

Universidade Brasil  
Curso de Engenharia Civil, Campus Descalvado

CESAR LUIS MORAES

**APLICAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA  
CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO  
MUNICÍPIO DE DESCALVADO – SP: UM ESTUDO DE CASO**

APPLICATION OF SUSTAINABLE MATERIALS FOR HOUSEHOLD  
CONSTRUCTION IN DESCALVADO –SP: A CASE STUDY

DESCALVADO

2016

Cesar Luis Moraes

**APLICAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO DE UMA  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE DESCALVADO – SP: UM  
ESTUDO DE CASO**

Orientadora: Prof.(a.). Msc. Vera Lúcia Monelli Sossai

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Brasil, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Descalvado, SP

2016

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste TCC, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura do aluno:

Data:

**CESAR LUIS MORAES**

**APLICAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA  
CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
NO MUNICÍPIO DE DESCALVADO – SP: UM ESTUDO  
DE CASO**

**Trabalho de Conclusão  
apresentado como exigência para  
a obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Civil, à  
Universidade Camilo Castelo  
Branco - Unicastelo, desenvolvido  
sob a orientação da professora  
Msc. Vera Lúcia Monelli Sossai.**

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_\_ de 2016.  
Com Nota \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

\_\_\_\_\_  
Prof. Orientador (nome)

\_\_\_\_\_  
Prof. Convidado (nome)

\_\_\_\_\_  
Prof. Convidado (nome)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e me mostrando o caminho correto a ser seguido.

Obrigado, se obtive êxito em minha busca o motivo são vocês.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por me capacitar e me dar forças para vencer todas as dificuldades que foram impostas durante o curso, pela sabedoria concebida a mim para que eu pudesse conquistar mais uma etapa na minha vida acadêmica.

A minha **família**, que foi a base para minha conquista, me orientando, ajudando, doando seu tempo para a realização de meu sonho.

A minha **namorada**, por estar ao meu lado nos momentos alegres e nos difíceis que houveram durante esta caminhada.

A minha **orientadora**, professora Vera Lúcia Monelli Sossai, por me auxiliar, me amparar nos momentos de dúvida e mostrando o caminho para o sucesso.

A meus **amigos**, que viveram esta feliz jornada comigo, dando muitas risadas, e nas situações adversas estavam presentes apoiando.

Ao **proprietário da obra** meu grande amigo Júlio Cesar da Silva, por sua amizade e companheirismo presentes durante todos esses anos, agradeço também por me disponibilizar parte de seu sonho para que eu pudesse concluir com o meu.

Obrigado a todos!

## **EPIGRAFE**

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento.”

Albert Einstein

## RESUMO

A sociedade atual necessita cada vez mais empregar e vivenciar a sustentabilidade no seu dia-a-dia, para que haja uma garantia de um mundo próspero para as futuras gerações. Diante deste fato, o setor de engenharia civil que participa com uma grande parcela nos fatores que impactam o meio ambiente, necessita da adoção de novas técnicas e formas de se construir sem agredir o planeta Terra. O principal objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento de materiais na construção de uma residência unifamiliar com caráter sustentável, utilizando materiais e técnicas existentes no mercado. O trabalho buscou através de revisão bibliográfica selecionar a melhor opção na substituição de materiais comumente usados nas construções atuais, tendo estes que atender as necessidades estruturais, estéticas e financeiras da obra. Como estudo de caso adotou-se uma residência que não apresentasse em sua elaboração traços sustentáveis, para assim sugerir e avaliar a viabilidade da utilização de materiais sustentáveis na construção desta obra. Constatou-se que a utilização de materiais sustentáveis em uma residência unifamiliar, não expressa uma grande participação no custo final da obra, sendo os maiores responsáveis por aumento nos custos os equipamentos que geram energia com a captação solar e o sistema de captação de água, pois têm um grande impacto financeiro a curto prazo, no entanto, se pagam ao médio e longo prazo. Os materiais sugeridos deram o suporte necessário para alcançar os requisitos estruturais e puderam atender a funcionalidade e estética da obra, demonstrando que a não utilização desses materiais está diretamente ligada à falta de informação e conhecimento da sociedade e, não por uma questão de inviabilidade estrutural, estética e econômica.

**Palavras-chaves:** construção sustentável, material sustentável e sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

The Modern society needs more and more to employ and experience sustainability daily, in order to assure a better and a prosperous world for the future generations. Before this fact, the civil engineering sector contributes with a large portion of the factors that affect the environment, as it requires the adoption of new techniques and ways to build without harming the planet. The main objective of this study is to raise materials for the construction of a single-family residence with sustainable nature, using existing materials and techniques in the market. This study sought through literature review selecting the best option to replace materials currently used in existing buildings, and those that meet the structural requirements, aesthetic and financial of the construction. As a case study we adopted a residence not built with sustainable materials, thus to suggest and evaluate the feasibility of using sustainable materials in its construction. It was found that the usage of sustainable materials in a single-family residence, does not express a large stake in the final cost of the construction. It may be at the beginning the most expensive cost, such as energy solar heating and water collection system, however they have a payback in the medium and long term. The suggested materials were supportive to achieve the structural requirements of the construction and could meet the functionality and aesthetics of it, showing that the non-usage of these materials is direct linked to the lack of information and knowledge, and not for the sake of structural infeasibility, aesthetic and economic.

**Keywords:** sustainable construction, sustainable materials and sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interação dos três pilares do desenvolvimento sustentável.....	16
Figura 2 –Dimensões consideradas críticas por World Resources.....	16
Figura 3 – Dimensões do conceito de desenvolvimento sustentável.....	17
Figura 4 – Modelo genérico de uma ferramenta de suporte à concepção de edifícios sustentáveis. ....	21
Figura 5 – Símbolo verde de reciclagem.....	22
Figura 6 –Tijolo solo-cimento, maciço e de dois furos.....	24
Figura 7 –Prensa de Tijolo solo-cimento.....	25
Figura 8 –Construção usando madeira em sua esquadria.....	28
Figura 9 – Divisão da água no planeta.....	32
Figura 10 –Esquema básico do aproveitamento das águas de chuva. ....	34
Figura 11–Esquema de obtenção de energia através de placas solares.....	36
Figura 12 –Esquema de funcionamento dos painéis solares no aquecimento de água.....	38
Figura 13 – Vista frontal da residência.....	40
Figura 14 –Vista da cozinha; Residência de estudo de caso.....	40
Figura 15 –Vista do banheiro; Residência de estudo de caso.....	41
Figura 16 –Tijolo utilizado na obra.....	42

Figura 17 – Parede feita com tijolo de solo cimento.....	42
Figura 18 – Vantagens do tijolo solo-cimento.....	43
Figura 19 – Telhado com telhas de cerâmica, vista por cima.....	43
Figura 20 – Telhado com telha de cerâmica, vista por baixo.....	44
Figura 21 – Telhas Onduline, várias cores para aplicação.....	44
Figura 22 – Esquadria metálica aplicada na obra.....	45
Figura 23 – Opções de portas e janelas em madeira.....	46
Figura 24 – Piso cerâmico aplicado na obra.....	47
Figura 25 – Piso de bambu aplicado em residências.....	47
Figura 26 – Placas fotovoltaicas para geração de energia elétrica.....	49
Figura 27 – Sistema aquecedor de água.....	49

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Comparativo de materiais usados e sugeridos.....	50
Tabela 2 – Comparativo de custo dos materiais.....	51
Tabela 3 – Fonte dos valores pesquisados na tabela 2.....	52

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono.
<b>COV's</b>	Compostos orgânicos voláteis.
<b>NBR</b>	Norma brasileira.
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas.
<b>PVC</b>	Policloreto de vinila.
<b>UV</b>	Radiação ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivo Específico.....	14
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
3.1 Desenvolvimento Sustentável.....	15
3.2 Construção Sustentável.....	18
3.3	Arquitetura
Sustentável.....	19

3.4 Materiais sustentáveis.....	21
3.4.1 Tijolo.....	22
3.4.1.1 Bloco de cerâmica.....	22
3.4.1.2 Bloco de concreto.....	23
3.4.2 Tijolo de solo cimento: Matéria prima ecológica.....	24
3.4.3 Telhas.....	25
3.4.3.1 Telha de fibra vegetal: Matéria prima ecológica.....	25
3.4.4 Esquadrias.....	26
3.4.4.1 Esquadria de Madeira: Matéria prima sustentável.....	27
3.4.5 Revestimento.....	28
3.4.5.1 Revestimento de paredes.....	28
3.4.5.2 Revestimento de Pisos.....	29
3.4.5.3 Revestimento de Tetos (Forros).....	29
3.4.5.4 Piso de Bambu: Revestimentos ecológicos.....	29
3.4.5.5 Tinta ecológica mineral: Revestimentos ecológicos.....	30
3.4.6 Água.....	31
3.4.6.1 Captação de água: Sistema de reuso da água da chuva.....	33
3.4.7 Energia.....	34
3.4.7.1 Energia alternativa: Uso da energia solar .....	35
3.4.7.2 Painel solar para energia elétrica: Fonte de energia sustentável.....	35
3.4.7.3 Painel solar para aquecimento de água: Fonte de energia sustentável.....	36
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>
4.1 Coleta de dados.....	39

4.2	Estudo	de	
caso.....			39
4.2.1	Comparação	dos	
materiais.....			41
4.2.1.1			
Tijolo.....			41
4.2.1.2	Telha.....		43
4.2.1.3	Esquadrias.....		45
4.2.1.4	Revestimento.....		47
4.2.1.4.1	Piso.....		47
4.2.1.4.2	Pintura.....		48
4.2.1.5	Captação	de	
água.....			48
4.2.1.6	Sistema de energia elétrica por placa solar.....		48
4.2.1.7	Sistema de aquecimento de água por meio de placa solar.....		49
4.3	Resultados e discussão.....		50
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>		<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>		
	<b>BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>56</b>
	<b>ANEXOS.....</b>		<b>60</b>

## **1 Introdução**

O desenvolvimento sustentável ou construção sustentável, termos comumente usados nos dias atuais, acabam não sendo temas antigos, apesar de sua importância no cenário mundial. O ponto de partida para a discussão desses assuntos bastante relevantes na atualidade se deu em 1972, em uma das conferências das Nações Unidas, mais precisamente realizada em Estocolmo na Suécia.

O que alavancou o tema sustentabilidade no mundo foi a crise do petróleo em meados de 1973, onde começou a se pensar em como construir prédios energeticamente mais eficientes, afim de suprir as adversidades impostas pela crise.

Com o objetivo de auxiliar a convenção das Nações Unidas da Rio 92, foi criado o relatório de Brundtland que tratava, das questões sociais e o uso da terra, como ocupação, suprimento de água, abrigo e serviços sociais, educativos e sanitários, além de administração do crescimento urbano. Relatório este chamado “Nosso Futuro em Comum”, que serviu posteriormente como base para a RIO 92.

Após algumas convenções o termo sustentabilidade foi ganhando mais força, até chegar em Joanesburgo na África do Sul onde, essa nova Conferência Mundial levaria a criar um plano de sustentabilidade que unificaria as três bases para o desenvolvimento sustentável, levando em conta o aspecto ambiental, social e econômico, com a obrigação de manter o planeta habitável para as gerações futuras.

Quanto a sustentabilidade para a construção civil, existe uma cronologia, mostrando que o foco era suprir a adversidade da crise do petróleo com edifícios energeticamente mais eficientes, posteriormente passou a ser o entulho gerado na construção, depois a água, em seguida o lixo gerado e emissões de CO<sub>2</sub> que causavam o efeito estufa. Com isso conclui-se que a construção sustentável não se resume em resolver problemas pontuais e sim sob um enfoque geral abrangendo tudo o que a envolve, afim de atender o paradigma: o de intervir no meio ambiente, preservando-o e, em escala evolutiva, recuperando-o e gerando harmonia no entorno.

O cenário do mundo atual mostra-se incerto por fatores de consumo excessivo de matérias-primas não renováveis, devastação de grandes áreas verdes, grande quantidade de emissão de gases poluentes na atmosfera, fatores estes que estão diretamente ligados com a engenharia civil. Com tal incerteza a necessidade de projetar para o futuro técnicas e métodos mais sustentáveis levaram a realização de pesquisas presentes neste trabalho, numa forma de contribuir na reversão deste panorama.

O trabalho apresentado busca ainda atender a definição escrita no relatório de Brundtland: “Desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazer suas próprias necessidades”, apresentando materiais para utilização na construção civil, capazes de atender o uso do sustentável de alguma forma, sendo estes, materiais capazes de substituir os materiais convencionais usados na construção atual, que podem ser gerados por reciclados ou de matérias-primas que com proteção ao meio ambiente e, ao serem utilizados atendam a funcionalidade e conforto estético, bem como resistência e viabilidade econômica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral:**

O presente trabalho tem como objetivo comparar uma construção convencional com uma sustentável, quanto a viabilidade técnica e econômica.

### **2.2 Objetivo Específico:**

Saber se os materiais estudados atenderão de forma total ou parcial características sustentáveis, para que no comparativo do estudo de caso de uma residência unifamiliar construída com materiais convencionais, possam mostrar valores relevantes quanto ao benefício de se construir uma casa sustentável.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Desenvolvimento Sustentável

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo, realizada em 1972 em Estocolmo, na Suécia, foi a primeira Conferência global voltada para o meio ambiente, e como tal é considerada um marco histórico político internacional, decisivo para o surgimento de políticas de gerenciamento ambiental, direcionando a atenção das nações para as questões ambientais (DE PASSOS, 2009).

Segundo BARBOSA (2008), a Comissão de Brundtland, presidida por Gro Haalen Brundtland, num período que foi preparatório para a Conferência das Nações Unidas também chamada de Rio 92, lançou ao mundo o relatório conhecido como “Nosso Futuro em Comum”. Relatório este que foi desenvolvido através de pesquisas referentes a questões sociais e o uso da terra, como ocupação, suprimento de água, abrigo e serviços sociais, educativos e sanitários, além de administração do crescimento urbano. Neste relatório contém uma das definições mais usadas para o conceito de sustentabilidade: “Desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazer suas próprias necessidades”

Em junho de 1992 reuniram-se no Rio de Janeiro mais de 35 mil pessoas, entre elas 106 chefes de governos, para participar da conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED). No entanto, o Relatório do Worldwatch Institute de 1993 critica os resultados dessa conferência: apesar do interesse mundial mais intenso pelo futuro do planeta, a conferência da ONU não correspondeu nem às esperanças e nem às expectativas com ela ligadas. Muitos problemas surgiram em consequência da pressão da delegação dos Estados Unidos em favor da eliminação das metas e dos cronogramas para a limitação da emissão de CO<sub>2</sub> do acordo sobre o clima; assim este foi degradado para uma declaração de boas intenções. Também a convenção sobre a proteção da biodiversidade teve alguns pontos fracos, sendo o mais grave a falta da assinatura dos Estados Unidos. Apesar dessas restrições, documentou a UNCED o crescimento da consciência sobre os perigos que o modelo atual de desenvolvimento econômico significa. A interligação entre o desenvolvimento socioeconômico e as transformações no meio ambiente, durante décadas ignorada, entrou no discurso oficial da maioria dos governos do mundo (CALVACANTI, 1995).

Segundo Sequinel (2002), o conceito de desenvolvimento sustentável permaneceu como pauta das reuniões da ONU, em Joanesburgo na África do Sul, objetivo principal da Conferência seria rever as metas propostas pela Agenda 21 e direcionar as realizações às áreas que requeriam um esforço adicional para sua implementação, assim como refletir sobre outros acordos e tratados da Rio-92. Essa nova Conferência Mundial

levaria à definição de um plano de ação global, capaz de conciliar as necessidades legítimas de desenvolvimento econômico e social da humanidade, com a obrigação de manter o planeta habitável para as gerações futuras (Figura 1).



Figura 1: Interação dos três pilares do desenvolvimento sustentável.

Fonte: <http://geografiageopolitica.blogspot.com.br/2010/02/quebrando-o-gelo-sobre-copenhagen-para.html>; Acesso: 16/08/2016

Para o World Resources (1992-1993) apud Colaço (2008), o processo de desenvolvimento sustentável requer a evolução simultânea de quatro dimensões consideradas críticas e inter-relacionadas (Figura 2), sendo inovador no aparecimento do aspecto tecnológico.

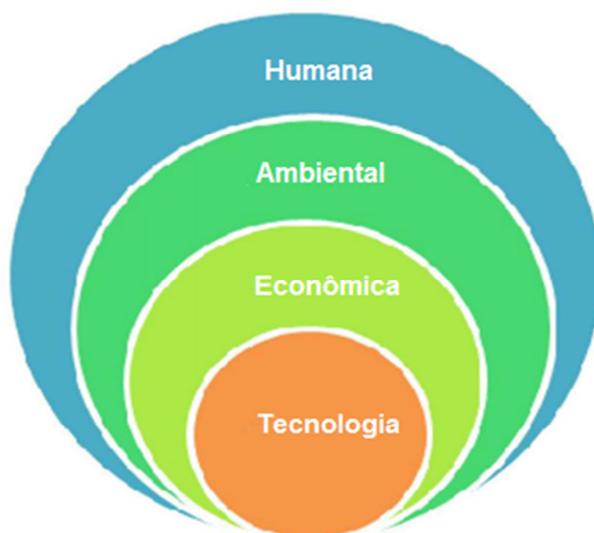


Figura 2: Dimensões consideradas críticas por World Resources.

Fonte: Colaço, 2008.

Para Sachs apud Colaço (2008), a definição do conceito de desenvolvimento sustentável pode ser apresentada em cinco dimensões, como se observa na (Figura 3), sendo estas:

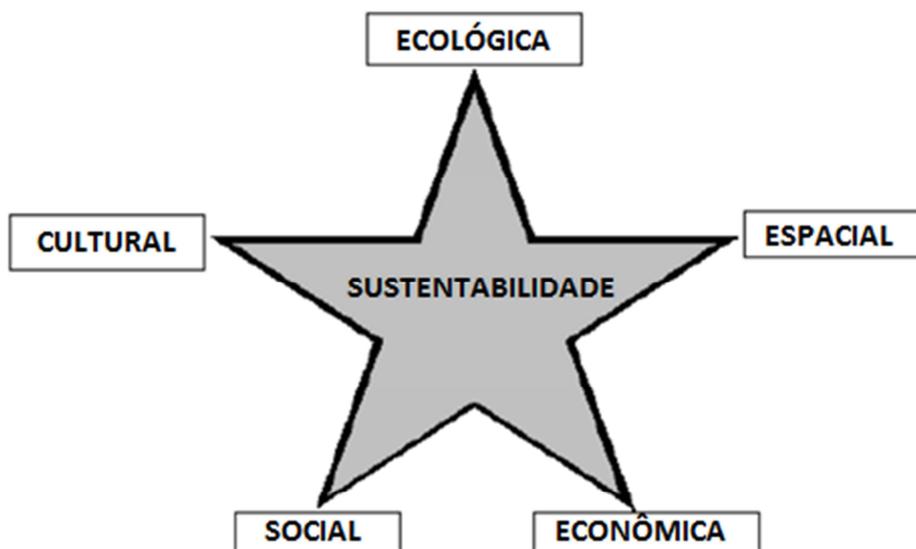


Figura 3: Dimensões do conceito de desenvolvimento sustentável

Fonte: Colaço, 2008.

- A sustentabilidade social – que se entende como a criação de um processo de desenvolvimento sustentado por uma civilização com maior equidade na distribuição de renda e de bens, de modo a reduzir a diferença entre os padrões de vida dos grupos sociais ou países. A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído Projeto e Materiais dos Edifícios 21.
- A sustentabilidade econômica – que deve ser alcançada através da gestão e utilização mais eficientes dos recursos e de um fluxo constante de investimentos públicos e privados.
- A sustentabilidade ecológica – que pode ser alcançada através do aumento da capacidade de utilização dos recursos, limitação do consumo dos combustíveis fósseis e de outros recursos e produtos facilmente esgotáveis e muitos não renováveis, redução da geração de resíduos e da poluição, através da poupança da energia, bem como da reutilização e da reciclagem dos recursos utilizados.
- A sustentabilidade espacial – que deve ser dirigida para a obtenção de uma configuração e distribuição tipo rural e urbana mais equilibrada e uma melhor e mais planejada distribuição geográfica dos grupos sociais, do patrimônio a edificar e da localização das novas atividades econômicas.

- A sustentabilidade cultural – incluindo a procura por raízes endógenas de processos de modernização e de sistemas agrícolas integrados, que facilitem a geração de soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e área.

### 3.2 Construção Sustentável

Segundo Araújo (2008), o conceito de construção sustentável teve seu início em meados do ano de 1973, ano da crise do petróleo, de lá para cá o conceito de sustentabilidade da construção civil vem se adequando às necessidades do ser humano e do seu envolvimento, assim se assemelhando com a teoria do desenvolvimento dos seres vivos que quando submetidos a pressões e necessidades impostas pelo seu ecossistema se desenvolviam para se adequar e sobreviver.

No início, o foco era em relação a construção de edifícios energeticamente mais eficientes, afim de suprir as adversidades impostas pela crise do petróleo, posteriormente passou a ser o entulho gerado na construção, e numa linha histórica temos em seguida o foco com a água, o lixo dos moradores e usuários, e atualmente as emissões de CO<sub>2</sub> e outros gases que acarretam o efeito estufa e o aquecimento global.

Ainda segundo o mesmo autor a construção sustentável não é um modelo para resolver problemas pontuais, mas uma nova forma de pensar a própria construção e tudo que a envolve. Trata-se de um enfoque integrado da própria atividade, de uma abordagem sistêmica em busca de um novo paradigma: o de intervir no meio ambiente, preservando-o e, em escala evolutiva, recuperando-o e gerando harmonia no entorno.

A indústria da construção constitui-se como um dos setores mais devastadores em termos de impactos ambientais, o que torna urgente uma alteração do paradigma que caracteriza este setor e que seja capaz de fazer a transição de um setor poluente para um mais sustentável. (TORGAL e JALALI, 2007).

O setor da construção civil vem se adaptando a necessidade de projetar visando um ambiente mais saudável, incluindo algumas tecnologias sustentáveis nos projetos. Ainda falta da parte dos profissionais do setor, propostas que substituam materiais e técnicas tradicionais por novas tecnologias. Entende-se também que a utilização de incentivo fiscal pode ser um mecanismo favorável para a progressiva substituição da forma tradicional do processo construtivo por sistemas inteligentes, que contribuam positivamente para melhor qualidade de vida (SCHMIDT, 2009).

Uma construção só pode ser considerada sustentável quando as diversas dimensões do desenvolvimento sustentável – ambiental, econômica, social e cultural – são ponderadas durante a fase de projeto. Para além de se considerarem parâmetros ao nível da escala do edifício, também se podem considerar parâmetros que avaliem a interação do edifício com o meio em que este está implantado. Normalmente, os parâmetros que servem de apoio à avaliação da sustentabilidade estão relacionados de uma forma ou de outra com os seguintes objetivos: redução da utilização de energia e materiais não renováveis; redução do consumo de água; redução da produção de emissões, resíduos e outros poluentes. Nas diferentes metodologias de avaliação da sustentabilidade, normalmente é possível identificar os seguintes objetivos: otimização

do potencial do local, preservação da identidade regional e cultural, minimização do consumo de energia, proteção e conservação dos recursos de água, utilização de materiais e produtos de baixo impacto ambiental, adequada qualidade do ambiente interior e otimização das fases de operação e manutenção (BRAGANÇA e MATEUS, 2006).

### 3.3 Arquitetura Sustentável

Hoje os edifícios são os principais responsáveis pelos impactos causados à natureza, pois consomem mais da metade de toda a energia usada nos países desenvolvidos e produzem mais da metade de todos os gases que vem modificando o clima.

O projeto de arquitetura sustentável contesta a ideia do edifício como obra de arte e o compreende como parte do habitat vivo, estreitamente ligado, à sociedade, ao clima, a região e ao planeta. Se compromete a difundir maneiras de construir com menor impacto ambiental e maiores ganhos sociais, sem, contudo, ser inviável economicamente.

A elaboração de um projeto de arquitetura na busca por uma maior sustentabilidade, deve considerar todo o ciclo de vida da edificação, incluindo seu uso, manutenção e sua reciclagem ou demolição. O caminho para a sustentabilidade não é único e muito menos possui receitas, e sim depende do conhecimento e da criatividade de cada parte envolvida (DEL NERO, 2014).

Segundo Araújo (2008) as diretrizes de uma arquitetura sustentável podem ser descritas de forma resumida como:

- Planejamento do ciclo de vida da edificação –deve ser econômica, ter longa vida útil e conter apenas materiais com potencial para, ao término de sua vida útil (ao chegar o instante de sua demolição), serem reciclados ou reutilizados. Sua meta deve ser resíduo zero;
- Aproveitamento dos recursos naturais –como sol, umidade, vento e vegetação, para promover conforto e bem-estar dos ocupantes e integrar a habitação com o entorno, além de economizar recursos finitos, como energia e água;
- Eficiência energética - resolver ou atenuar as demandas de energia geradas pela edificação, preconizando o uso de energias renováveis e sistemas para redução no consumo de energia e climatização do ambiente (sistemas de ar condicionado, no Brasil, em prédios comerciais, respondem por cerca de 35% da demanda energética);
- Eficiência na gestão e uso da água – economizar a água; tratá-la localmente e reciclá-la, além de aproveitar recursos como a água da chuva;

- Eficiência na gestão dos resíduos gerados pelos usuários da edificação;
- Prover excelentes condições termo acústicas, de forma a melhorar a qualidade de vida física e psíquica dos indivíduos;
- Criar um ambiente interno e externo com elevada qualidade no tocante a paisagem local e qualidade atmosférica e elétrica do ar;
- Prover saúde e bem-estar aos seus ocupantes ou moradores e preservar o meio ambiente;
- Usar materiais que não comprometam o meio ambiente, saúde dos ocupantes e que contribuam para promover um estilo de vida sustentável e a consciência ambiental dos indivíduos;
- Resolver localmente ou minimizar a geração de resíduos;
- Estimular um novo modelo econômico-social, que gere empresas de produtos e serviços sustentáveis e dissemine consciência ambiental entre colaboradores, fornecedores, comunidade e clientes.

Para Bragança e Mateus (2006), as ferramentas de suporte à concepção de edifícios sustentáveis (Figura 4) são aplicadas às fases de anteprojeto e projeto dos edifícios, apoiando os diversos decisores na definição do desempenho pretendido para o edifício. Desta forma os decisores, nomeadamente o dono-de-obra, descrevem as propriedades pretendidas para a solução final de projeto através de uma hierarquia de requisitos e níveis de desempenho preestabelecidos que, a serem respeitados pela equipe de projeto, se traduzem no desenvolvimento de um edifício mais sustentável.

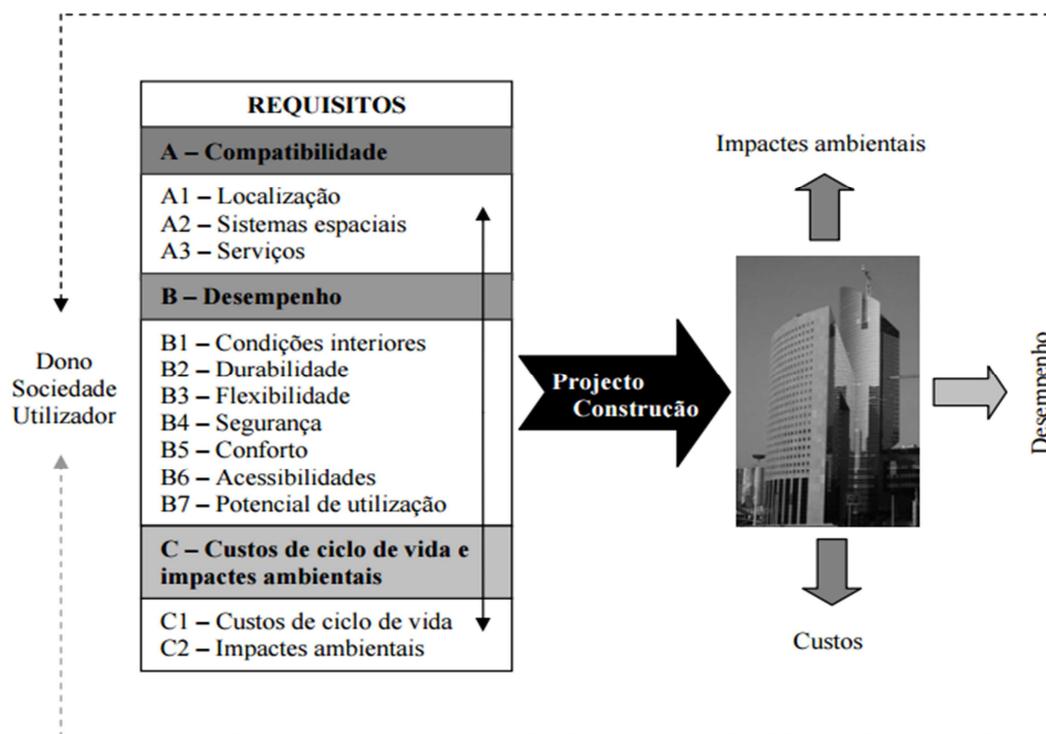


Figura 4: Modelo genérico de uma ferramenta de suporte à concepção de edifícios sustentáveis.

Fonte: Bragança e Mateus (2006).

### 3.4 Materiais sustentáveis

Para Pinheiro (2003), os produtores estão a descobrir que os produtos “ecológicos” podem reduzir as quantidades de resíduos e ajudar a recapturar os lucros perdidos. Produtos como o cartão de gesso e painéis acústicos para o teto, têm já uma percentagem de produtos reciclados há vários anos. Materiais como o aço e alumínio são reciclados desde os anos 40. Novos e inovadores produtos de materiais sustentáveis naturais e agriprodutos, estão aumentando o seu conteúdo reciclado dia a dia. Com a escassez e o aumento de custo de algumas matérias-primas e dos custos de deposição em aterro, a procura por materiais reciclados vai certamente aumentar. Paralelamente, existem já a nível do rótulo ecológico produtos como tintas, bem como um vasto conjunto de instrumentos que permitem seleccionar materiais com melhor desempenho ambiental. O mercado, para muitos dos materiais de resíduos da construção – como a madeira, o concreto, o metal, o vidro, o papel/cartão – está já disponível e as oportunidades para reciclagem aumentam significativamente.

Segundo Araújo (2008), a escolha dos produtos e materiais para uma obra sustentável deve obedecer a critérios específicos – como origem da matéria-prima, extração, processamento, gastos com energia para transformação, emissão de poluentes, biocompatibilidade, durabilidade, qualidade, dentre outros –, que permita classificá-los como sustentáveis e elevar o padrão da obra, bem como melhorar a qualidade de vida de

seus usuários/habitantes e do próprio entorno. Essa seleção também deve atender parâmetros de inserção, estando de acordo com a geografia circundante, história, tipologias, ecossistema, condições climáticas, resistência, responsabilidade social, dentre outras leituras do ambiente de implantação da obra.

Os materiais recicláveis apresentam vantagens ambientais óbvias, pelo fato de esgotada a sua vida útil, poderem vir a gerar outros materiais. Incluem-se nestes quase todos os materiais metálicos, bem como os de origem geológica. Ao se optar pela reciclagem de produtos, ao em vez da produção de materiais a partir de novas matérias-primas, pode-se reduzir o impacto negativo ambiental. Um produto que pode ser facilmente reciclado tem vantagens em relação a um produto que é inicialmente 'verde', mas que não pode ser reciclado. Na indústria de construção, grande parte dos produtos ou materiais têm baixo potencial de reciclagem. No entanto, há produtos que podem ser reciclados várias vezes, mas, hoje em dia, este potencial raramente é usado (TORGAL & JALALI, 2007).

Na (Figura 5), observa-se o símbolo de reciclagem.



Figura 5: Símbolo verde de reciclagem.

Fonte: [http://br.freepik.com/psd-gratis/verde-simbolos-de-reciclagem\\_567760.htm](http://br.freepik.com/psd-gratis/verde-simbolos-de-reciclagem_567760.htm)  
Acesso:16/08/2016

### **3.4.1 Tijolo**

#### **3.4.1.1 Bloco de cerâmica**

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo onde não é preciso o uso de vigas e pilares que transportam as cargas de forma concentradas, sendo substituídas por blocos com capacidade para resistir à compressão, que são capazes de transmitir o seu próprio peso, o peso da laje e as cargas dos pavimentos superiores até a fundação (TEIXEIRA, 2014).

O desenvolvimento de produtos cerâmicos novos para alvenaria estrutural, além de aspectos técnicos favoráveis, tem relevância econômica bastante clara no contexto brasileiro. A abundância e a qualidade das jazidas existentes no país, tornam os produtos cerâmicos bastante competitivos. Uma grande vantagem do tijolo ou bloco cerâmico em relação ao bloco de concreto é a obtenção de alta resistência à compressão sem aumento considerável no custo de produção (MENDES,1998).

Ainda segundo o mesmo autor, as vantagens e qualidades técnicas dos blocos cerâmicos seriam: tamanhos e pesos menores que os de concreto, fato que facilita a execução, e desempenho mecânico adequado, com potencialidade para demonstrar alto desempenho.

### **3.4.1.2 Bloco de concreto**

O concreto celular auto clavado foi desenvolvido na Suécia em 1924, resultado da reação entre cal, cimento, areia e pó de alumínio, cuja mistura passa por processo de cura em câmaras de vapor a alta pressão e temperatura, originando o silicato de cálcio, tornando o concreto celular um produto de excelente desempenho na construção civil. Um produto mais leve, fácil de manusear e muito resistente, pode ser encontrado para a execução de alvenaria de vedação (2,5MPa) ou alvenaria estrutural não armada (4,5 MPa).

Na antiguidade sua resistência à compressão (6Mpa) inviabilizava a execução de prédios acima de quatro pavimentos. Na atualidade, com a utilização de prensas hidráulicas a resistência aumentou chegando a (10MPa), com isso, ampliou a possibilidade de execução de alvenarias estruturadas que permitem edificações em até 18 pavimentos, os chamados blocos de concreto estrutural.

Apresenta isolamento térmico na densidade de 410 Kg/m<sup>3</sup>, coeficiente de condutibilidade térmica de 0,083 Kcal/hm°C e acústico - uma parede de 10 cm de espessura e não revestida apresenta índice de isolamento contra sons aéreos (IA) de 37 dB.

Esta eficiência em isolamentos deve-se a presença de pequenas bolhas no bloco que funcionam como uma espécie de colchão de ar isolante. O bloco de concreto celular auto clavado é até duas vezes mais resistente ao fogo intenso, em relação ao bloco cerâmico comum.

O bloco de concreto serve para preenchimento de vãos em prédios estruturados, não tem função estrutural e o tamanho dos vãos deve ser estudado de modo que sejam modulados em função das dimensões dos blocos, sendo que sua utilização é para preencher vãos de casas, edifícios, comércios, galpões e muros (DIONISIO, 2012).

### 3.4.2 Tijolo de solo cimento: Matéria prima ecológica

Entende-se como bloco solo-cimento o produto endurecido, resultado da cura de uma mistura homogênea compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas através de dosagens controladas, conforme a NBR 12024 - Solo-Cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos, 1992 (PENTEADO e MARINHO, 2011).

O tipo de solo empregado na mistura, o teor de cimento, a quantidade de água adicionada, a forma como se realiza a mistura e a compactação da mesma, o armazenamento e a cura, são fatores que devem ser cuidadosamente considerados para que o produto final, o tijolo de solo-cimento, tenha excelente qualidade e consequentemente maior durabilidade (MENEZES, 2006).

Para Grande (2003), a adição de cimento ao solo permite obter um material com as seguintes vantagens:

- A absorção e a perda de umidade do material não causam variação volumétrica consideráveis;
- O material não se deteriora ao ser submerso na água;
- Há aumento da resistência à compressão;
- Em consequência de uma menor permeabilidade, é mais durável.



Figura 6: Tijolo solo-cimento, maciço e de dois furos.

Fonte: <http://www.arealbozza.com.br/noticia/2/novidade-solo-para-tijolo-ecologico>. Acesso: 16/08/2016

O fator determinante para uma melhor qualidade do solo-cimento depende do tipo de solo, umidade de moldagem, tipo de prensa (Figura 7), proporção de solo/cimento, tipo de estabilizante e o processo de cura. Para uma maior resistência à compressão,

absorção e durabilidade do solo-cimento, deve-se utilizar um percentual maior de cimento na mistura (MOTTA et al., 2014).

Ainda segundo os mesmos autores na análise de vantagens e desvantagens do tijolo, concluiu-se que é bastante benéfico financeiramente – pois há redução de gastos com material, mão de obra e tempo de construção – e ambientalmente – com o uso de matéria prima em abundância no planeta. Além do mais, trata-se de um processo construtivo mais simples que os demais.



Figura 7: Prensa de Tijolo solo-cimento.

Fonte: <http://www.vimaqprensas.com.br/maquinas-de-tijolo-ecologico/prensa-v3/>.  
Acesso: 16/08/2016

### 3.4.3 Telhas

A utilização de telhas de cerâmica para cobertura, na história, não tem data precisa, mas sua utilização vem dominando as construções mais antigas e as atuais, porque assim como em outros materiais que utilizam a cerâmica na construção civil, a telha provida deste material tem boa resistência mecânica, fácil utilização e grande disponibilidade de matéria-prima.

#### 3.4.3.1 Telha de fibra vegetal: Matéria prima ecológica

Segundo Schelb (2016), as telhas de fibras vegetais estão ganhando espaço no mercado por ser um produto de fácil aplicação, ecologicamente correto e de grande durabilidade. Podem ser feitas de fibras de sisal, bananeira e coco e com fibras de madeiras como pinho e eucalipto. Também existem as produzidas com fibras vegetais de papel reciclado, como é o caso das telhas Onduline.

Ainda segundo o mesmo autor, a Onduline é uma empresa multinacional francesa fabricante de telhas de fibra vegetal, a qual possui uma demanda de dois milhões de telhas ecológicas por ano.

Por serem sustentáveis, a cada nove telhas fabricadas, uma árvore é poupada no processo. Há todo um trabalho na coleta de papel reciclado, coloração e impermeabilização até chegar à embalagem final. Para começar a fabricação das telhas, a empresa compra papel e papelão de cooperativas. Depois, dissolvem o material em água quente para extrair a fibra celulose. Após este processo, uma centrífuga tira as impurezas da massa para deixá-la lisa. Clips e grampos são descartados. A massa é esticada e exposta em uma esteira aquecida para eliminar qualquer vestígio de água na telha. Ao sair, uma camada de resina e pigmentação orgânica é aplicada ao material que, em seguida, passa por uma forma onde ganha as ondulações, regulares ou não. Após a secagem, a telha é cortada e impermeabilizada. Assim que o corte é feito, as telhas são mergulhadas em betume, que oferece impermeabilização, resistência e proteção UV, para manter a cor e evitar a descamação do produto.

Através desse processo, passam a absorver apenas 0,0003% de água, mesmo sendo reciclada e com o peso muito leve: 3,9 kg/m<sup>2</sup>. Após estarem secos, os produtos estão prontos para o consumidor. Essas telhas ecológicas duram em média 30 anos. A empresa atua na indústria de construção civil com produtos sustentáveis dentro do seu processo de produção, utilizando recursos que são reciclados e reaproveitados. Na fábrica, por exemplo, o consumo total de energia é de 2,8 Kwh por m<sup>2</sup> de telha (energia elétrica e gás natural). A água é reaproveitada, pois o circuito é fechado, havendo apenas a reposição do que é evaporado.

Conforme o fabricante, algumas características das telhas de fibra vegetal são: leveza, resistência, baixa absorção térmica e acústica, fácil manuseio e instalação, impermeabilidade, flexibilidade e ainda é anticorrosiva. O custo dessas telhas é em torno de 10% mais caro que as de cerâmicas convencionais. Mas considerando o conjunto (estrutura e tempo de mão-de-obra), seu valor é inferior.

Um bom comparativo entre as telhas ecológicas da Onduline com as telhas cerâmicas é que as telhas de barro consomem 58,90% a mais de materiais do que o telhado feito com o material ecológico. Já em relação às telhas de fibrocimento, o telhado consome em torno de 27,8% a mais de madeira e 1,3% a mais de materiais do que o telhado de telha ecológica. As telhas Onduline ainda possuem o Selo ISO 9001 (norma de padronização e padrão de qualidade) e o Selo Verde (garantia de que o produto não agride as florestas tropicais).

#### **3.4.4 Esquadrias**

As esquadrias residenciais podem ser consideradas, como sendo os componentes da edificação que requerem o desempenho de um maior número de funções. Elas representam de 8 a 14 % do custo total da construção das edificações. Além de suas

funções básicas como iluminação, ventilação, passagem e segurança, as esquadrias podem gerar, segundo Tibiriça (1997) apud (GUELLA E SATTTLER, 2004), impactos psicológicos (promovendo a visualização do ambiente externo), artísticos (determinando uma percepção de caráter estético da edificação) e econômicos (na medida em que pode racionalizar o uso de energia elétrica ou requerer uma maior ou menor manutenção). Em muitos casos, a especificação de esquadrias padronizadas é adotada de forma indiscriminada, para qualquer região do país.

Como resultado, pode ocorrer a incompatibilidade entre esses componentes e diversas variáveis, tais como o meio ambiente, o clima, os acessórios, as ferragens, a legislação, o usuário, etc. Estas e outras variáveis, intervêm no desenvolvimento de um projeto otimizado de esquadrias, que visa qualificar tecnicamente esses componentes (GUELLA e SATTTLER, 2004).

Existem diversos tipos de esquadrias disponíveis no mercado, como ferro, aço, alumínio, PVC e madeira, de reflorestamento ou não. Em edifícios residenciais e comerciais de médio e alto padrão predomina o uso do alumínio, nas habitações populares o ferro. De acordo com alguns conceitos de sustentabilidade, o ideal é a utilização de madeiras de reflorestamento certificado, devido aos poluentes que os demais produtos emitem durante o processo de fabricação, mas deve ser feita uma análise com demais materiais disponíveis, levando em consideração a durabilidade e a disponibilidade do material na região (SCHMIDT, 2009).

#### **3.4.4.1 Esquadria de Madeira: Matéria prima sustentável**

O plantio e o abate de árvores reflorestadas são efetuados em processo de ciclo de regeneração. Conforme as árvores mais velhas são retiradas, elas são substituídas por árvores novas para reabastecer a oferta de madeira para as gerações futuras. O ciclo de regeneração, pode facilmente superar o volume que está sendo utilizado, garantindo a sustentabilidade (BRITO, 2010).

Segundo Guella e Sattler (2004), a madeira, enquanto matéria-prima para a confecção de esquadrias, é um material que possui muitas qualidades, entre estas, o seu baixo impacto ambiental. Entretanto se torna primordial a racionalização de todo o processo de produção, para se atingir uma qualidade competitiva com os demais materiais. A madeira oriunda de matas nativas está sendo paulatinamente protegida pela legislação, deixando como opção futura às fábricas de esquadrias, a utilização de madeiras de reflorestamento.

A madeira possui diversas propriedades que a torna muito atraente frente a outros materiais. Dentre essas, são comumente citadas: o baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência, as boas características de isolamento térmico e

elétrico, além de ser um material muito fácil de ser trabalhado em comparação a outros, manualmente ou por máquinas (ZENID, 2011).

A aplicação de madeira reflorestada na construção civil garante qualidade, resistência e estética para a obra como pode ser observado na imagem (Figura 8).



Figura 8: Construção usando madeira em sua esquadria

Fonte: [http://www.business.org.br/business/paginas/clientesmktg/esquadrias/pag\\_madeira.php](http://www.business.org.br/business/paginas/clientesmktg/esquadrias/pag_madeira.php). Acesso: 16/08/2016

### 3.4.5 Revestimento

Segundo Zulian, Doná e Vargas (2002), revestimentos são todos os procedimentos utilizados na aplicação de materiais de proteção e de acabamento sobre superfícies horizontais e verticais de uma edificação ou obra de engenharia, tais como: alvenarias e estruturas. Nas edificações, consideraram-se três tipos de revestimentos: revestimento de paredes, revestimento de pisos e revestimento de tetos ou forro. E, segundo os mesmos autores, revestimentos podem ser divididos em:

#### 3.4.5.1 Revestimento de paredes

Os revestimentos de paredes têm por finalidade regularizar a superfície, proteger contra intempéries, aumentar a resistência da parede e proporcionar estética e acabamento. Os revestimentos de paredes são classificados de acordo com o material utilizado em revestimentos argamassados e não-argamassados.

### **3.4.5.2 Revestimento de Pisos**

Ao revestimento de pisos designa-se a denominação de pavimentação. Assim sendo, pavimentação é definida como sendo uma superfície qualquer, continua ou descontínua com finalidade de permitir o trânsito pesado ou leve. São diversos os materiais utilizados como pisos na construção civil, sendo que as qualidades gerais da pavimentação são:

- Resistência ao desgaste ao trânsito;
- Apresentar atrito necessário do trânsito;
- Quanto a higiene necessária;
- Fácil conservação;
- Inalterabilidade (cor, dimensões, etc.);
- Função decorativa;
- Econômica.

### **3.4.5.3 Revestimento de Tetos (Forros)**

Elemento de acabamento interno da edificação, o forro é um sistema de revestimento superior de um ambiente (cômodo), caracterizado como forro falso quando reveste abaixo do teto (que tecnicamente define o pé-direito), o forro é o sistema que regula o espaço e o conforto do ambiente, possuindo uma relação direta com a reverberação dos sons, o conforto térmico e iluminação. Para um desempenho adequado, deve possibilitar fácil manutenção, ter praticidade na instalação, e estar dentro dos padrões de resistência mecânica, de resistência à propagação de chamas e à ação de fungos e insetos. Um forro deve ainda fornecer condições para a adaptação de luminárias, alarmes, sprinklers, dutos de ar condicionado e outras instalações, se necessário. Os tipos de forros mais comumente utilizados, segundo as características de fixação são: forros colados, forros tarugados e forros suspensos.

### **3.4.5.4 Piso de Bambu: Revestimentos ecológicos**

O que diferencia o bambu, de imediato, de outros materiais vegetais estruturais é a sua alta produtividade. Dois anos e meio após ter brotado do solo, o bambu possui resistência mecânica estrutural elevada, não havendo, portanto, nesse aspecto, nenhum

concorrente no reino vegetal. Somam-se as características favoráveis uma forma tubular acabada, estruturalmente estável, uma baixa massa específica, uma geometria circular oca, otimizada em termos da razão resistência / massa do material.

Os resultados dessas características implicam baixo custo de produção, facilidade de transporte e trabalhabilidade, as quais se revertem em diminuição nos custos das construções (GHAVAMI, 1989,1992; MOREIRA e GHAVAMI,1995) apud Marçal (2008).

Segundo o desenvolvedor do piso de bambu, a empresa PARQUETSP, em seu site informa que, o piso de bambu possui característica de resistência muito maior que os outros tipos de madeira. Apesar das semelhanças com a madeira, ele possui um elevado teor de fibras que o torna mais resistente.

Assim como outros pisos prontos ele possui encaixe macho e fêmea nos 4 lados facilitando a colocação e permitindo um bom acabamento, evitando o desnivelamento entre as folhas do piso. O piso de bambu já vem tratado de fábrica e com acabamento, evitando sujeira e pó durante a colocação permitindo uma instalação muito mais rápida.

#### **3.4.5.5 Tinta ecológica mineral: Revestimentos ecológicos**

Segundo o desenvolvedor da Tinta Solum, o material é um revestimento ecológico desenvolvido com pigmentos das terras brasileiras. As nuances terrosas proporcionam aos ambientes um valor especial de conforto e aconchego. Sua textura delicada permite vários tipos de acabamento, valorizando os projetos de arquitetura e decoração.

A Tinta Solum vem pronta para o uso, é aplicável em áreas internas e externas. Possui um excelente poder de cobertura e aderência, é aplicável sobre o reboco e em diversos substratos.

As 15 cores de terra em linha permitem misturas entre si, podendo ser produzidas tonalidades especiais sob encomenda.

A Tinta Mineral Solum é produzida através de processo físico sem auxílio de meio químico e com baixo uso de energia. A matéria prima é extraída de jazidas certificadas e durante a transformação em produto final não há emissões tóxicas. O resíduo não polui o meio ambiente e completa seu ciclo de vida retornando a terra em curto prazo.

Ainda segundo o site da empresa desenvolvedora da tinta:

- A Tinta Ecológica Solum – tinta da terra - é composta de pigmentos minerais puros e naturais e emulsão de base aquosa não tóxica.

- A Tinta Solum não tem em sua composição metais pesados encontrados em pigmentos sintéticos;
- É livre de COV's – Compostos Orgânicos Voláteis - substâncias poluentes derivadas do petróleo que agredem a camada de ozônio;
- Não possui plastificante, não cria película ou bolhas;
- Torna o ambiente mais acústico;
- Atóxica, não causa alergias;
- Inodora;
- Resistente a intempéries;
- Longa durabilidade;
- Cor intensa, não desbota já que o pigmento é mineral;
- Permite a respiração da parede, pois a composição natural sem resina acrílica permite que a umidade interna ao substrato seja trocada com o ambiente externo;
- Gera economia de material, mão de obra e tempo, em paredes de alvenaria regularizadas dispensa fundo preparador ou massa corrida. A produção da tinta se dá sem o uso de compostos químicos ou processos de transformação, induzindo o uso de energia natural;
- Não é necessário usar produtos químicos na limpeza final, esta deve ser feita com água;
- A embalagem é reciclável, facilmente absorvida pelo mercado;

### 3.4.6 Água

Segundo Manual do Consumidor feito pela SABESP, todos os seres vivos da Terra dependem da água para sobreviver. Isso não seria um problema se considerarmos que 75%, ou 3/4, do nosso planeta são cobertos por ela. Contudo, desse volume, 97,3% são compostos de água salgada, água de mares e oceanos. E dos 2,7% de água doce que restam, mais de 2 estão congelados nas geleiras e nos polos. Com isso, só há disponibilidade de menos de 1% para o consumo humano, de animais e vegetais (Figura 9).

A água é um solvente universal, isto é, tudo o que entra em contato com ela acaba deixando algum tipo de resíduo. Por isso é preciso ficar sempre atento à sua qualidade, cerca de 80% de todas as doenças que afetam a população de países em desenvolvimento são causadas por água contaminada.

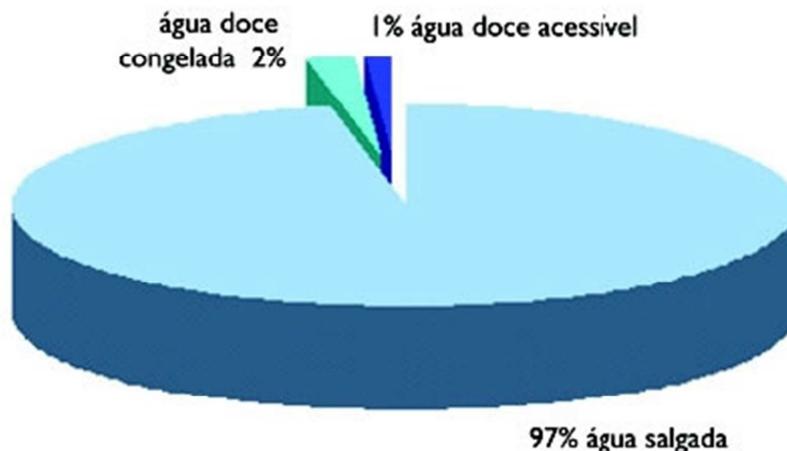


Figura 9: Divisão da água no planeta.

Fonte: <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/a-distribuicao-agua-no-planeta.htm>. Acesso: 20/09/2016

Segundo Nunes et. al (2009), não há praticamente nenhum substituto para a água doce, tanto para as necessidades básicas de sobrevivência humana como para o desenvolvimento econômico. Praticamente todo o desenvolvimento econômico parece ter um preço ambiental associado, e a água doce é talvez o mais sensível e afetado dos recursos. O aumento das atividades humanas exige, então, mais água doce e pode resultar numa má utilização e conseqüente poluição da mesma. Deve-se, portanto, ter atenção a proteção, conservação e sustentabilidade ambiental, a longo prazo, do finito recurso que é a água. Tornou-se claro que é geralmente menos dispendioso solucionar a má utilização da água antes de a poluir ou degradar, em vez de esperar até que o dano ocorra.

Através do ciclo hidrológico, a água se constitui em um recurso renovável. Quando reciclada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro que é, através da atividade antrópica, deteriorada a níveis diferentes de poluição. Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos. A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reuso, estabelecem os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002).

### 3.4.6.1 Captação de água: Sistema de reuso da água da chuva

Em uso eficiente da água, segundo o SEBRAE (2016), o empreendedor do setor deve promover soluções que minimizem o consumo de água pelos ocupantes futuros da obra. Mas, também durante a execução da construção, cabe ao empreendedor garantir que a obra seja realizada de forma racional, implantando estratégias para minimizar o consumo desse recurso. Considera-se:

Planejar a localização da edificação no terreno de forma a racionalizar a circulação da água pela propriedade, aproveitando eventualmente a inclinação de relevos para promover a infiltração de água no solo;

Promover soluções para captura, armazenamento e uso de água da chuva;

Investir em mangueiras e registros de qualidade que compensem seus custos pela durabilidade;

Realizar inspeções periódicas para descobrir vazamentos e realizar ações de correção quando necessário;

Verificar junto à concessionária de água e saneamento do município qual é o destino dos efluentes da obra e criar soluções para a minimização de impactos;

Avaliar possibilidades de racionalizar o uso da água nos sanitários do canteiro de obras. Instalar arejadores e temporizadores nas torneiras. Cada um pode sair por R\$ 10, em média, economizando 59% no consumo nas torneiras.

Utilizar controladores eletrônicos de fluxo e acionamento nas torneiras e mictórios.

Considerar também a utilização de sistemas de descarga de fluxos reduzidos, como os acionadores duplos que geram até 50% de economia.

Segundo Cohim et al. (2008), um sistema de captação e utilização de água de chuva (Figura 10) é composto de:

Superfície de captação: Telhados, pátios e outras áreas impermeáveis podem ser utilizados como superfície de captação. O tamanho desta está diretamente relacionado ao potencial de água de chuva possível de ser aproveitada, enquanto isso, o material da qual é formada influenciará na qualidade da água captada e nas perdas por evaporação e absorção. Os telhados são mais utilizados para captação devido a melhor qualidade da água que este fornece.

**Calhas e Tubulações:** Utilizados para transportar a chuva coletada, podem ser encontrados em diversos materiais, porém os mais utilizados são em PVC e metálicos (alumínio e aço galvanizado). Toda a tubulação que fizer parte desse sistema deve estar destacada com cor diferente e avisos de que essa conduz água de chuva evitando, assim, conexões cruzadas com a rede de água potável.

**Tratamentos:** O tipo e a necessidade de tratamento das águas pluviais dependerão da qualidade da água coletada e do seu destino final. As concentrações de poluentes, galhos e outras impurezas nas águas pluviais são maiores nos primeiros milímetros da chuva, assim recomenda-se a não utilização destes.

**Reservatórios:** Estes podem ser enterrados, apoiados ou elevados. Diversos materiais podem ser utilizados na fabricação dos reservatórios, sendo, portanto, necessário avaliar em cada caso aspectos como: capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnica, custo, disponibilidade local.



Figura 10: Esquema básico do aproveitamento das águas de chuva.

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfBoYAK/8projeto-agua-das-chuvas>. Acesso: 20/09/2016.

### 3.4.7 Energia

Para Costa (2007), no futuro o custo da energia tenderá a ser maior, e a crise de combustíveis fósseis e de madeira se tornará mais e mais aguda. As formas de suprimento de energia estão determinando o curso dos desenvolvimentos sociais e econômicos futuros. O suprimento de energia será a base para um elevado e sustentável nível de segurança e conforto. A energia também determinará o balanço ecológico.

Ainda segundo o mesmo autor, as tecnologias e fontes energéticas que se usam nos dias atuais influenciarão significativamente o amanhã. Há também uma grande evidência de que a maioria das tecnologias energéticas em uso não são ecologicamente apropriadas e tem o potencial de provocar sérias e irreversíveis mudanças climáticas, bem como a constatação de que a quase totalidade destas fontes energéticas não são renováveis e estão se esgotando.

Em função dessas percepções, o direcionamento às fontes renováveis de energia é inevitável. As fontes de energia eólica, solar e de biomassa são abundantes, amplamente distribuídas e ecologicamente atrativas. Essas fontes não poluem a atmosfera e não contribuem para o aumento da temperatura do planeta.

#### **3.4.7.1 Energia alternativa: Uso da energia solar**

De acordo com SEBRAE (2016), o uso de energia na construção civil também deve ser entendido dentro das dimensões de redução do consumo durante a obra e depois de sua conclusão. Como um componente extremamente relevante do custo das obras, sua gestão requer um olhar cuidadoso. A seguir algumas soluções:

- A arquitetura do espaço é crucial para a eficiência no uso de energia. É preciso considerar o conforto térmico e visual dos espaços – sombreamento, a incidência de sol na fachada e o volume dos espaços têm impacto direto no uso de energia para climatização e iluminação. Considera-se utilizar ventilação natural no ambiente, além de cores claras na pintura, telhas transparentes, janelas de vidro amplas e claraboias para otimizar o uso de luz natural.
- Também é possível utilizar a luz solar para aquecer água ou gerar energia através de placas solares, reduzindo ou até mesmo zerando o consumo de energia elétrica da rede.
- Planejar as instalações do canteiro de obras de forma ambientalmente eficiente, reduzindo a necessidade de refrigeração com ar condicionado. Os mesmos princípios de eficiência energética aplicados à construção final podem inspirar a construção da infraestrutura temporária do canteiro.
- Avaliar continuamente a possibilidade de racionalizar as demandas logísticas da obra, reduzindo também o consumo de combustíveis.

#### **3.4.7.2 Painel solar para energia elétrica: Fonte de energia sustentável**

A co-geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos consiste em ter estes conectados à rede de distribuição de energia elétrica comercial. Estes sistemas não necessitam de baterias, ao contrário da grande maioria dos sistemas isolados (Figura 11) que, para fornecerem energia à noite e em dias nublados, armazenam energia durante o dia nas baterias. Sem as baterias o tempo entre as manutenções é bem maior. Enquanto o sistema de co-geração está atuando, a energia solicitada da rede comercial é menor. Se em determinado instante a energia produzida pelo sistema for maior do que o consumo, este excesso é injetado diretamente na rede elétrica pública, podendo a concessionária reembosar o consumidor ou acumular esta energia na forma de “créditos de energia” para utilizações futuras (DEMONTI, 1998).

Ainda segundo o mesmo autor, a principal característica dos sistemas fotovoltaicos atuais é a modularidade. Isto permite que o consumidor adquira um módulo, o que requer um menor investimento, fazendo a aquisição de outros módulos a medida que julgar necessário e obter ganhos com o primeiro módulo. É possível encontrar módulos conhecidos como “painéis CA” que são painéis fotovoltaicos construídos especialmente para interligação com a rede pública. São adquiridos com um inversor acoplado, podendo ser conectados diretamente à rede, na quantidade desejada.

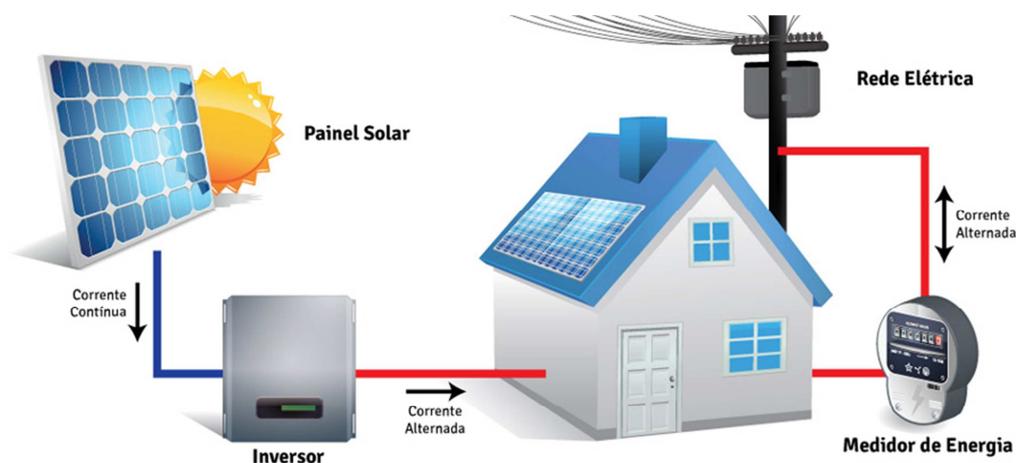


Figura 11: Esquema de obtenção de energia através de placas solares.

Fonte: <http://guiaenergiasolar.com/inversor-solar/>. Acesso: 16/08/2016.

### 3.4.7.3 Painel solar para aquecimento de água: Fonte de energia sustentável

Segundo Mogawer e Souza (2004), no Brasil existem vários fatores que cooperam para a criação de um aquecedor solar de custo muito baixo, gerando economias financeiras ao usuário final, ampliando sua cidadania e reduzindo emissões de gás

carbônico das novas usinas térmicas. Entre estes fatores pode-se destacar seis que são de grande importância:

- Temperatura: O Brasil é um país de altas temperaturas médias diárias, mesmo no inverno, facilitando o uso de coletores simplificados, semelhantes aos coletores solares de piscinas, que podem aquecer água de banho acima de 40°C.
- Iluminação solar: O Brasil recebe ao longo do ano, farta iluminação solar bem distribuída por todos os meses. Esta característica da irradiação solar permite o uso pleno do aquecedor, reduzindo o prazo de retorno do investimento nele realizado.
- Pressão da água: O sistema construtivo típico brasileiro tem caixa de água, opção pouco usual em outros países. A norma é o envio direto da água de rua à distribuição doméstica. A água que vem da rede pública é de alta pressão. Logo, toda a rede doméstica, assim como um eventual reservatório térmico para água quente também teria esta pressão. A presença de uma caixa de água no forro de uma casa é sinônimo de baixa pressão, tanto para a rede interna quanto para o reservatório térmico, fatores importantes para a operação econômica do aquecedor solar de baixo custo.
- Dutos de PVC: Esta tecnologia tem abrangência e uso nacional, pela sua simplicidade e baixo preço. Face às baixas temperaturas esperadas no pré-aquecimento solar da água de banho, o PVC é um complemento importante do sistema de aquecimento de baixo custo.
- O chuveiro elétrico: A absoluta maioria das casas brasileiras tem o chuveiro elétrico ao contrário do que se vê em outras nações, onde a água é aquecida com aquecedores a gás de passagem. Este chuveiro pode ser utilizado como aquecedor de apoio para os dias em que o tempo não permitir elevar a água até a temperatura desejada de banho, isto a um custo praticamente nulo, pois este já é parte integrante do lar brasileiro.
- Estratificação: Este fenômeno da física não está ligado a características típicas brasileiras, mas é de importância para a simplificação do projeto do aquecedor de baixo custo. A água quente é mais leve do que a água fria, fenômeno que permite a estratificação da água, isto é, permitindo que a água quente permaneça flutuando na parte superior de uma caixa de água. Esta separação de água quente e fria se mantém enquanto não houver movimentação (turbulência) da água na caixa. Ao longo do tempo, mesmo sem turbulência, por um processo chamado de difusão, o calor da

parte superior da caixa irá sendo lentamente entregue à parte inferior, terminando com uma completa homogeneização da temperatura das massas de água.

Segundo Siqueira (2009), um coletor solar é o principal componente de um sistema de aquecimento solar. Ele promove a conversão da radiação solar, transferindo o fluxo energético proveniente da radiação incidente para o fluido que circula no interior do mesmo.

Existem dois tipos de circulação nos sistemas para aquecimento de água utilizando a energia solar: o ativo e o passivo. O sistema ativo utiliza uma bomba para a circulação do fluido entre o coletor e o reservatório térmico, necessitando de sensores e um sistema de controle para seu funcionamento. No outro sistema, chamado passivo ou de circulação natural, a bomba é eliminada, sendo o coletor instalado num nível mais baixo do que o tanque (Figura 12). A circulação se dá por termosifão, iniciado quando a água do coletor começa a ser aquecida e se torna menos densa do que a água fria do fundo do reservatório, que flui para a entrada do coletor. A água aquecida no coletor solar se desloca para a sua parte superior e daí para o topo do reservatório térmico (PENNEREIRO, 2010 apud NEVES, 2013).

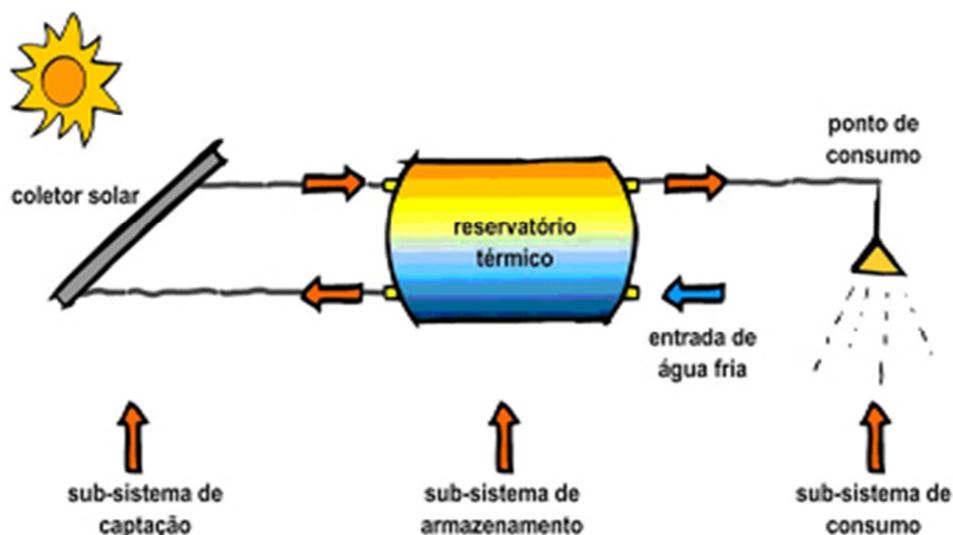


Figura12: Esquema de funcionamento dos painéis solares no aquecimento de água.

Fonte: [http://www.pucminas.br/green/index\\_padrao.php?pagina=3480&PHPSESSID=0d4154e8e5e01c39db779d9b38750faf](http://www.pucminas.br/green/index_padrao.php?pagina=3480&PHPSESSID=0d4154e8e5e01c39db779d9b38750faf). Acesso: 16/08/2016

## **4 Metodologia**

### **4.1 Coleta de dados**

Com a proposta de explorar o conceito de sustentabilidade e estabelecer o que pode ser aplicado na engenharia civil, especificamente na elaboração de uma residência, foi realizada uma revisão bibliográfica para trazer ao trabalho conceitos e pesquisas de vários autores afim de qualificá-lo, sendo investigados a sustentabilidade na construção de uma residência unifamiliar, os materiais comumente aplicados na construção de residência e os materiais sustentáveis disponíveis no mercado.

Em seguida procurou-se uma residência que não apresentasse em sua elaboração materiais com traços de sustentabilidade, para desta forma realizar a comparação de uma residência com e sem os materiais ecológicos, já citados anteriormente.

Após ser definido e conceituado o tema do trabalho e escolhida a residência para o estudo de caso, analisou-se o projeto arquitetônico desta casa para estabelecer onde cada material se enquadrava e quantificar algumas metragens, além de levantamento de custos por m<sup>2</sup> em cada material. Assim foi avaliada a eficiência estrutural, estética e econômica, buscando selecionar entre os materiais pesquisados quais apresentavam a melhor característica para substituição na obra.

### **4.2 Estudo de caso**

Com objetivo de qualificar melhor o estudo, selecionou-se uma residência unifamiliar localizada em Descalvado, SP (Figura 13). O motivo da escolha desta residência se deu pelo fato de não conter em sua elaboração traços de sustentabilidade, desta forma o estudo de caso teve como objetivo comparar os materiais sustentáveis pesquisados na revisão da literatura, com os encontrados nesta residência, contribuindo na seleção dos materiais que apresentassem melhor eficiência estrutural, estética e preço.

A edificação localiza-se em um terreno de 250 m<sup>2</sup>, construída em pavimento único no térreo. A planta baixa referente à residência encontra-se em anexo (Anexo A, Anexo B e Anexo C).

A casa é constituída de, uma cozinha (Figura 14), uma sala dormitório e um banheiro (Figura 15), sua área de serviço está no lado externo da residência, com apenas uma área de cobertura para proteção de intempereas. Em conversa com o proprietário da

obra, a casa foi projetada para sofrer expansão num futuro próximo, sendo assim, a mesma foi projetada estrategicamente para posteriormente sofrer alterações no seu tamanho sem prejudicar a estrutura.



Figura 13: Vista frontal da residência.  
Fonte: Proprietário da obra.



Figura 14: Vista da cozinha; Residência de estudo de caso.  
Fonte: Proprietário da obra.



Figura 15: Vista do banheiro; Residência de estudo de caso.  
Fonte: Proprietário da obra.

#### **4.2.1 Comparação dos materiais**

Com a finalidade de avaliar a eficiência de cada material abordado anteriormente na revisão bibliográfica, foram sugeridas substituições dos materiais aplicados na obra por materiais sustentáveis.

##### **4.2.1.1 Tijolo**

A residência possui em sua concepção tijolo de cerâmica com 9 furos, comumente utilizado na região pela fácil disponibilidade com presença de algumas olarias. (Figura 16).



Figura 16: Tijolo utilizado na obra

Fonte: Proprietário da obra

O material sugerido para substituir o tijolo cerâmico é o tijolo de solo-cimento (Figura 17), que tem como requisito apenas uma prensa e um solo arenoso, o tijolo é feito no próprio canteiro de obras onde o atuante da máquina insere a mistura e a prensa, submetendo a mistura a uma grande compactação, fazendo assim o tijolo sem a necessidade da queima como é o caso do tijolo de cerâmica. Pela inclinação do terreno houve a necessidade de retirar parte do solo do lado esquerdo no sentido de quem entra no terreno. Este solo que foi descartado poderia ser utilizado como matéria prima do tijolo de solo-cimento, pois se enquadra nos padrões da execução, já que este possui características granulométricas de solo tipo arenoso.



Figura 17: Parede feita com tijolo de solo cimento.

Fonte: <http://ecolcer.blogspot.com.br/>. Acesso: 01/11/2016.

Segundo o site [www.tijolosecologicostrindade.com.br](http://www.tijolosecologicostrindade.com.br), estudos feitos por eles revelaram que, o tijolo ecológico de solo-cimento apresenta vantagens que variam desde 10,4% (em comparação com tijolo baiano de 9) até 19,5% (em comparação com tijolo baiano de 15), passando por uma vantagem de 15,6% em relação ao bloco de concreto estrutural. O custo por m<sup>2</sup> de parede com o tijolo ecológico para este tipo de acabamento é de R\$104,38 em comparação com R\$115,18 do tijolo baiano de 9, R\$124,72 do tijolo baiano de 15 e R\$120,71 do bloco de concreto estrutural. Outras vantagens do tijolo de solo-cimento estão descritos na figura 18.



Figura 18: Vantagens do tijolo solo-cimento

Fonte: <http://www.ecol-tijolo.eco.br/>. Acesso: 10/10/2016

#### 4.2.1.2 Telha

A telha utilizada na residência em estudo, é também facilmente encontrada, devida a presença de olarias na região. As Figuras 19 e 20 apresentam as telhas que comumente existem na região e são utilizadas na maioria das construções residenciais.



Figura 19: Telhado com telhas de cerâmica, vista por cima.

Fonte: Proprietário da obra.



Figura 20: Telhado com telha de cerâmica, vista por baixo.  
Fonte: Proprietário da obra.

O material sugerido para substituir a telha de cerâmica que foi empregada na obra é a telha de fibra vegetal, que são fabricadas a partir da reciclagem da fibra e impermeabilização da mesma.

Com a substituição das telhas o telhado ficaria mais leve, devido ao peso reduzido da telha de fibra vegetal, o que resultaria em redução de custo com estrutura de madeira para suportar o telhado.

A telha de fibra vegetal ainda possui fácil instalação e resistência mecânica a impactos e torções, sem prejudicar a estética, pois conta com várias cores a combinar com a pintura da residência (Figura 21).

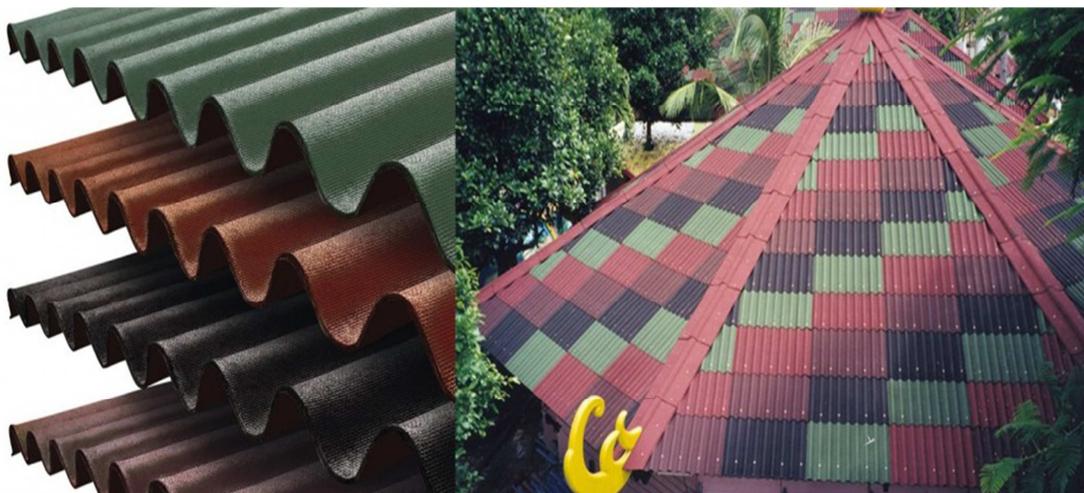


Figura 21: Telhas Onduline em várias cores para aplicação.  
Fonte: <http://www.telhados.srv.br/telha-de-fibra-vegetal>. Acesso: 10/10/2016.

### 4.2.1.3 Esquadrias

As esquadrias utilizadas na obra, foram as metálicas (Figura 22), que tem o problema de ser um material limitado na natureza, em que a matéria prima para ser removida causa impactos negativos ao meio. Ressalta-se ainda, que os materiais metálicos, com o tempo, necessitam de manutenção afim de evitar corrosões por contato com as intemperes.



Figura 22: Esquadria metálica aplicada na obra.

Fonte: Proprietário da obra

Em substituição as esquadrias metálicas, sugere-se o uso na obra de esquadrias de madeira (Figura 23), que tem em sua origem o reflorestamento, contribuindo assim com a proteção ao meio ambiente, como também ao se utilizar madeira que é um material renovável evita-se o uso de materiais limitados na natureza, como o ferro e o alumínio.

As esquadrias de madeira chamam atenção pela bela aparência, quando incorporadas na elaboração da casa, seu acabamento harmoniza muito bem com a alvenaria, além de ser um material de fácil manuseio, pode ser encontrado para uso em portas e janelas, em diferentes modelos e formas de acabamento, o que enriquece ainda mais a estética da casa.

A durabilidade da madeira é muito boa, porém precisa de alguns cuidados para com o empenamento e apodrecimento (degradação), quando em contato com intemperes e aos ataques de insetos como o cupim.

Sua resistência é de ótima qualidade se levado em conta que a madeira é utilizada na estrutura, suportando o peso do telhado e, em alguns casos utilizada também como vigas e pilares em outros pontos da obra. Ressaltando que algumas portas são confeccionadas não tendo estrutura maciça de madeira o que as deixam menos resistentes.



Figura 23: Opções de portas e janelas em madeira.

Fonte: <http://www.mundodastribos.com/janelas-e-portas-prontas-saiba-como-escolher-2.html>. Acesso: 01/11/2016.

#### 4.2.1.4 Revestimento

##### 4.2.1.4.1 Piso

Na residência estudada, utilizou-se para o revestimento do chão pisos de cerâmica (Figura 24). O presente trabalho propõe o uso de piso de bambu (Figura 25), que provem de matéria-prima estruturalmente estável, com baixa massa específica, resultando em ótima razão resistência / massa do material, o que deixa o piso mais leve e facilita o manuseio.

O piso de bambu possui característica de resistência muito maior que os outros tipos de madeira, como possui também encaixe macho e fêmea nos 4 lados, facilitando a colocação e permitindo um acabamento melhor, evitando o desnivelamento entre as folhas do piso.



Figura 24: Piso cerâmico aplicado na obra.

Fonte: Proprietário da obra.



Figura 25: Piso de bambu aplicado em residências.

Fonte: <http://casaeconstrucao.org/revestimentos/tipos-de-pisos-internos/>. Acesso: 01/11/2016.

#### **4.2.1.4.2 Pintura**

Para a pintura da residência foi selecionada a tinta látex da marca Suvinil e, sugere-se como material sustentável a tinta Solum, que tem como base de suas cores pigmentos das terras brasileiras, sendo estas a matéria prima da tinta que não possui metais pesados em sua composição e não é tóxica. A tinta Solum tem excelente poder de cobertura e aderência, é aplicável sobre o reboco e em diversos substratos, além de outras vantagens como consta na revisão feita anteriormente.

#### **4.2.1.5 Captação de água**

Como sugestão de construção sustentável é indicado implementar um sistema de captação de água na residência. A água captada não tem fins para consumo humano, mas pode ser utilizada para lavar o quintal, irrigar hortas, lavar veículos entre outras atividades, ainda segundo Simioni (2004) apud Lima e Machado (2008), outras vantagens para se instalar um sistema de captação de água são:

- Utilização de estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- Baixo impacto ambiental;
- Água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento;
- Complementa o sistema convencional;
- Reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público.
- Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo).
- Fácil manutenção.
- Baixos custos de operação e manutenção.
- Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita em telhado).
- As tecnologias disponíveis são flexíveis.

#### **4.2.1.6 Sistema de energia elétrica por placa solar**

Por opção de caracterizar a residência de estudo de caso, optou-se por colocar o sistema de placas fotovoltaicas (Figura 26) que geram energia elétrica com a captação de luz solar. O sistema de placas solares não requer posicionamento específico sobre o telhado, apenas uma área que suporte seu peso sobre a estrutura e que este local tenha contato direto com o Sol o maior tempo possível durante o dia. Com as placas o gasto com energia elétrica diminui, fazendo com que a médio e longo prazo o investimento nesta tecnologia seja ressarcido.

Outro ponto a se destacar é que a geração de energia por meio de placas fotovoltaicas tem origem limpa, com isso não se tem grandes impactos negativos no meio ambiente.

Segundo o site [www.neosolar.com.br/](http://www.neosolar.com.br/), o kit energia solar fotovoltaica 900Wp, para consumo médio de 2610 Wh/dia. Tem estimativa de atingir em dias ensolarados um exemplo de consumo com: 4 Lâmpadas 13W (6h) + 1 Notebook (2h) + 1 TV (4h) + 1 Geladeira 240L + 1 Carregador de celular (2h) + 1 DVD (4h) + 1 Computador (2h).



Figura 26: Placas fotovoltaicas para geração de energia elétrica.

Fonte: <http://www.ecocasa.com.br/energia-fotovoltaica>. Acesso: 01/11/2016.

#### 4.2.1.7 Sistema de aquecimento de água por meio de placa solar

Como opção de colocar o termo sustentabilidade na residência, sugeriu-se a instalação de sistema solar para aquecimento de água (Figura 27). O sistema de placas solares não requer posicionamento específico sobre o telhado, apenas uma área que suporte seu peso sobre a estrutura e que este local tenha contato direto com o Sol o maior tempo possível durante o dia. Os fatores que justificam o investimento são: baixo custo de criação do sistema (com retorno de médio a longo prazo), geração de economias financeiras ao usuário, redução de gás carbônico das novas usinas térmicas.



Figura 27: Sistema aquecedor de água.

Fonte: <http://www.soletrol.com.br/produtos/compactos/aquecedor-solar-compacto-solquent/>. Acesso: 01/11/2016.

### 4.3 Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta todos os materiais analisados no presente trabalho, sendo estes divididos em materiais utilizados na residência do estudo de caso e os materiais sustentáveis sugeridos para comparação de eficiência.

**Tabela 1:** Comparativo de materiais usados e sugeridos.

<b>Itens Analisados</b>	<b>Materiais Utilizados</b>	<b>Materiais Sugeridos</b>
Tijolo	Bloco cerâmico	Bloco de Solo-Cimento
Telha	Telha cerâmica	Telha fibra vegetal (Onduline)
Esquadrias	Esq. metálicas	Esq. de madeira (Reflorestamento)
Revest. Piso	Piso cerâmico	Piso de bambu
Revest. Pintura	Tinta látex comum	Tinta à base de água (Solum)
Água	Nenhum	Captação de água (Cisterna)
Energia	Nenhum	Placa solar (Geração de energia) Placa solar (Aquecimento de água)

A Tabela 2 apresenta os custos dos materiais envolvidos na pesquisa do presente estudo. E, na Tabela 3 a comparação de preços, com a finalidade de avaliar qual tem a melhor relação custo x benefício.

**Tabela 2:** Comparativo de custo dos materiais.

<b>Materiais Sugeridos</b>	<b>Custo (Material sugerido)</b>	<b>Materiais Utilizados</b>	<b>Custo (Material utilizado)</b>
Bloco de Solo-Cimento	R\$104,38 m <sup>2</sup>	Bloco Cerâmico (9 furos)	R\$115,18 m <sup>2</sup>
Telha fibra vegetal (Onduline) 95x200cm	R\$36,90 cada. R\$19,42 m <sup>2</sup> .	Telha Cerâmica (15,5 telhas p/ m <sup>2</sup> )	R\$ 16,89m <sup>2</sup>
Piso de bambu	R\$ 169,00 à R\$ 196,00 m <sup>2</sup> .	Piso Cerâmico	R\$ 14,00m <sup>2</sup>
Tinta à base de terra (Solum) 18L	R\$ 315,00	Tinta Látex (Suvinil)18L	R\$ 194,50
Captação de água (Cisterna)	R\$3000,00 à R\$9000,00	Nenhum	Xxx
Placa solar (Geração de energia)	R\$ 6.353,50	Nenhum	Xxx
Placa solar (Aquecimento de água)	R\$ 1.660,05	Nenhum	Xxx

**Tabela 3:** Fonte dos valores pesquisados na Tabela 2.

<b>Materiais</b>	<b>Fontes dos valores</b>
Blocos cerâmicos e solo-cimento	<a href="http://www.tijolosecologicostrindade.com.br">www.tijolosecologicostrindade.com.br</a>
Telha cerâmicas e fibra vegetal	<a href="http://www.leroymerlin.com.br">www.leroymerlin.com.br</a>
Piso cerâmico	Proprietário da obra
Piso de bambu	<a href="http://www.mulher.com.br/casa/piso-feito-de-bambu-e-a-nova-moda-ecologicamente-correta">http://www.mulher.com.br/casa/piso-feito-de-bambu-e-a-nova-moda-ecologicamente-correta</a>
Tinta Suvinil	<a href="http://www.telhanorte.com.br">www.telhanorte.com.br</a>
Tinta Solum	<a href="http://www.arquiteturaeconstrucao.uol.com.br/noticias/materiais/16-cores-que-serao-tendencia-em-2016.phtml#.V_w8XvkrLIU">www.arquiteturaeconstrucao.uol.com.br/noticias/materiais/16-cores-que-serao-tendencia-em-2016.phtml#.V_w8XvkrLIU</a>
Sistema de captação de água	<a href="http://g1.globo.com/sao-paulo/blog/como-economizar-agua/post/como-economizar-captando-e-reutilizando-agua-da-chuva.html">http://g1.globo.com/sao-paulo/blog/como-economizar-agua/post/como-economizar-captando-e-reutilizando-agua-da-chuva.html</a>
Kit energia solar fotovoltaica	<a href="http://www.neosolar.com.br">www.neosolar.com.br</a>
Kit aquecedor solar	<a href="http://www.solaresol.com.br">www.solaresol.com.br</a>

Ao observar os valores da Tabela 2, é possível concluir que existe viabilidade econômica e física na utilização de materiais sustentáveis para substituição de materiais convencionais na construção de residências.

Os dados coletados para se avaliar a eficiência do bloco de solo-cimento apontam que o custo por m<sup>2</sup> de parede deste seguimento é mais viável que a utilização do bloco de cerâmica de 9 furos, onde o bloco de solo-cimento tem custo de R\$ 104,38 por m<sup>2</sup> na parede finalizada e o bloco de cerâmica R\$ 115,18 por m<sup>2</sup> na parede finalizada. Estruturalmente o bloco de solo-cimento tem o mesmo desempenho que o bloco cerâmico, com a vantagem de ter em sua estrutura interna passagem para tubulações de água e fios de eletricidade, fazendo com que instalações elétricas e hidráulicas se tornem mais práticas, gerando menos custos e agilizando o tempo de obra. Além de que o acabamento do bloco de solo-cimento é dado por encaixes que facilitam sua instalação, sua superfície é lisa tornando opcional reboco e pintura para acabamento.

Na avaliação da eficiência da telha de fibra vegetal constatou-se que o custo de aplicação, comparado com a telha de cerâmica, são equivalentes. Outro fator é que a telha de fibra vegetal é estruturalmente mais leve, consequentemente possibilitando a elaboração de uma estrutura para sustentação da cobertura com uma menor resistência ao peso aplicado sobre a mesma, resultando em menor custo final da obra. Esta análise é compatível com a realizada por Lee (2000), concluindo em sua pesquisa que telhas devem ser de baixo peso para utilizar estruturas menos robustas, ter grandes dimensões para diminuir o custo de mão de obra na colocação e, principalmente serem de baixo custo, visto que para telhas leves e grandes a mão de obra não tem grande impacto no custo final.

A telha de fibra vegetal tem fácil instalação e tem boa resistência a impactos e torções segundo a revisão bibliográfica. Também conta com várias cores em sua confecção fazendo com que a mesma tenha grande apelo estético por combinar muito bem com vários tipos de construções.

Ao fazer a substituição de esquadrias metálicas por esquadrias de madeira de espécies de reflorestamento, há uma maior necessidade de pesquisa de, devido este ter uma grande gama de produtos disponíveis no mercado, variando o custo pelo modelo e nível de acabamento do produto. Em termos de resistência mecânica, esquadrias de madeira possuem a mesma eficiência das esquadrias metálicas, onde ambas necessitam de cuidados para a longevidade na obra. Esteticamente a madeira tem melhor acabamento se comparado a metálica segundo a literatura. Para (MARQUES, 2008), estruturalmente a madeira apresenta elevada resistência, principalmente quando comparada com o seu peso, que quando aplicada nos edifícios ajuda a reduzir o tamanho das fundações e o efeito da ação sísmica. Tem durabilidade, isolamento térmico, acústico e elétrico excepcional, quando cumpridas as boas condições de manutenção, isto é, mantendo-a arejada e seca. A textura e a cor da madeira resultam em material esteticamente agradável, aliado à grande liberdade de escolha de formas.

Para o revestimento foi analisado o piso e a pintura da casa, onde obteve-se como alternativas para substituição dos materiais usados na construção de estudo de caso, o piso de bambu e a tinta Solum.

O piso de bambu tem como característica os encaixes macho e fêmea em seus quatro lados, o que evita o desnivelamento entre as folhas do piso, possibilitando um bom acabamento. Sua resistência mecânica é muito maior que os outros tipos de madeira presentes no mercado para este seguimento, informação está coerente com a revisão bibliográfica.

A tinta Solum tem como desvantagem ser mais cara que as convencionais presentes no mercado, mas com o apelo de sustentabilidade bem marcante, onde, sua matéria prima é extraída de jazidas certificadas e, a transformação em produto final não há emissões tóxicas, os resíduos gerados não poluem o meio ambiente e completam seu ciclo de vida retornando a terra em curto prazo de tempo. Segundo (IDHEA, 2013) apud. (KWAI, 2013), as tintas minerais são as melhores quanto à saúde do morador e das habitações, pois permitem que ocorra a difusão do vapor d'água - permite que as paredes respirem - e como são alcalinas, não permitem que fungos e microrganismos se instalem na casa. Além disso, dão vida às edificações, ao contrário das tintas sintéticas (PVAs, acrílicas, etc.), que funcionam como plásticos.

A tinta sugerida conta com quinze tipos de cores. Cores estas providas de sua matéria prima, as terras brasileiras, podendo ser misturas entre si para formar uma gama maior de cores. A Solum confecciona seus produtos sem a adição de metais pesados, desta forma seu produto final é atóxico.

Os estudos apontam que o investimento em captação de água e placas solares tem custo muito superior que os demais materiais aplicados como opção de substituir os

materiais convencionais por sustentáveis. Estes sistemas tem por característica como mostra a literatura serem investimentos de alto custo inicial, mas com retorno de médio e longo prazo. A variação de retorno decorre de acordo com a frequência de uso, tendo como justificativa o fato de se economizar energia e água, dois itens de grande utilização, indispensáveis nas atividades do dia-a-dia. Analise está coerente com (SCHMIDT, 2009) que constatou em sua pesquisa que as tecnologias sustentáveis nesse caso, não apresentam custo elevado, se comparado a relação custo-benefício, já que a economia de água e energia é significativa, gerando retorno financeiro ao longo do tempo na utilização do imóvel. .

A análise também mostra que o apelo sustentável dos três sistemas é de grande importância nos dias atuais, onde, a água potável está cada vez mais escassa e a utilização de formas alternativas para o uso deste recurso é cada vez mais necessário. A água captada tem a utilidade de lavar quintais, calçadas, carros, motos entre outras atividades que não envolvem o consumo humano. As placas solares tem a função de economizar energia elétrica, esta que, na sua maioria é gerada por hidroelétricas no Brasil.

Esteticamente a implantação destes sistemas não afetam a beleza da obra, uma vez que, a captação de água é feita pelo próprio telhado e canalizado até a cisterna que fica enterrada no quintal, não sendo desta forma um sistema que chame atenção. O mesmo acontece com os sistemas de placas solares, onde ficam expostos dos sistemas apenas as placas.

## **5 Conclusão**

Nas pesquisas realizadas, constatou-se que para a maioria das pessoas falta conhecimento e informação por materiais para construção sustentável. Esta afirmativa se deve pelo fato que os materiais sustentáveis dados como opção para serem empregados na obra de estudo de caso, não fazem com que o preço final da obra tenha uma grande alteração. Por outro lado, deve-se ressaltar que o custo de sistemas de placas solares e captação de água tem valor significativo para implantação, mas com retorno financeiro proporcional a seu uso com o tempo.

Conclui-se por ser viável a substituição de materiais convencionais por materiais sustentáveis, o que falta é a orientação e incentivo para o uso dos mesmos e, em alguns casos, a performance dos materiais sustentáveis foi melhor que a do material escolhido pelo proprietário da obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Márcio Augusto. A moderna construção sustentável. **IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento da**, 2008.

BARBOSA, Gisele Silva. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2008.

BRAGANÇA, Luís; MATEUS, Ricardo. Sustentabilidade de soluções construtivas. In: **2º Congresso sobre Construções Sustentáveis**. 2006.

BRITO, Leandro Dussarrat. **Recomendações para o projeto e construção de estruturas com peças roliças de madeira de reflorestamento**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COLAÇO, Luís Manuel de Miranda. **A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído Projecto e Materiais dos Edifícios**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Portucalense.

CALVACANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. Cortez; Fundação Joaquim Nabuco, 1995.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana; KIPERSTOK, Asher. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. **Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, v. 9, 2008.

COSTA, Raimundo Nonato Almeida. Viabilidades térmica, econômica e de materiais de um sistema solar de aquecimento de água a baixo custo para fins residenciais. 2007.

DEL NERO, Maira. **Arquitetura sustentável - O que é um projeto sustentável**. 2014. Fonte: <http://arquiteturamaissustentavel.com.br>; Acesso: 01/11/2016

DEMONTI, Rogers. **Sistema de co-geração de energia a partir de painéis fotovoltaicos**. 1998. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.

DE PASSOS, Calmon; NOGUEIRA, Priscilla. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 6, n. 6, 2009.

DIONISIO, Camila de Moraes Sarmiento. Análise comparativa de sustentabilidade econômica em uma obra industrial em Curitiba. 2012.

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GUELLA, Alexandre; SATTLER, Miguel A. Esquadrias residenciais em madeira: Contextualização de variáveis para otimização de projetos. In: **I Conferência Latino Americana de Construções Sustentáveis e X Encontro nacional de tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo. 2004.

HESPANHOL, Ivanildo et al. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

KWAI, Luana Ly. Tecnologias, conceitos e propostas de materiais de construção sustentável do Centro de Vivências da UNESP, Rio Claro/SP. 2013.

LEE, Alexandre. O custo das alternativas de substituição do telhado de cimento amianto. **São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, 2000.

LIMA, R. P.; MACHADO, T. G. Aproveitamento de Água Pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil Ênfase Ambiental, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2008.

SABESP. **Manual do usuário SABESP**. Disponível em: [site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/manual\\_usuario\\_sabesp.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/manual_usuario_sabesp.pdf). Acesso em: 03 novembro 2016 às 21:00h.

MARÇAL, Vitor Hugo Silva; Uso do bambu na construção civil. **Projeto final em Engenharia Civil e Ambiental. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília**, 2008.

MARQUES, LEMM et al. O papel da madeira na sustentabilidade da construção. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Especialização em Construções Civas. Porto**, 2008.

MENDES, Ricardo José Kuerten et al. Resistência à compressão de alvenarias de blocos cerâmicos estruturais. 1998.

MENEZES, Renato Acriz. Avaliação de desempenho estrutural dos sistemas construtivos de solo-cimento e concreto celular aplicados em edificações de casas populares no estado do Amazonas. 2006.

MOGAWER, Tamer; SOUZA, Teófilo Miguel de. Sistema solar de aquecimento de água para residências populares. **Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2004.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva et al. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **exacta**, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014.

NEVES, João Carlos Munhoz das. **Avaliação técnico-econômica de um aquecedor solar de água com coletor de tubos a vácuo na cidade de Cascavel-PR**. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

NUNES, Luís, FERNANDES, João, CARDOSO, Jorge, PARENRE, Jorge, ALMEIDA, Patrícia e BETTENCOURT, Tiago (CHIA-YAU, Cheng – Supervisor). **Disponibilidade de Água Doce no Planeta. Existe água doce suficiente para satisfazer as necessidades do planeta?**. Porto: FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

PENTEADO, Priscilla Troib; MARINHO, Raquele Cruz. Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos: alvenaria de solo-cimento, alvenaria com blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos de concreto na construção de uma residência popular. 2011.

PINHEIRO, Manuel. Construção sustentável: mito ou realidade. In: **Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente**. 2003.

PLACA SOLAR FOTOVOLTÁICA. Disponível em: <[www.neosolar.com.br/loja/kit-energia-solar.html](http://www.neosolar.com.br/loja/kit-energia-solar.html)> ; Acesso em: 10 outubro 2016 às 17:30h.

SCHELB, Cristina Galvão. **Avaliação de tipologias construtivas nos critérios de sustentabilidade: estudo de casos–telhas**. 2016.

SCHMIDT, Franciele Taise Manica. **Aplicação do conceito de sustentabilidade em uma edificação residencial unifamiliar– Estudo de caso**. UNIJUÍ - UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. 2009

SEBRAE. **Minha Empresa Sustentável: Construção Civil**. Centro Sebrae de Sustentabilidade. 2016

SEQUINEL, Maria Carmen Mattana. Cúpula mundial sobre desenvolvimento sustentável-Joanesburgo: entre o sonho e o possível. **Análise conjuntural**, v. 24, n. 11-12, p. 12-15, 2002.

SIQUEIRA, Débora Abrahão. **Estudo de desempenho do aquecedor solar de baixo custo**. 2009.

TEIXEIRA, José Sipriano. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2014.

TRINDADE TIJOLOS ECOLÓGICOS. **Tijolo ecológico.** Disponível em: <[www.tijolosecologicostrindade.com.br/comparativo-entre-tijolos-ecologicos-e-outras-alvenarias/](http://www.tijolosecologicostrindade.com.br/comparativo-entre-tijolos-ecologicos-e-outras-alvenarias/)>. Acesso: 10 outubro 2016, às 17:00 h.

SOLUM. **Tinta mineral ecológica.** Disponível em: <[www.tintasolum.com/sustentabilidade.html](http://www.tintasolum.com/sustentabilidade.html)>. Acesso em: 10 outubro 2016, às 16:00 h.

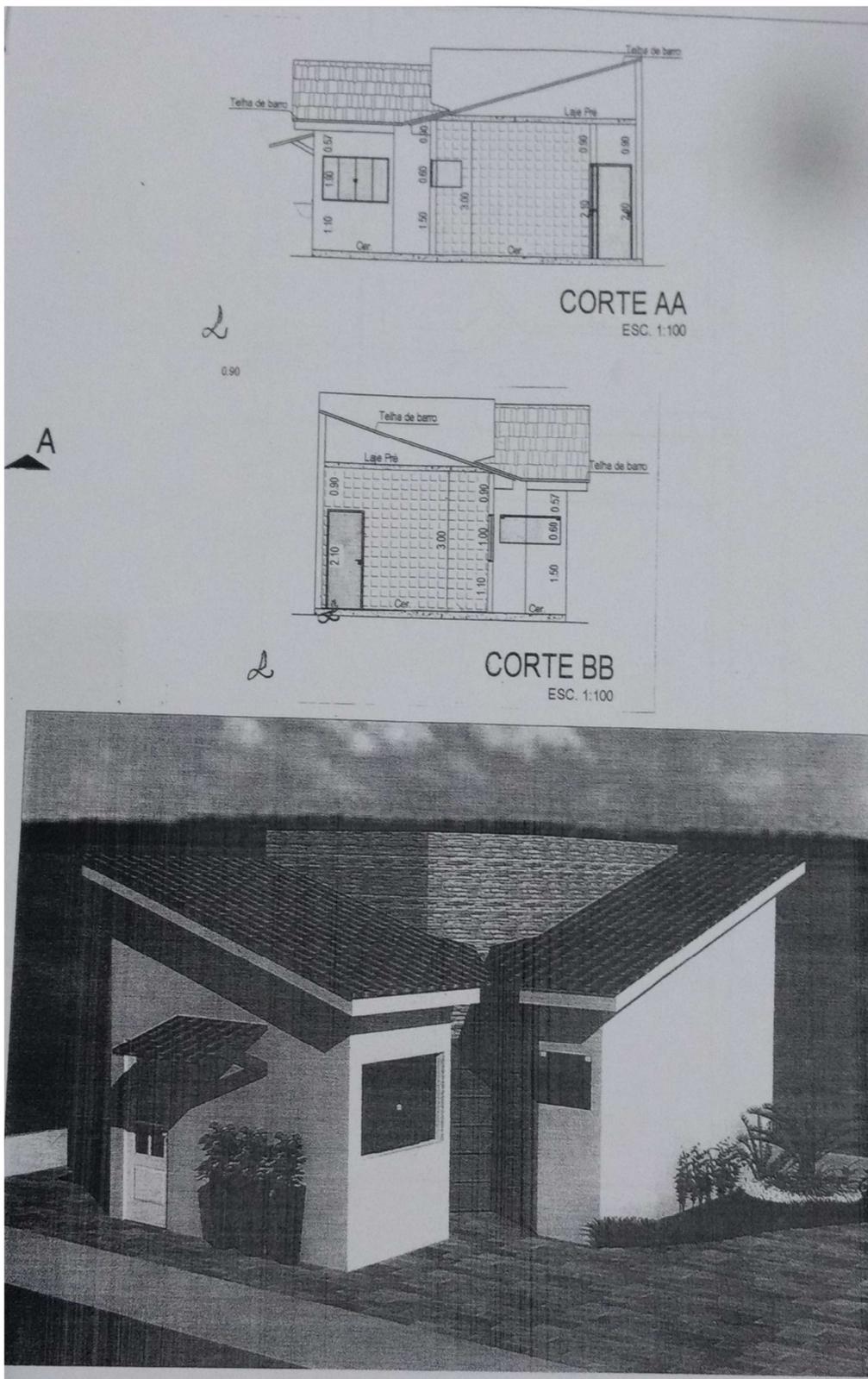
TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. Construção Sustentável: o caso dos materiais de construção. 2007.

ZENID, José Geraldo. Madeira na construção civil. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2011.**

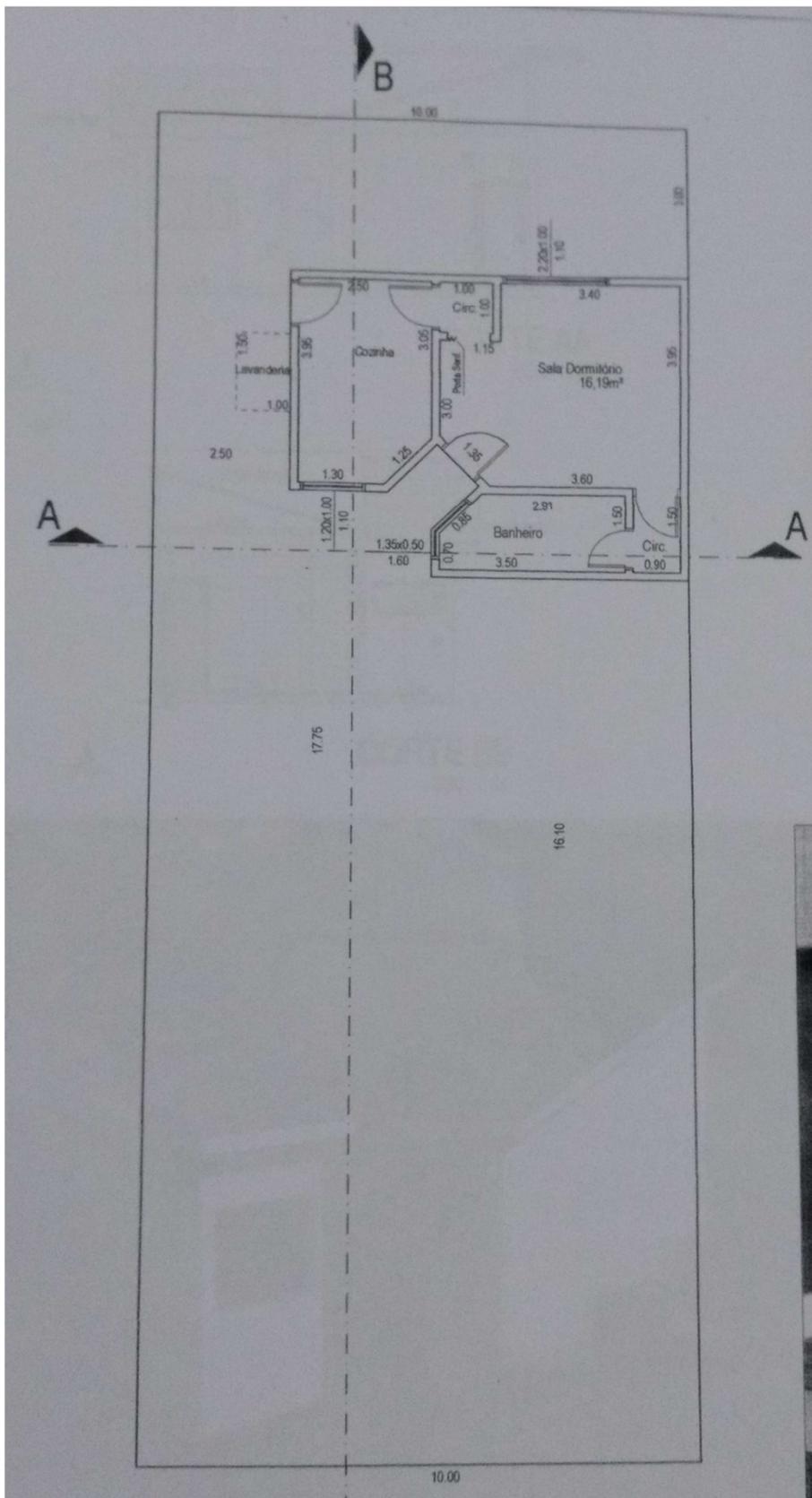
ZULIAN, Carlan Seiler, DONÁ, Elton Cunha, VARGAS, Carlos Luciano. **Notas de Aulas da Disciplina Construção Civil - Revestimento.** Universidade Estadual De Ponta Grossa. 2002.

**ANEXOS**

Anexo A



Anexo B



Anexo C

