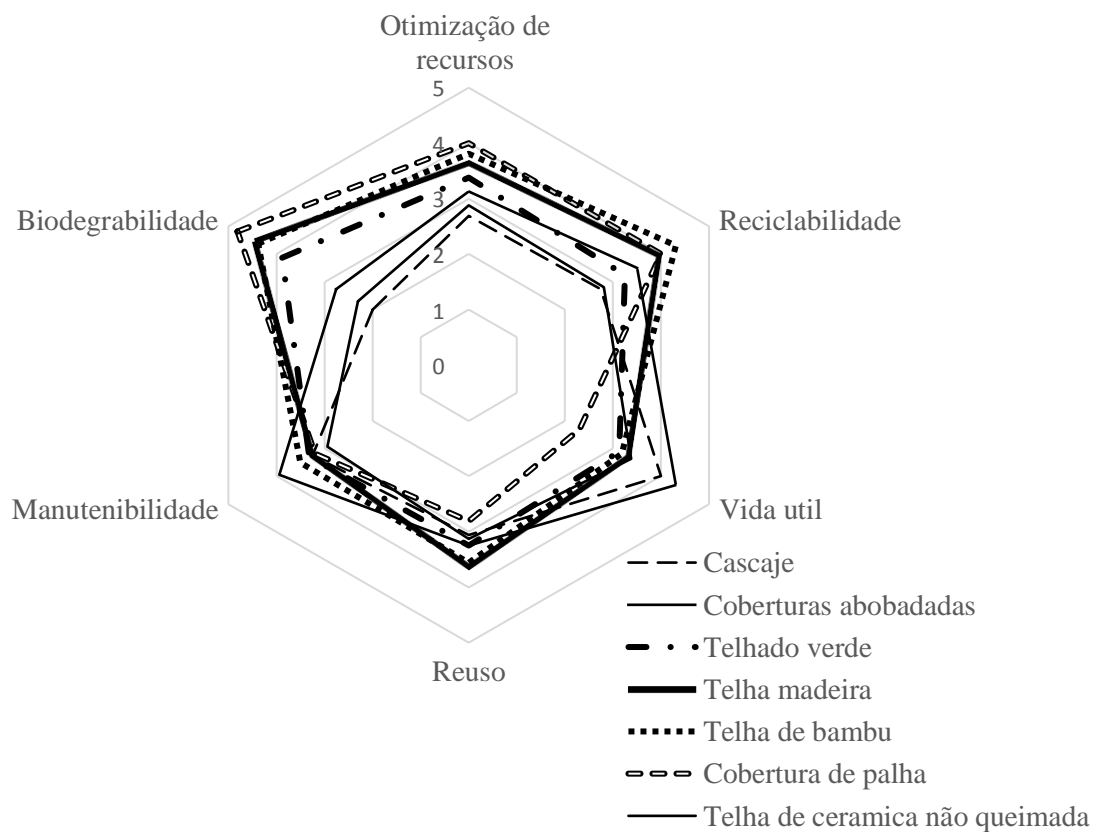
	Categorias	Telha não queimada	Cascaje	Coberturas abobadadas	Telhado verde	Telha de madeira	Telha de bambu	Cobertura de palha
IA negativos	Toxicidade	2,94	3,00	2,31	1,50	2,13	1,75	1,25
	Energia Incorporada	3,44	3,13	3,00	2,63	2,56	2,00	1,50
	Impacto de transporte	3,38	2,50	3,19	2,44	3,06	2,56	1,88
	Geração de resíduo	3,06	2,60	3,19	1,75	2,25	2,00	1,44
	Pegada de água azul	2,8	2,94	3,06	2,81	2,38	2,38	1,81
	Quantidade de materiais	2,94	2,94	2,44	3,25	2,44	1,94	1,75
	$\Sigma IA^-$	18,56	17,11	17,19	14,38	14,82	12,63	9,63
IA positivos	Otimização de recursos	2,88	2,69	3,13	3,38	3,63	3,81	4,00
	Reciclabilidade	2,81	2,75	3,50	3,25	3,94	4,31	4,00
	Vida útil	3,38	4,00	4,31	3,13	3,31	3,19	2,31
	Reuso	3,13	3,06	3,25	3,25	3,63	3,56	2,81
	Manutenibilidade	2,94	3,25	3,94	3,31	3,25	3,50	3,19
	Biodegradabilidade	2,31	2,00	2,75	3,88	4,44	4,38	4,81
	$\Sigma IA^+$	17,45	20,71	24,36	23,57	25,90	26,54	24,64
	<b>Reco</b>	-1,11	3,60	7,17	9,19	11,08	13,91	15,01

A cobertura de palha é a de melhor desempenho no Radar da Ecoinovação (Reco=15,01), pois possui o menor impacto ambiental negativo ( $\Sigma IA^-$ =9,63) e, também, o maior impacto ambiental positivo ( $\Sigma IA^+$ =24,64). Obteve menores pontuações nos critérios de vida útil, reuso e manutenibilidade, devido à sua limitada durabilidade e uma vez apresentando problemas de vazamento, considerando seu baixo custo e disponibilidade, a melhor opção é trocar o material. Destaca-se sua baixa toxicidade e elevada otimização de recursos. Observa-se a dificuldade de entendimento do termo reciclabilidade, no qual obteve elevada pontuação, sendo que, no entanto, não possui essa característica, pois após seu descarte como cobertura, está seca e não se destina a nenhum propósito, que não a deposição no meio ambiente, sendo totalmente biodegradável, característica essa, que, por sua vez, apresentou a maior pontuação dentre todas as demais tipologias.

Figura 9 – Desempenho das telhas e sistemas de coberturas



a) Critérios de impacto ambiental negativo



b) Critérios de impacto ambiental positivo

O pior desempenho foi atribuído à telha cerâmica não queimada (Reco= -1,11), bem como as maiores pontuações nos critérios de energia incorporada e impacto de transporte, por conter composto de fosfogipso e sulfato de cálcio e por utilizar-se de formas. Dentre os critérios de impacto positivo, obteve as menores pontuações nos itens de otimização de recursos, reciclabilidade e biodegradabilidade, alinhado com a justificativa de sua composição.

As coberturas abobadadas geram muito resíduos, possuem elevado impacto no transporte dos tijolos, de energia incorporada e pegada de água, por consumirem água e necessitarem de queima na sua matéria prima, que é o tijolo cerâmico. O Radar da Ecoinovação ficou em 7,17, só perdendo em desempenho para a cascaje.

O telhado verde obteve a pior pontuação no critério Quantidade de materiais, uma vez que necessita de impermeabilização, camadas de substrato, adubos e as próprias plantas. Seu Radar da Ecoinovação é mediano (Reco=7,17).

As telhas de madeira e de bambu obtiveram Radar da Ecoinovação iguais a 11,08 e 13,91, respectivamente. Seus impactos positivos são semelhantes ( $\Sigma IA^+ = 25,90$  e  $26,54$ , respectivamente), pois são materiais disponíveis no local, com possibilidade de reuso e reciclagem. A telha de madeira obteve pior desempenho no critério Quantidade de materiais, entendendo-se aqui, que não se refere à variedade destes, mas sim, às diversas camadas necessárias para se obter adequada sobreposição das peças que impeça vazamentos. Quanto aos impactos do transporte, também foi pior avaliada que a telha de bambu, o que varia com as características geográficas e de cobertura vegetal de cada localidade.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de revisão sistemática identificaram-se tipologias de telhas e sistemas de coberturas habitacionais, evidenciando as vantagens ecológicas do processo de construção desses telhados.

Destarte, o processo de escolha do melhor tipo de telhado apresentado para sua aplicação em habitações rurais irá depender da região que a moradia será construída, assim como das matrizes presentes no meio, para que não se busque recursos fora da região, não prejudicando o ecossistema da região. Aponta-se, aqui, o potencial do uso de tipologias associadas, tais como palha e madeira ou bambu e madeira, cujo Radar da Inovação indica serem materiais com elevados critérios de sustentabilidade.

#### AGRADECIMENTOS

Agrademos ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPQ, pela concessão da bolsa de iniciação científica para a realização desta pesquisa.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E., PASSINI, R. Thermal Comfort In Reduced Models Of Broilers' Houses, Under Different Types Of Roofing Materials. Universidade Estadual de Goiás. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.11, p.19-27, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000100003>

ANTONIO, G. BENATTI, K. FERREIRA, R. BOLSONI, V. **Arquitetura Indígena**. Trabalho acadêmico apresentado a disciplina de Tecnologia da Edificação (Graduação). 51f. Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15575**. Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.



BACHMANN, D. L., & DESTEFANI, J. H. **Metodologia para estimar o grau das inovações nas MPE.** Curitiba: SEBRAE, 2008. Disponível em: <<http://www.bachmann.com.br/website/documents/ArtigoGraudeInovacaonasMPE.pdf>>. Acesso em: 04 de abr. 2019.

BARBOZA, C. SALES, A. ALMEIDA, R. CARCERES, E. SILVA, V. Relação entre o ambiente construído tradicional indígena e as atuais edificações dos Guarani-Kaiowá em Dourados-MS/Brasil. Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável: Contrastes, Contradições e Complexidades - Pluris. 2016, v. 7, Maceió, AL. **Anais...** Maceió/AL: Viva, 2016, p.01-12.

BIMBATI, T. A. V. **Por que os recicláveis não são reciclados? – uma abordagem de reciclabilidade de materiais na cadeia produtiva**, 2017. Dissertação (Mestrado). 172f. Pós-graduação em Engenharia Civil na área de concentração de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, 2017.

BOTELHO, L. L. R. CUNHA, C. C. A. MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e sociedade**, v. 5, n. 11, p.121-136, 2011. <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>

BRASIL. Lei nº 12.188, de 11 de janeiro de 2010. Institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária - PNATER. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112188.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112188.htm). Acesso em: 05 de nov. 2018.

CATUZZO, H. **Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O Caso da Cidade de São Paulo.** 2013. Tese (Doutorado) 206f. Doutorado em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CIACCO, E. F. S. ROCHA, J. R. COUTINHO, A. R. The energy consumption in the ceramic tile industry in Brazil. Elsevier Science. **Applied Thermal Engineering**, v. 113, p.1283-1289, 2017. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.11.068

COMISSAO EUROPEIA. **EcoInovação: o segredo da competitividade futura da Europa.** Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/ecoinnovation/pt.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**, 2009. Monografia (Graduação). 70f. Graduação em construção civil, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

EFFTING, E. **Construção Civil Sustentável: Um estudo sobre a utilização do bambu**, 2017, Monografia (Graduação). 107f. Graduação em Engenharia Civil) Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

FIORELLI, J. MORCELI, J. VAZ, R. DIAS, A. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada a base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v. 13, n. 2, p.204-209, 2009. ISSN 1807-1929. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n2/v13n02a15.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000200015>.

GALDINO, Y. S. N. SILVA, C. J. “A casa Pantaneira- Morada Tradicional de uma Comunidade Ribeirinha do Pantanal Mato-grossense”. **Encontro Nacional e II Encontro Latino americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis- ELECS**. Campo Grande, 2007, n. 4, p.1276- 1285.

HINNING, J. P. ORIQUES, D. HOLLAS, I. J. Protótipo de Telhado Verde: Aliando Conhecimentos em Prol da Educação Ambiental. **Revista de Monografias Ambientais do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Remoa: Santa Maria, v. 14, ed. especial, p. 79-83, 2015. ISSN: 22361308. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/18740/pdf>. Acesso em: 20 jul. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236130818740>

HOEKSTRA, A. Y. CHAPAGAIN, A. K. ALADAYA, M. M. MEKONNEN, M. M. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica**: estabelecendo o padrão global. São Paulo: Earthscan, 2011.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL – ITS. Reflexões sobre a construção do conceito de tecnologia social. In: DE PAULO, A. *et al*. **Tecnologia social**: uma estratégia para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. P. 117 – 135.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. **Crédito de instalação**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/credito-instalacao>>. Acesso em: 26 dez. 2018.

LAGES, V. N. Agrobiodiversidade: entre natureza e cultura. In: BASTOS FILHO, J. B.; AMORIN, N. F. M.; LAGES, V. N. (Org.). **Cultura e Desenvolvimento**. Maceió: PRODEMA/UFAL, 1999.

LEITE, S. HEREDIA, B. MEDEIROS, L. PALMEIRA, M. CINTRÃO, R. **Impactos dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro**. 1 ed. Brasília: Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural- NEAD; São Paulo: Unesp. 2004. 391p.

LENGEN, V. J. **Manual do arquiteto descalço**. Porto Alegre: Livraria do arquiteto. 2004. P. 248-259; 316-319.

LESSA, M. L. S. **Crítérios de sustentabilidade para elementos construtivos- um estudo sobre telhas “ecológicas” empregadas na construção civil**, 2009, Dissertação (Mestrado). 153 f. Mestrado em engenharia ambiental e urbana) Universidade Federal da Bahia, 2009.

MENDONÇA, R. M. BARCA, O. G. ANDREASI, W. A Análise do desempenho térmico de telhas produzidas de resíduo de construção e demolição. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), n.13, Canela, 2010. **Anais[...]** Canela: ENTAC, 2010.

MORANDI, M., CAMARGO, L. Revisão sistemática da literatura. In: DRESH, A. LACERDA, D. P. ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Desing science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman. 2015. P. 141- 170.

NOIA, P. R. C. **Sustentabilidade socioambiental**: Desenvolvimento de sistemas construtivos em bambu no Vale do Ribeira, SP, 2012, 203 f. (Dissertação de mestrado em arquitetura e urbanismo) Universidade de São Paulo, São Paulo.

NUMAZAWA, C. T. D. **Arquitetura Japonesa no Pará**: Estudo de caso em edificações de técnica construtiva que favoreceu uma maior durabilidade de arquitetura em madeira no município de Tomé-Açú, 2009, Dissertação (Mestrado). 117f. Mestrado em sistemas e processos construtivos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

PARIZOTTO, S. LAMBERTS, R. Investigation of Green Roof Performance in Temperature Climate: A case Study of an Experimental Building in Florianopolis City, Southern Brazil. **Journal of Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 43, p. 1712-1722, 2011.

PASSOS, P. R. A. **Destinação sustentável de casas de coco (Cocos nucifera) verde**: Obtenção de telhas e capas de partículas, 2005, 186 f. (Tese de doutorado em ciências em planejamento energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PETERS, H. A. R. TOXOPEUS, M. E. JAUREGUI-BECKER, J. M. DIRKSEN, M. O. Prioritizing ‘Design for Recyclability’ Guidelines, Bridging the gap between recyclers and product developers. In: **19 CIRP International Conference on Life Cycle Engineering**. Leveraging Technology for a Sustainable World. University of California at Berkeley: Berkeley, 2012.

PINHEIRO, C., RUGGIERO, J. K. C., SOUZA, B., BITTENCOURT, P. G., LENTINI, M. W. **Produção de telhas de madeira (cavacos) por comunidades rurais da Amazônia: uma alternativa de renda para o pequeno produtor florestal no manejo florestal comunitário e familiar**. **Boletim Técnico**. Instituto floresta tropical - IFT, 2012. Disponível em: <<http://ift.org.br/download/material-tecnico/>>. Acesso em: 20 set. 2018.

PINHEIRO, J. Q., FARIAS, T. M., ABE-LIMA, J. Y. **Painel de Especialistas e Estratégia Multimétodos: Reflexões, Exemplos, Perspectivas**. *Psico*. v. 44, n. 2, p. 184-192, 2013. ISSN:1980-8623. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistapsico/article/view/11216>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

RAMOS, S. L. **Do barro ao barro: uma leitura simbólica do processo de urbanização da cidade de São Joao Del- Rei**, 2015, Monografia (Graduação). 58f. Monografia em artes aplicadas, Universidade Federal de São Joao Del- Rei, 2015.

ROSSETI, K. A. C. DURANTE, L. C. CALLEJAS, I. J. A. NOGUEIRA, M. C. J. A. NOGUEIRA, J. S. Abordagens sistêmicas dos efeitos da implantação de telhados vegetados. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium**, Ituiutaba, v. 4, n. 1, p. 55-77, jan/jun. 2013. ISSN: 2179 – 2321. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/21023>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

SACHS, I. **Espaços, tempos e estratégias de desenvolvimento**. São Paulo: Vértice, vol. 1, 1986. 224p.

SANCHÉZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SATTLER, M. A. ZANIN, N. Z. A construção do futuro. In: *Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, n. 11, 2006, Florianópolis. **Anais... Abrigo Na Natureza: Sustentabilidade na Habitação Myyá-Guarani Frente às Intervenções Externas**. Florianópolis. 2006. p. 3915-3924.

SHENG, Z. ZHOU, J. SHU, Z. YAKUBU, Y. WANG, W. WANG, Y. Calcium sulfate whisker reinforced non-fired ceramic tiles prepared from phosphogypsum. Elsevier. **Boletim de la sociedade espanola de Cerámica y Vidrio**, v. 57, n. 2, p.73-78, 2018. doi: 10.1016/j.bsecv.2017.09.005

SILVA, V. P. R. ALEIXO, D. O. DANTAS NETO, J. MARACAJÁ, K. F. B. ARAUJO, L. E. Uma medida de sustentabilidade ambiental: pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p.100-105, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000100014

SOLETA. **Technical details**. Disponível em: <<https://www.soleta.ro/soleta-four-plus-em>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

TEIXEIRA, M. G. CÉSAR, S. F. Ecologia industrial e eco-design: requisitos para a determinação de materiais ecologicamente corretos. **Revista Design em Foco**, Bahia: Universidade do Estado da Bahia, v. 2, n°1, p. 51-60, jan/jun, 2005. ISSN: 1807-3778. Disponível em: [http://portal.faculdedadacidade.edu.br/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=2&...](http://portal.faculdedadacidade.edu.br/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=2&...) Acesso em: 17 jul. 2018.

THOMPSON, B. **The green roof at the Minnesota landscape arboretum**, 2010. Disponível em: <[http://www.arboretum.umn.edu/green\\_roof.aspx](http://www.arboretum.umn.edu/green_roof.aspx)>. Acesso em: 16 jul. 2018.

TIBÁRQUITETOS. **Projetos**. Disponível em: <<http://tibarose.com/?lang=por>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

TORGAL, F. JALALI, S. Energia incorporada em materiais de construção versus energia operacional. **Revista Internacional Construlink**, Portugal, v. 9, n. 27, p. 05-12, jun. 2011. ISSN: 1645-5576. Disponível em: <[https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/14870/1/RIC\\_27\\_A01\\_08\\_2011.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/14870/1/RIC_27_A01_08_2011.pdf)>. Acesso em: 06 set. 2018.

TORGAL, F. P. JALALI, S. Toxicidade de materiais de construção: uma questão incontornável na construção. **Ambiente construído**. v. 10, n. 3, p.41-53, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000300003>.

TUAN, Yi-Fu. *Espaço e lugar: a perspectiva da experiência*. São Paulo: Difel, 1983. P. 113-122.

UHMANN, I. M. S. TAVARES, S. F. Avaliação do Desempenho Ambiental na Utilização de Telhados Verdes Extensivos em Escolas Públicas do Paraná. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil – REEC**, v. 13, n. 1, p.209-218, 2017. doi: <https://doi.org/10.5216/reec.v13i1.41372>.

VIEIRA, C. SOARES, T. MONTEIRO, S. Massas cerâmicas para telhas: características e comportamento de queima. **Revista da Associação Brasileira de Cerâmica**, v. 49, n. 312, p.245-250, 2003. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132003000400009>.

WEIMER, G. Evolução da Arquitetura Indígena. **Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul**, 2014. Disponível em: <https://www.ihgrgs.org.br/artigos/membros/G%C3%BCnter%20Weimer%20-%20Evolu%C3%A7%C3%A3o%20da%20Arquitetura%20Ind%C3%ADgena,%202014.pdf> . Acesso em: 05 set. 2018.

WILLES, J. **Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema**. 2014, Tese (Doutorado). 70 f. Tese de doutorado em fitotecnia, Universidade de São Paulo, 2014.

YE, L. HONG, J. MA, X. QI, YANG, C. Life cycle environmental and economic assessment of ceramic tile production: A case study in China. **Journal of Cleaner Production**, v.189, p.432-441, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.112>.

ZHOU, J. SHU, Z. LI, T. YU, D. SHENG, Z. WANG, Y. Novel fabrication route for non-fired ceramic tiles only using gypsum. **Ceramics International**, v. 41. Ed. 7, p.9193-9198. ago. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.03.164>